



Potencial del Hidrógeno Verde en el Perú

Impulsando la transición energética del Perú
Agosto 2021





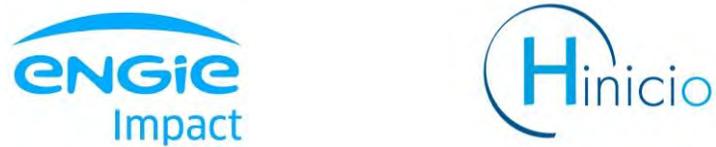
Propósito:

H2 Perú, Asociación Peruana de Hidrógeno es una asociación sin fines de lucro que reúne empresas y organizaciones de diferentes sectores con una visión unificada y una ambición a largo plazo de la descarbonización de la economía a través del uso del hidrógeno verde, para un crecimiento resiliente y sostenible del Perú.

Socios Corporativos:



Socios Estratégicos:



Aliados:



Disclaimer

Este estudio está parcialmente basado en información pública disponible que no ha sido generada directamente por ENGIE Impact.

ENGIE Impact no se hace responsable o brinda garantías con respecto a la exactitud o integridad de la información contenido en este documento y expresamente renuncia a todas y cada una de las responsabilidades basadas en él.

ENGIE Impact no estará obligado a mantener, actualizar o corregir el documento, ni será responsable, en cualquier caso, de las pérdidas sufridas como consecuencia del uso de este documento por cualquier terceros.

Inspiración

Creo que un día el agua será un carburante, que el hidrógeno y el oxígeno que la constituyen, utilizados solos o conjuntamente, proporcionarán una fuente 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

Para el Perú, es una tarea prioritaria el definir en el corto plazo el rol que quiere jugar en la economía mundial del hidrogeno y responder a las preguntas claves que permitan hacer una planificación informada.

En un contexto regional y global muy competitivo resulta crítico analizar las oportunidades que tiene este recurso en sus industrias prioritarias, como son la minería y manufactura. Asimismo, resulta importante identificar el potencial del País en la exportación del hidrógeno a otras economías.

Hoy son más 30 economías que están en el camino hacia los combustibles renovables y Perú no puede quedarse atrás. Nuestra misión es acompañar a instituciones, empresas y tomadores de decisión para acelerar la ambición hacia una estrategia baja en emisiones y en el caso de Perú, hacia el aprovechamiento de las ventajas competitivas, como lo son los recursos naturales, que aseguren su sostenibilidad en el largo plazo.

Dr. Diego Ibarra
Managing Director ENGIE Impact

Sobre este documento

El Objetivo

Este documento presenta una perspectiva de las oportunidades y potencial del hidrógeno en Perú en 2021. Los hechos muestran que Perú ofrece muchas oportunidades interesantes para el hidrógeno en varias áreas.

La Audiencia

Este documento está destinado a todos aquellos que puedan desempeñar un papel en la conducción de una agenda de oportunidades relacionadas al hidrógeno en el país - empresarios, inversores, público y instituciones privadas, líderes empresariales y peruanos intelectualmente curiosos.

La Metodología y Fuentes de Información

Este estudio considera una compilación seleccionada de información pública y datos exclusivos propietarios de ENGIE Impact. Con dicha información se han analizando potenciales escenario de la economía del hidrógeno en Perú.

Sobre el equipo



Dr. Diego Ibarra
Managing Director Americas
Sustainability Solutions



Tomás E. Baeza
Senior Manager Net Zero Fuels,
America
Sustainability Solutions



José Alberto Monzón
Senior Manager, Perú
Sustainability Solutions



Tomás Villanueva
Consultant
Sustainability Solutions



Constanza Bustamante
Analyst
Sustainability Solutions



Cristián Rencoret
Analyst
Sustainability Solutions

Resumen ejecutivo

En marzo del 2021 se lanzó H2 Perú, Asociación Peruana del Hidrógeno, con el fin de impulsar el desarrollo del hidrógeno verde en el país.

En este contexto, ENGIE **Impact** realizó el primer estudio en el país que analiza el potencial desarrollo del mercado del hidrógeno (tanto verde como azul) en el país.

