



PREGUNTAS DE LAS AUDIENCIA DEL WEBINAR HIDRÓGENO VERDE: EL FUTURO CÁMARA MINERA DE CHILE

PARA TODOS LOS EXPOSITORES

¿Dónde topamos en agregar valor a nuestra minería del cobre?

R. M.VACCAREZZA: Chile es un país que invierte muy poco en I+D, el nivel más bajo entre países OECD: 0,36% del PIB, más de 6 veces por debajo del promedio de la OECD (2,34%). Además solo 1/3 del gasto en I+D viene de las empresas, y 2/3 del Estado. En los países OCDE es al revés, son las empresas las que llevan el mayor peso en gasto en I+D. Hay una reticencia muy importante en invertir en I+D por parte de las empresas. Invertir en I+D es clave para agregar valor, en cualquier industria. Agregar valor no solo implica desarrollar productos finales más sofisticados, también hay agregación de valor al optimizar/mejorar procesos, incorporar tecnologías bajas en emisiones en los procesos productivos etc. Resumen: en mi opinión, topamos en gran medida en nuestra alta reticencia a innovar y a incorporar nueva tecnologías en nuestros sectores industriales.

¿Cuándo pasaremos del departamento de Estudios al de Producción?

R. M.VACCAREZZA: En principio la misma respuesta anterior.

Ya que con el salitre perdimos la oportunidad ... con el litio estamos ya fuera... solo productor de materia prima... ¿Con el hidrogeno verde, será igual?

R. M.VACCAREZZA: No diría que se perdió la oportunidad con el litio. Se puede agregar valor aguas arriba y aguas abajo. Se puede seguir exportando Litio o Cobre como materia prima, y agregar valor en cómo se produce ese litio y cobre. Ejemplo: Australia, país minero, ha implementado programas de desarrollo de proveedores de Clase Mundial, con esto, además de productos minerales, exporta know-how y servicios de alto valor agregado. La incorporación de hidrógeno y ERNC en general en minería implica necesariamente desarrollo tecnológico, generación de competencias, servicios, productos, componentes, etc., capacidades que después pueden ser potencialmente exportadas. Agregar valor implica ver como país en qué parte de la cadena de valor de los productos es rentable posicionarse.



R: PATRICIA DAREZ: Es necesaria la asociación de privados, públicos, proveedores, academia, polos industriales, todos juntos para crear la cadena de logística que no existe

Las celdas generadoras funcionan ya desde hace muchos años ... ¿en qué topamos?

R. M.VACCAREZZA: Temas anteriores. Las tecnologías están probadas. Falta decisión y visión para hacer las cosas de manera diferente, capacidad de innovación, visión de largo plazo, y asumir el enorme desafío y urgencia que implica el cambio climático. Adicionalmente los mercados de destino de nuestros productos exigirán crecientemente menor huella de Carbono, el sector minero debe empezar ya a probar tecnologías a escala industrial para descarbonizar sus procesos productivos.

En EE.UU ya se comercializan equipos que se colocan dentro del motor para alimentarlo con hidrógeno. ¿Por qué en Chile no se hace masivamente? ¿Existen intereses económicos que retardan la llegada de estos equipos?

R. ERWIN PLETT: No existe en Chile la legislación o regulación para reconvertir un automóvil con motor a combustión interna a un vehículo eléctrico, ya sea con baterías o con celdas de combustible. Es necesario avanzar en Chile para la reglamentación específica.

¿En el caso de la generación de electricidad en base al H2, es posible recuperar el agua resultante?

R. ERWIN PLETT: Si es posible recuperar el agua pura resultante. Esto es lo que se hace en la estación espacial, donde el agua es muy valiosa. El agua potable cuesta unos CLP 0,25/lit, que sería lo que un automóvil genera en 100km.

¿Cuál es el impacto en la vida marina, de la extracción de grandes cantidades de agua? y segundo, ¿Cuál sería el uso del oxígeno obtenido de la electrólisis?