Mediante análisis de la cadena de valor del hidrógeno, se identificaron y seleccionaron los territorios del Perú con mayor potencial tanto para su producción y consumo.

Perú se encuentra en una posición estratégica a nivel mundial para el desarrollo de la economía del hidrógeno a bajo costo.

Los departamentos de la zona centro y sur del país representan un importante potencial para fomentar el uso del hidrógeno desde la demanda, concentrando más del 90% de los consumo energéticos industriales.

La zona norte y sur del país destacan como potenciales centros de producción de hidrógeno, dado la disponibilidad de recurso eólico (norte y sur), además del potencial solar (sur) y bajos precios de electricidad para el sector industrial (norte y sur).

El análisis y optimización para Perú presenta costos nivelados de hidrógeno (LCOH) verde de 2.6, 1.9 y 1.3 USD/kg H2 para los horizontes de 2030, 2040 y 2050, respectivamente.

Las principales aplicaciones en las que se espera una mayor demanda de hidrógeno son: movilidad (lideradas por camiones de alto tonelaje del sector minero), industria del amoníaco, cemento, acero y químicos; y el transporte logístico por barcos.

Se espera que para el año 2040, el costo nivelado de hidrógeno verde en Perú, aumente su competitividad, principalmente por la mayor madurez tecnológica, incremento de la demanda industrial y por el desarrollo de alianzas público-privadas y centros de conocimiento locales que potenciarán el despliegue del hidrógeno en el país.

Contenido

01. Contexto del proyecto

02. Metodología

03. Resultados centros de consumo

04. Resultados centros de producción

05. Costos nivelados de hidrógeno - LCOH

06. Conclusiones y recomendaciones

07. Referencias

08. Anexos

01

Contexto del proyecto

ENGIE Impact y H2 Perú elaboran el primer análisis de potencial del desarrollo del mercado del hidrógeno



En **Marzo de 2021** se lanza **H2 Perú**, Asociación Peruana de Hidrógeno



Gremio comprometido con el desarrollo de una **economía resiliente, inclusiva y descarbonizada**, que busca fomentar el desarrollo del **hidrógeno verde** en el país.



Mediante la generación de espacios de interacción, **permite intercambiar visiones**, experiencias y necesidades **para identificar oportunidades**.

Fuente: H2 Perú, Asociación Peruana de Hidrógeno



Objetivos

Objetivo general

Desarrollar estudio preliminar y general en relación al potencial desarrollo del mercado del hidrógeno verde (y azul) en el Perú*.

Objetivos específicos



Recopilar información – Consumos energéticos, potencial renovable, precio de la energía, producto interno bruto, nivel de industrialización, infraestructura disponible, entre otros.



Selección de hubs – Aplicar metodología de priorización para definir centros de producción y centros de consumo de hidrógeno a nivel departamental.



Análisis técnico – Diseñar y optimizar la cadena de valor del hidrógeno verde y azul, definir supuestos, y obtención del costo nivelado del hidrógeno (LCOH) de en cada uno de los tres centros de producción para los años 2030, 2040 y 2050.

(*) Nota: El estudio corresponde a un primer acercamiento de carácter exploratorio. Se requerirá una investigación adicional para tomar decisiones de desarrollo e inversión.

¿Por qué el momentum del hidrógeno verde?

Impulsores del renovado interés por el hidrógeno



Mayor presión para **limitar las emisiones de carbono**



Caída en costos de energías renovables y tecnologías de H₂

Indicadores del creciente momentum del hidrogeno



Impulso estratégico en la **hoja de ruta nacional**



Crecen las alianzas y el impulso en la industria

9

Años quedan de presupuesto de carbono para alcanzar el objetivo de 1,5°C

80%

Disminuye el precio medio mundial de las energías renovables desde 2010

70%

Del PIB mundial vinculado a las hojas de ruta del hidrógeno de los países

92

Miembros del Consejo del Hidrógeno en la actualidad, frente a los 13 miembros de 2017

66

Países que ya han anunciado objetivos de emisiones netas cero para 2050

55x

El crecimiento de la capacidad de electrólisis en 2025 frente a 2015

10 m

Objetivo de despliegue de FCEV para 2030 anunciado en la reunión ministerial sobre energía en Japón

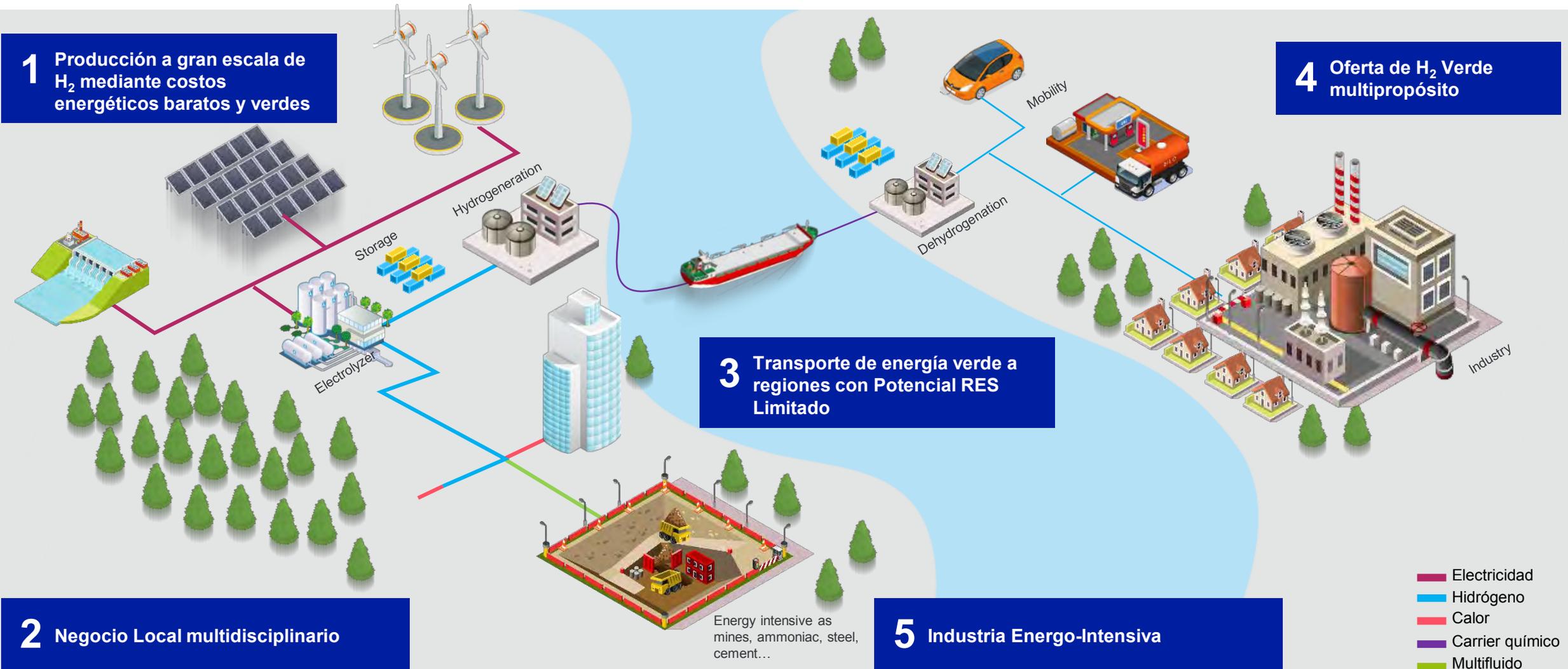
30+

Grandes inversiones anunciadas a nivel mundial desde 2017 (por ejemplo, en el sector de los vehículos pesados y el ferrocarril)

Fuente: Hydrogen Council (2020) & McKinsey. Adaptado por ENGIE Impact

Visión a largo plazo para el hidrógeno

Las energías renovables baratas están impulsando la competitividad del hidrógeno verde como un vector energético limpio y flexible



02

Metodología



Evaluamos criterios clave para cada región para priorizar los potenciales centros de producción y consumo de H₂