R. ERWIN PLETT: El impacto en la vida marina es igual a cero, ya que es muy, muy poca el agua que se necesita para acumular electricidad renovable en forma de hidrógeno verde. Para reemplazar todo el Diesel en la minería se requiere aumentar en un 1% el agua que se utiliza en minería por lo que si al mar llega sólo el 99% no impacta al mundo marino .

Hoy en día el oxígeno de la hidrólisis se libera al aire, pero podríamos pensar en utilizarlo como comburente (sin nitrógeno, es decir sin generación de NOx) en la combustión, y p.ej. en las pisciculturas.

¿Qué diferencia de precios hay entre el H₂ normal (de metano CH₄) respecto del H₂ verde (de hidrólisis del agua)?... Se sabe depende del precio de la electricidad, pero hoy ésta en Chile es del orden de US\$80/MWh y quizá pueda llegar a US\$20/MWh...

R. ERWIN PLETT: Todo el marco referencial de precios está en constante movimiento, ya sea por el precio de los hidrolizadores, su eficiencia y el precio de la electricidad renovable. Todo avanza a pasos agigantados en la dirección correcta. Hay muchos datos numéricos en Misión Cavendish.

¿A qué costo de electricidad el hidrógeno verde compite con el H₂ a partir de metano?

R. ERWIN PLETT: Todo el marco referencial de precios está en constante movimiento, ya sea por el precio de los hidrolizadores, su eficiencia y el precio de la electricidad renovable. Todo avanza a pasos agigantados en la dirección correcta. Todo dependerá si hay impuestos al carbón para el gas natural o no, ya que el hidrógeno gris actual genera 10kgCO₂/kgH₂

R: PATRICIA DAREZ: Yo creo que un punto no menor para discusión es: ¿A qué valor de impuesto al CO₂ se hace atractivo generar hidrogeno verde? Es una pregunta relevante para crear un camino hacia la descarbonización de Chile, a la que como país nos hemos comprometido al 2050.

¿Ven en el corto plazo que pueda existir una base atomizada de microproductores que puedan abastecer sus respectivas regiones?

R: PATRICIA DAREZ: De la misma forma como se promueve la generación eléctrica distribuida, con el concepto de “prosumers”, productores consumidores, se puede pensar en una “acumulación distribuida” con hidrógeno verde

¿Qué se considera más viable en términos de factibilidad técnico-económica, la electromovilidad vía celdas de combustible o el uso del hidrógeno o peróxido de hidrógeno como propelente? Y hacia dónde o cómo se están destinando los recursos para investigación en función de la respuesta de la pregunta anterior? Muchas gracias

R. ERWIN PLETT: La electromovilidad está progresando, la respuesta es en qué aplicación donde la respuesta es diferente. De corto alcance y con poco recorrido, son más costo efectivas las baterías. Para el transporte pesado y de largo alcance la medida más efectiva es la utilización de celdas de combustible



con hidrógeno. El uso de derivados energéticos como el amoníaco, metanol, peróxido, metano verde, etc. está en desarrollo, ya que se requiere de un paso previo a la celda de combustible para regenerar el H₂, por ejemplo de amoníaco con un “ammonia cracker”. En estos “carriers” se está investigando actualmente.

¿Cuál es el mejor negocio?... exportar H₂ o utilizarlo?.. creo es claro, debemos actuar asociativamente con los líderes...

R. ERWIN PLETT: Primero debemos generar un mercado local de H₂ para entre otras ventajas formar el capital humano necesario. El mundo es grande y podemos aportar a la descarbonización global exportando energía limpia sobrante.

¿Cómo se ecualizará el desarrollo territorial con nuestra realidad administrativa como país?

R: PATRICIA DAREZ: Yo veo que hay mucho potencial de que el norte y el sur del país se beneficien de la economía del hidrógeno. Las plantas renovables para producirlo lo más probable es que estén en el desierto, las desalinizadoras también.

Comparado con la minería... ¿Cuánto podría aportar el H₂ al PIB nacional de Chile?

R. ERWIN PLETT: La minería aporta hoy aprox. El 10% del PIB. El H₂ verde tiene un potencial de ser igual al PID actual de Chile. Está en nosotros usar esta posibilidad.

¿Cuál es el impacto ambiental a largo plazo de la producción y combustión del hidrógeno?