Recopilación información general



Priorización por región



Producción de H₂

- Costo electricidad
- Potencial solar
- Potencial eólico

Consumo de H₂

- Consumo energético
- PBI
- Potencial uso industrial de H₂

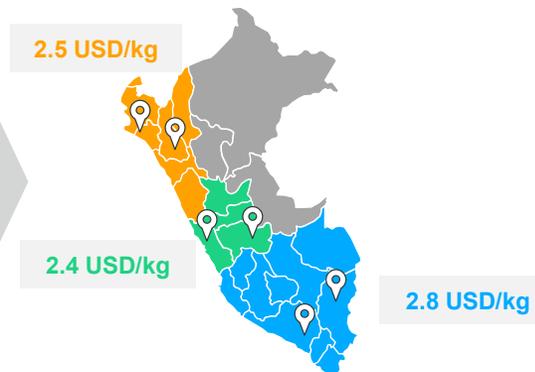
Selección ubicaciones



Criterios de definición

- Zonas industriales
- Infraestructura eléctrica, agua y gas
- Conectividad (caminos, puertos, líneas férreas, etc.)
- Desglose de consumo energético
- Topografía

Cálculo LCOH Producción y transporte



Cálculo costos de producción y transporte

- **Producción:** Optimización de la cadena de valor del H₂ mediante software desarrollado internamente en ENGIE
- **Transporte por tuberías a principales centros de consumo por departamento**

La Economía del Hidrógeno debe ser analizada de forma integrada, considerando múltiples departamentos para optimizar la satisfacción de la demanda y aprovechar economías de escala de las tecnologías presentes en la cadena de valor del H₂

Los criterios incorporan el consumo energético y PBI, para centros de consumo, y precio de la electricidad para producción

Centros de consumo

Para determinar el potencial uso del H₂ es necesario evaluar la segregación de **consumos de combustibles fósiles**, junto con las **actividades industriales** donde el H₂ podría jugar un rol clave en la descarbonización de procesos.



Consumo energético

En esta primera fase, el foco debe estar en los departamentos que tienen un mayor consumo energético, en especial de combustibles fósiles.



PBI por departamento

Adicionalmente, los departamentos que aportan más al PBI del Perú deben ser identificados, ya que aquí es donde se concentra la actividad industrial y comercial.



Potencial uso industrial de H₂

Para un mayor nivel de precisión, se filtran los departamentos que agrupan las actividades que tienen mayor potencial de uso del hidrógeno: minería, manufactura, electricidad, gas, agua y transporte.

Centros de producción

Entre el **50% y 60% del costo del H₂ verde corresponde a la electricidad**. Por lo tanto, es determinante encontrar las mejores ubicaciones donde el **costo de la energía sea el más bajo posible**, lo cual es posible a través de potenciales renovables y precios de electricidad bajos.



Potencial eólico

Un mayor factor de planta eólico implica un menor costo de electricidad del sistema y un hidrógeno más verde.



Potencial solar

Un mayor factor de planta solar implica un menor costo de electricidad del sistema y un hidrógeno más verde.



Precio electricidad

Mientras menor sea el precio de la electricidad, menor será el costo del mix eléctrico renovable-red para la producción de hidrógeno.

El costo nivelado del hidrógeno (LCOH) captura los costos de inversión y operación, y también la producción de H₂



El costo nivelado del hidrógeno (**Levelized Cost of Hydrogen, LCOH**), tal como su nombre lo indica, es un indicador del costo (usualmente en **USD/kg H₂**) de construir y operar una instalación de hidrógeno durante su vida útil o años a evaluar en un proyecto.



El LCOH resulta de la división entre el valor presente del **CAPEX** y **OPEX** de las instalaciones relacionadas al hidrógeno, y el valor presente del **hidrógeno producido**, durante el período de análisis del proyecto.

$$LCOH = \frac{VPN (CAPEX + OPEX)}{VPN (Producción H_2)} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{I_i + O_i}{(1+t)^n}}{\sum_{i=1}^n \frac{H_2}{(1+t)^n}}$$

i: Año

n: Período de evaluación del proyecto

I: Costo de inversión

O: Costo de operación

H₂: Producción de hidrógeno

t: Tasa de descuento (por ejemplo, WACC)

Ventajas de utilizar esta métrica

- ✓ Es una **unidad estandarizada** que permite comparar rápidamente y de forma justa costos independientemente del contexto (por ejemplo, hidrógeno azul versus verde).
- ✓ Permite comparar proyectos con **distinta vida útil**.
- ✓ Es **ampliamente utilizada** no solo en el contexto del hidrógeno, sino que en otras aplicaciones, tales como energía (LCOE), amoníaco (LCOA), etc.
- ✓ Es un indicador de **fácil comprensión** dado que captura todos los costos involucrados.

04

Resultados centros de consumo

Las regiones centro y sur son los principales potenciales centros de consumo, por su huella energética y actividad

Factor	Consumo de Energía 50%	PBI 30%	Potencial uso industrial de H ₂ 20%	Puntuación
Norte	●	●	●	🌙
Centro	●	●	●	🌑
Sur	●	●	●	🌙
Oriente	●	●	●	🌒

● Nivel 4
 ● Nivel 3
 ● Nivel 2
 ● Nivel 1

Consumo de Energía



- Consumo nacional de energía: 300 TWh
 - Comb. líquidos; GLP; GLP automotor; diesel; GN
- Región de mayor consumo: Centro – 177 TWh
 - Departamento de mayor consumo: Lima – 165 TWh
 - Lima concentra el 38% del consumo Nacional de Energía
- Región de menor consumo:
 - Tumbes – 0.46 TWh

Consumo final principales energéticos

PBI Nacional



- PBI nacional 2018: 184,021 MUSD
- Región de mayor aporte: Centro – 104,608 MUSD
 - Lima concentra el 47% del PBI Nacional
- Región de menor aporte: Oriente – 6,800 MUSD
 - Madre de Dios: 879 MUSD
- Se observa un mayor aporte al PBI Nacional de las regiones, y en particular los departamentos ubicados en la costa

Aporte al PBI Nacional

Potencial uso industrial de H₂*



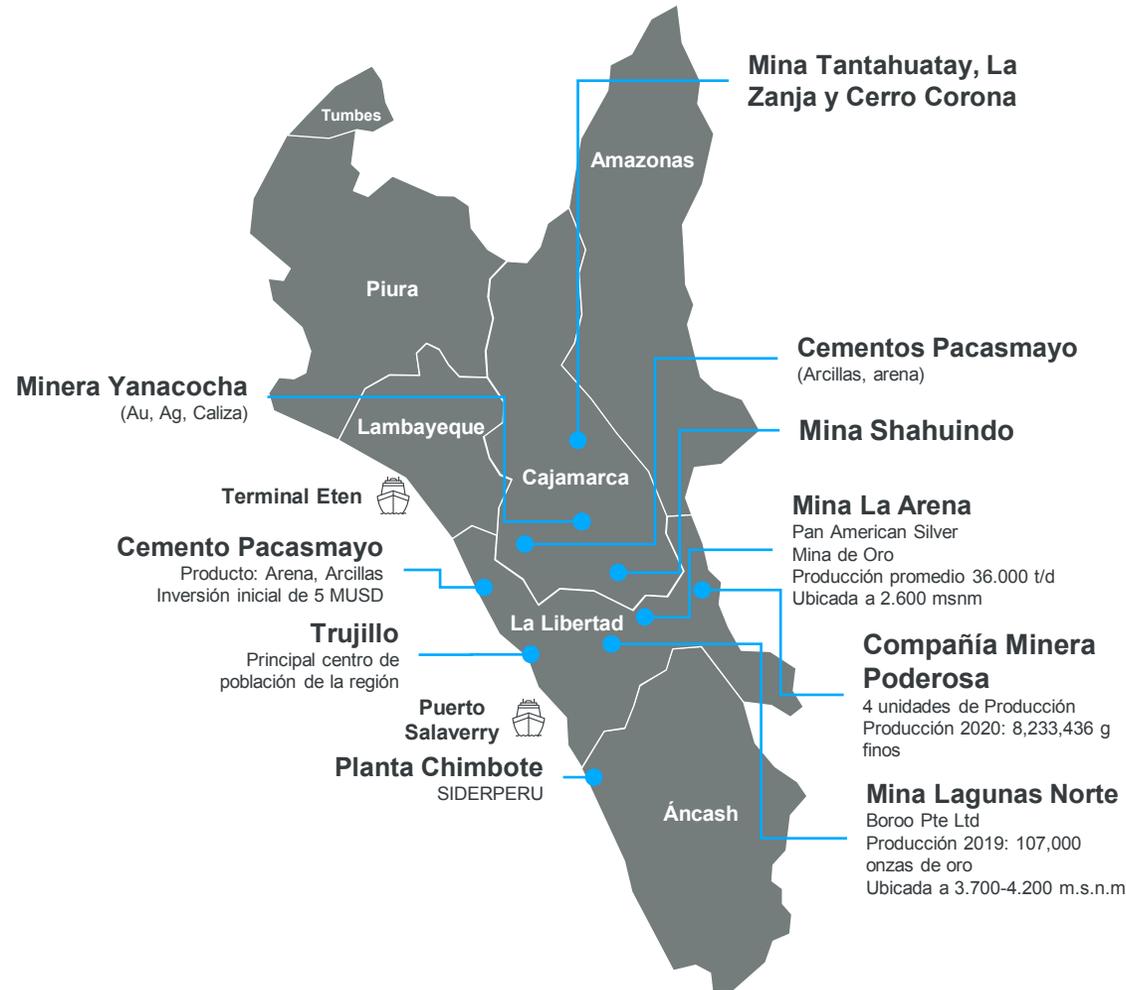
- La región sur lidera en el desempeño de este KPI con un valor de 55%
 - Moquegua 77%
 - Apurímac 70%
- Manufactura y minería son las principales actividades económicas en estos departamentos
- Región de menor desempeño: Oriente – 28%