R. ERWIN PLETT: Chile puede aportar a la descarbonización de la energía en el mundo, así que los beneficios ambientales son inmediatos al reemplazar combustibles fósiles. Al generar sólo agua limpia en celdas de combustible o en cualquier proceso de combustión de hidrógeno verde se reducen las emisiones del CO₂ actual

R: PATRICIA DAREZ: Actualmente el mayor impacto ambiental que tenemos que resolver es la emisión de CO₂.

**¿Qué método de transporte sería el más idóneo para el caso chileno?
¿Amoniaco, tolueno-mch, líquido?**

R. ERWIN PLETT: Todo el marco referencial de precios está en constante movimiento, ya sea por el precio de los hidrolizadores, su eficiencia y el precio de la electricidad renovable. Todo avanza a pasos agigantados en la dirección correcta. Todo dependerá si hay impuestos al carbón para el gas natural o no, ya que el hidrógeno gris actual genera 10kgCO₂/kgH₂. El uso de derivados energéticos como el amoníaco, metanol, peróxido, metano verde, etc. está en desarrollo, ya que se requiere de un paso previo a la celda de combustible para regenerar el H₂, por ejemplo, de amoníaco con un “ammonia cracker”. En estos “carriers líquidos y sólidos” se está investigando actualmente.

¿Cuál es la calidad del agua que tiene que tener el proceso de la electrólisis?

R. ERWIN PLETT: Como en toda industria, el agua se adapta (purifica) para el uso puntual, ya sea para utilizarla en una caldera o para producir alimentos o para producir medicamentos o sueros. Toda esa tecnología está disponible ampliamente para el agua de la electrólisis.

¿En qué estado está el mercado que demanda el H₂, necesario para permitir el crecimiento de la producción del mismo?

R. ERWIN PLETT: Actualmente, sólo ENAP produce unas 60kTon/a de H₂ gris. Primero debemos generar un mercado local de H₂ para entre otras ventajas formar el capital humano necesario. El mundo es grande y podemos aportar a la descarbonización global exportando energía limpia sobrante.

Entiendo que el transporte de hidrógeno es el punto más difícil a tratar. Entonces, ¿la producción de hidrógeno se realizaría en el sitio de generación de electricidad (teniendo que luego transportarse) o la producción sería en el lugar donde se necesite. Respecto a esto, ¿cómo se podría transportar el hidrógeno?

R. ERWIN PLETT: El hidrógeno se transporta hoy como gas en gasoductos, como gas comprimido en estanques (300bar – 700bar), como hidrógeno líquido criogénico, como líquido disuelto en “carriers líquidos”, o como sólido en “carriers sólidos”. Dependerá del origen de la electricidad renovable y del lugar del uso de esa energía en forma de hidrógeno, cuál alternativa será la más costo-efectiva.

R: PATRICIA DAREZ: En el caso de la minería se puede añadir que muchas faenas están en zonas muy aptas para poder producir y consumir onsite y requerir mínimo transporte.

¿Cuál es el costo de producción de referencia a día de hoy, para el H2 proveniente del reformado de combustibles fósiles?

R. ERWIN PLETT: Favor revisar en datos numéricos en Misión Cavendish.

¿Cómo la industria minera nacional, con su tamaño, matriz energética y dinamismo, puede acelerar proyectos productivos de hidrogeno verde, que tipo de recomendaciones pueden entregar?

R. ERWIN PLETT: La minería nacional, al igual que la internacional tiene que hacer su contribución a la sustentabilidad de sus procesos para generar productos verdes, es decir, con baja huella de carbono. El 50% de su energía es electricidad y allí las renovables pueden hacer la diferencia. Para descarbonizar el otro 50% de la energía en minería deben reemplazarse el uso del Diesel por p.ej. el hidrógeno verde, etanol verde, amoníaco verde, dimetiléter verde, etc.

En temas de seguridad... ¿Cuál es la clave y cuáles son los riesgos: de transportarlo por tuberías o en camiones... de su uso en vehículos... uso en centrales térmicas?

R. ERWIN PLETT: El hidrógeno se genera y se usa hace décadas en muchas partes del mundo, y hay know how para manejarlo en forma segura. Hoy en día en una “hidrolinera” hay muchos más controles electrónicos que en cualquier gasolinera.

¿Qué creen se debe hacer para realmente captar este potencial para el país?... post pandemia y estallido social estaremos muy mal y requerimos sostener nuestro PIB y hacerlo crecer en favor de las personas

R. ERWIN PLETT: Para cumplir las demandas sociales y reconstruir el país económica post pandemia necesitamos activar la economía y eso se hace con inversiones nacionales y extranjeras. Para que alguien invierta sus ahorros (o los de los mandantes) tiene que creer en el negocio en el que invierte, en el entorno comunitario y sus condiciones sociales, ambientales, regulatorias, capital humano. Tenemos que trabajar para crear ese ecosistema para la economía del hidrógeno.

¿Qué consumo de agua en términos porcentuales se requiere con respecto a la industria de la minería para la producción de Hidrógeno mediante electrólisis alcalina?

R. ERWIN PLETT: Para reemplazar todo el Diesel en la minería se requiere aumentar en un 1% el agua que se utiliza en minería

Se está hablando del hidrógeno como la energía del futuro, pero para poder tenerlo disponible igual hay que recurrir a recursos varios de energía ¿No deberíamos considerar el hidrógeno como un "sistema de acumulación de energía" sustituto de las baterías convencionales existentes a día de hoy?

R. ERWIN PLETT: El hidrógeno verde no es un sustituto, sino que un complemento al almacenamiento de energía en baterías, como lo son también los embalses.

Para producir hidrógeno verde se requiere algo tan limpio y sencillo como el H₂O, ¿Pero cuando tengamos producciones en masa podríamos llegar a tener graves consecuencias? 1- El uso de agua no salada (un recurso tan escaso y que cada día se reduce más) sería un impacto fatal 2- El uso de agua de mar estaría produciendo entre otros, emisión de Cloro, siendo este un gas tóxico, contaminante, irritante... que podría generar entre otros daños en los pulmones a las personas ¿Tendríamos ya sistemas para tratar los resultantes que no serían hidrógeno?

R. ERWIN PLETT: El hidrógeno verde se genera por electrólisis de agua, y lo único que se genera es hidrógeno y oxígeno. Nada más.

Otra industria muy antigua produce cloro y soda caustica a partir de la electrólisis de la sal común, NaCl, y como producto secundario genera algo hidrógeno. Un proceso no tiene nada que ver con el otro.

La desalinización de agua de mar se realiza hoy con un proceso llamados osmosis reversa, que es una filtración muy fina. Es un proceso físico. No se genera nada que no hubiese estado anteriormente en el agua de mar que es lo que se retorna al mar

¿La zona central quedaría al debe en la producción de hidrógeno? pensando que la mayor parte de la generación renovable estaría ubicada en los extremos del país y las iniciativas en el centro (donde hay más opciones de desarrollar solar y geotermia) podrían tener incentivos para apoyar el aumento de la demanda (tanto en electrificación como en producción de hidrógeno) Al final, para generar hidrógeno verde en el centro, debiésemos importar desde los extremos dicha energía, con la inversión en transmisión que eso requeriría.

R. ERWIN PLETT: La energía renovable se puede transportar en diferentes formas. Como electricidad por cables o como moléculas por gasoductos, o camiones si está en forma de Hidrógeno Verde o sus derivados energéticos. Si la aplicación final es calor se puede usar directamente paneles solares térmicos o geotermia de alta y de baja entalpía. Hoy importamos, transportamos,

acumulamos nuestros combustibles fósiles en forma de moléculas, y con el Hidrógeno Verde no será distinto, ya que da flexibilidad en los usos que no se pueden electrificar.

Los precios que hemos escuchado para el H2 no indican donde se aplican: ¿en el punto de generación del H2 o en el punto de consumo?. Si hay que enviarlo por camión, por pipeline o licuado desde el generador al consumidor, me parece que producirán costos diferentes en el punto de consumo.

R. ERWIN PLETT: En todo análisis técnico-económico hay que sumar los costos de generación, transporte, acumulación y distribución de la energía, más la eficiencia en su respectiva utilización. Todas estas tecnologías están en pleno desarrollo y el escalamiento industrial masivo tiene claros indicadores a una baja espectacular del precio de esta energía sustentable. Recomiendo la amplia información entregada en Misión Cavendish.

¿Cuál va a ser la reacción que puede esperarse de los países que basan su economía y poderío en la producción y venta del petróleo? En mi opinión, ellos no se van a quedar de brazos cruzados

R. ERWIN PLETT: Es muy interesante observar a todos los países desérticos (también los productores de petróleo y gas) hacer grandes inversiones en parques fotovoltaicos incluyendo centrales CSP, para generar electricidad renovable, ya que los recursos fósiles son finitos, pero no así las renovables. Así que países como Arabia Saudita no van a querer quedarse abajo del negocio de la energía limpia, y en consecuencia están también preparando hacer inversiones.

¿Se puede desalinizar el agua del mar para sacar hidrógeno?

R. ERWIN PLETT: Como en toda industria, el agua se adapta (purifica) para el uso puntual, ya sea para utilizarla en una caldera o para producir alimentos o para producir medicamentos o sueros. Toda esa tecnología está disponible ampliamente para el agua de la electrólisis, incluyendo la fuente agua de mar.

¿Se ha ponderado el riesgo que implica este elemento químico? Creo que es más segura la energía nuclear que el ceder el control de la prevención al usuario latinoamericano

R. ERWIN PLETT: El hidrógeno es un elemento químico que se ha utilizado desde hace más de un siglo y en volúmenes que a escala que duplican la economía del cobre para hacer una referencia. Es bueno hacer referencia a todos los aspectos de seguridad que se presentaron recientemente en Misión Cavendish, ya que se aplica a nuevos usos en muchas partes del mundo con

excelentes resultados. No hay residuos ni en la generación ni en el uso de hidrógeno.

Acerca de la seguridad, dada la alta inflamabilidad del hidrógeno: ¿hay desafíos pendientes en torno a la prevención de explosiones o incendios? ¿Qué soluciones hay? ¿Cabe la posibilidad de un transporte eficiente y seguro del hidrógeno por vía aérea que permitiera aprovechar su carácter liviano?

R. ERWIN PLETT: El hidrógeno es un elemento químico que se ha utilizado desde hace más de un siglo y en volúmenes que a escala que duplican la economía del cobre para hacer una referencia. Es bueno hacer referencia a todos los aspectos de seguridad que se presentaron recientemente en detalle en Misión Cavendish, ya que se aplica a nuevos usos en muchas partes del mundo con excelentes resultados. La aviación descarbonizada no se basa sólo en “keroseno sintético verde”, si no que el uso directo de hidrógeno en turbinas y/o celdas de combustible. Los estudios actuales recomiendan para aviones el transportar hidrógeno líquido criogénico por tener 3 veces más energía por unidad de peso en comparación con el keroseno actual.

PARA GASTÓN FERNÁNDEZ

¿Cuáles creen que serán los principales desafíos en la evaluación ambiental de proyectos de producción de H₂ en Chile, sobre todo considerando la grave escasez de agua que afronta nuestro país?

R: Es una falacia la escasez de agua en Chile. Un paradigma equivocado si se considera que su extensa costa está bañada por el Océano Pacífico y éste es H₂O aprovechable para producir hidrógeno.

Como todo proyecto, los relativos a la generación de hidrógeno, quedarán sujetos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental como cualquier otro.

Legalmente ¿Cuándo tendremos como ley el uso del hidrogeno como un combustible?

R: La actual legislación chilena es insuficiente y solo regula el hidrógeno como sustancia peligrosa y no como un vector energético. La tarea es reglamentarlo como tal usando la experiencia internacional sobre la materia.



La reglamentación hay que afrontarla cuanto antes y al Ministerio de Energía le corresponde esta tarea.

En el orden legislativo es conveniente impulsar incentivo para atraer el máximo de inversiones en esta promisoría labor.

Mientras más se agilice la reglamentación, más se favorecerá el país.

PARA PATRICIA DAREZ

¿La producción de h2 en la región de Magallanes sería económicamente viable con una producción de energía eólica, considerando el transporte y la implementación de una planta desalinizadora en la zona?

R: Antes de poder evaluar la factibilidad económica debemos esperar a que haya una regulación para el Hidrógeno en Chile. El análisis económico se debe hacer caso a caso. Desde luego, la región de Magallanes tiene excelente recurso eólico y, por tanto, se podrían esperar factores de planta en exceso de 45% y hasta de un 55%.

Igualmente, hay que mencionar que podría ser posible que en la región de Magallanes no se necesite desalinizar agua, puesto que no es un recurso escaso como sí lo es en el Desierto.

El punto clave a considerar es dónde utilizar ese hidrógeno. Si lo pueden utilizar industrias locales o si por el contrario es necesario transportarlo.

¿Cuál es la capacidad técnica de las empresas nacionales para enfrentar el desafío de producir y logística para exportar el H2?, pensando en que las empresas nacionales se enfoquen en ser más competitivas que posibles competidores internacionales.

R: Toda la cadena de servicios se debe construir y para eso una estrategia de inversión con alianzas publico privadas y un marco regulatorio bien definido es esencial. Actualmente, sólo ENAP produce unas 60kTon/a de H2 gris. Primero debemos generar un mercado local de H2 para entre otras ventajas formar el capital humano necesario.

Un punto positivo al respecto es que Chile ya está trabajando activamente la estrategia nacional de Hidrógeno, lo que, sin duda, es una muy buena señal para aprovechar la oportunidad de ser líderes en esta tecnología. Con el alto potencial ERNC que cuenta Chile, perfectamente podría ser un desarrollador importante del Hidrógeno Verde también.

PARA MARCO VACCAREZZA

¿Qué importancia tiene realizar proyectos de pequeña escala en el corto plazo?, cual es su rol en fomentar la creación del ecosistema de hidrógeno?

R. El hidrógeno tiene la ventaja de poder ser generado on-site, a partir de energía solar. Tiene el potencial para desarrollar sistemas modulares de pequeña y mediana escala, siguiendo el ejemplo de múltiples proyectos ya existentes, en escalas de MW o kW, en Alemania y Japón. Proyectos de pequeña o mediana escala pueden ser implementados en el corto plazo y permitirán generar conocimiento, familiaridad con la tecnología, derribar barreras de falta de información, derribar mitos, generar competencias locales, formar técnicos e ingenieros, introducir el hidrógeno verde de manera gradual en el mercado, mostrar sus beneficios y potencial. Dada la reticencia del sector industrial a incorporar innovaciones, el desarrollo de pilotos de pequeña/mediana escala es clave para impulsar su uso a escalas mayores.

¿Cuál es la experiencia de lo que ya está funcionando en Alemania? Tanto los pro y contra del uso del hidrógeno en transporte.

R: Existen en Alemania a la fecha casi 60 MW en proyectos de generación de hidrogeno en pequeña / mediana escala, en diversas fases: en operación, en construcción, en etapa de diseño, etc. Basados en electrólisis a partir fundamentalmente de energía eólica. Estos pilotos generan Power to Hydrogen en múltiples sectores: inyectan hidrógeno directamente en redes de gas natural, para usos industriales y domiciliarios (calor y calefacción), proveen servicios de estabilidad de red, alimentan hidrolineras para recarga de vehículos fuel-cell, proveen hidrógeno para procesos térmicos e industria química, etc. Dichos proyectos demuestran que estamos ante una tecnología viable, disponible, segura y comprueban ampliamente el potencial del hidrógeno para desplazar el uso de combustibles fósiles y 'electrificar' sectores complejos de descarbonizar. Así es que es posible señalar que hay muchos 'pros'. El único 'Contra' que se podría señalar, es que aún los costos de inversión son elevados, debido a que se requiere masificación, para lograr las necesarias economías de escala. Pero se espera que en los próximos 5 a 10 años, suceda en el Hidrógeno el mismo proceso observado entre 2010 y 2020



en la energía solar fotovoltaica, que experimentó reducciones de costos imposibles de imaginar.

PARA ERWIN PLETT

¿En qué región instalaría la primera planta de Hidrógeno verde en Chile y por qué?

R: Se requiere de un profundo análisis técnico-económico (inversiones, costos de operación, tecnología a utilizar, etc.), del régimen tributario existente, el avance de la legislación hasta ese momento de inversión, la seguridad de la inversión, los aspectos sociales, el capital humano en la región, y el apoyo de la sociedad y político. Estamos todavía en medio de esos análisis.

¿No se opondrán los "camuflados de ecologistas"? (que no les interesa la ecología, sino tratar de captar parte de esa riqueza vía "judicialización"?)

R: Siempre hay opositores a cualquier cambio, porque es más cómodo dejarlo como está. En toda la historia de la humanidad ha habido piratas al acecho de las caravanas con bienes que pasan por allí, a veces por pura necesidad, y otras veces por el lucro de robar el producto del sudor de otros. También ha habido "corsarios" enviados por potencias terrenales e ideológicas.

El factor de capacidad solar en el norte es de los más altos del mundo, sin embargo aun para ser económico y competitivo hay que complementarlo con otra fuente renovable de electricidad y como bien decía Erwin el oxígeno como by product tiene que ser parte de hacer el proceso lo más eficiente posible. Siendo el recurso eólico limitado creen que hay posibilidad de tomar hidro en la noche? La minería puede ser receptiva del agua (que se tomaría del mar), del oxígeno? y quizás ser más eficiente aun vendiendo al mercado algún exceso de producción en el pico solar?.

R: Estos proyectos prácticamente no tienen OPEX, sólo CAPEX. En todo proyecto es fundamental el factor de planta, ya que las inversiones se reparten en más volumen de generación. En estudios internacionales los que pueden generar H2 verde más barato son las hidro (grande y chicas), ya que pueden usar el 100% de la capacidad instalada en forma permanente.

¿En qué región instalaría la primera planta de Hidrógeno verde en Chile y por qué?

R: Se requiere de un profundo análisis técnico-económico (inversiones, costos de operación, tecnología a utilizar, etc.), del régimen tributario existente, el



avance de la legislación hasta ese momento de inversión, la seguridad de la inversión, los aspectos sociales, el capital humano en la región, y el apoyo de la sociedad y político. Estamos todavía en medio de esos análisis.

Se ha pensado como opción viable la producción de hidrógeno a partir de energía nuclear? como cogeneración de energía.

R: El hidrógeno de hidrólisis se genera con la electricidad que proporciona la red. Si no importa el “color del hidrógeno” es simplemente más barato el hidrógeno gris (del metano) que utilizar la electricidad de la red, sin importar su origen.

El hidrógeno verde se genera con electricidad renovable. Sólo hay un problema ideológico de contar la energía nuclear, que no genera gases de efecto invernadero, sino que desechos radiactivos, como industria sustentable o no para las siguientes generaciones. Esto no es un asunto técnico, sino que político.

Sabemos que en la industria minera los costos son algo fundamental. En este ámbito, ¿los costos de operar en minería subterránea o a cielo abierto con hidrogeno verde serán competitivos con los costos actuales de operar con combustibles fósiles?

R: En toda industria productiva los costos son importantes. Nadie conoce ni conocerá los costos futuros de los combustibles fósiles, no conocemos los impuestos al carbono, pero de venir, vendrán. El Hidrógeno Verde tiene la bondad de poder fijar un precio constante por un periodo de p.ej. 20 años, ya que su costo nivelado depende casi exclusivamente de las inversiones y los intereses que se pagan sobre esos préstamos. No hay que olvidar los costos indirectos (impuestos al carbono) y los costos sociales del Cambio Climático.

¿Cuál es la calidad del agua que tiene que tener el proceso de la electrolisis?

R: Como en toda industria, el agua se adapta (purifica) para el uso puntual, ya sea para utilizarla en una caldera, o para producir alimentos, o para producir medicamentos o sueros inyectables. Toda esa tecnología está disponible ampliamente para generar el agua de la electrolisis.

MUCHAS GRACIAS A TODOS