Nivel de industrialización

* El potencial uso industrial de H₂ se mide respecto al PBI relativo de la industria vs el PBI del departamento, para los sectores de minería, manufactura, construcción, electricidad, gas, agua y transporte.

[Ver anexo](#)

La región norte es tercera en consumo energético y aporte al PBI, con un 18% de aporte a nivel nacional



Se proyecta que para el 2030, el principal **consumo energético** de la región norte corresponderá al **sector residencial (35%) (leña y LPG)**, la **industria manufacturera (26%) (electricidad y calor)** y **minería (14%) (electricidad)**.



La región norte emitió **13 Millones ton CO2eq al 2018** y se proyecta un **aumento del 23% al 2030 (16)**. Adicionalmente, las mayores fuentes de emisiones son transporte (34%), manufactura (27%) y residencial (22%).



Existe **potencial de desarrollo minero en la región**, con múltiples proyectos en distintas fases de desarrollo desde exploración a construcción.

- Cajamarca presenta **5 proyectos**.
- **Áncash** también proyecta **inversiones mineras** (Cu, Au, Ag, Mo), 2 en fase de aprobación / construcción, 2 proyectos de Au, Ag y Cu en fase de aprobación / construcción y otro de Zn en exploración.
- **Huánuco y Lambayeque** proyectan dos inversiones cada uno en fase de exploración.

La región central es el principal consumidor energético del Perú con un 59%, y lidera el aporte al PBI con un 57%



Se proyecta que para el 2030, el principal **consumo energético** de la región central corresponderá a la **industria manufacturera (38%)** (uso energético mediante electricidad y calor) y al **transporte (27%)** (combustibles fósiles).



La región central emitió **46 Millones ton CO₂eq al 2018** y se proyecta un **aumento del 62% al 2030 (74)**. Adicionalmente, alrededor de un **90%** de las emisiones provienen del **transporte, industria manufacturera y producción de electricidad**.



El **Ferrocarril del Centro**, es el **principal medio de transporte para productos mineros** en la región central.



El **Puerto de Callao** concentra el **72%** del transporte marítimo a nivel nacional.

Minería y manufactura son las principales actividades del sur, segunda en aporte al PBI nacional y consumo energético



Se proyecta que para el 2030, el principal **consumo energético** de la región central corresponderá a la **industria minera (31%)** y la **industria manufacturera (24%)**, con un uso energético mediante electricidad y calor.



La región sur emitió **15 Millones ton CO₂eq al 2018** y se proyecta un **aumento del 53% al 2030 (23)**. Adicionalmente, las mayores fuentes de emisiones son transporte (26%), residencial (32%) y manufactura (28%).



El 2018 Arequipa aportó el 15% de producción de oro, 18,3% de cobre y 27,5% de molibdeno.

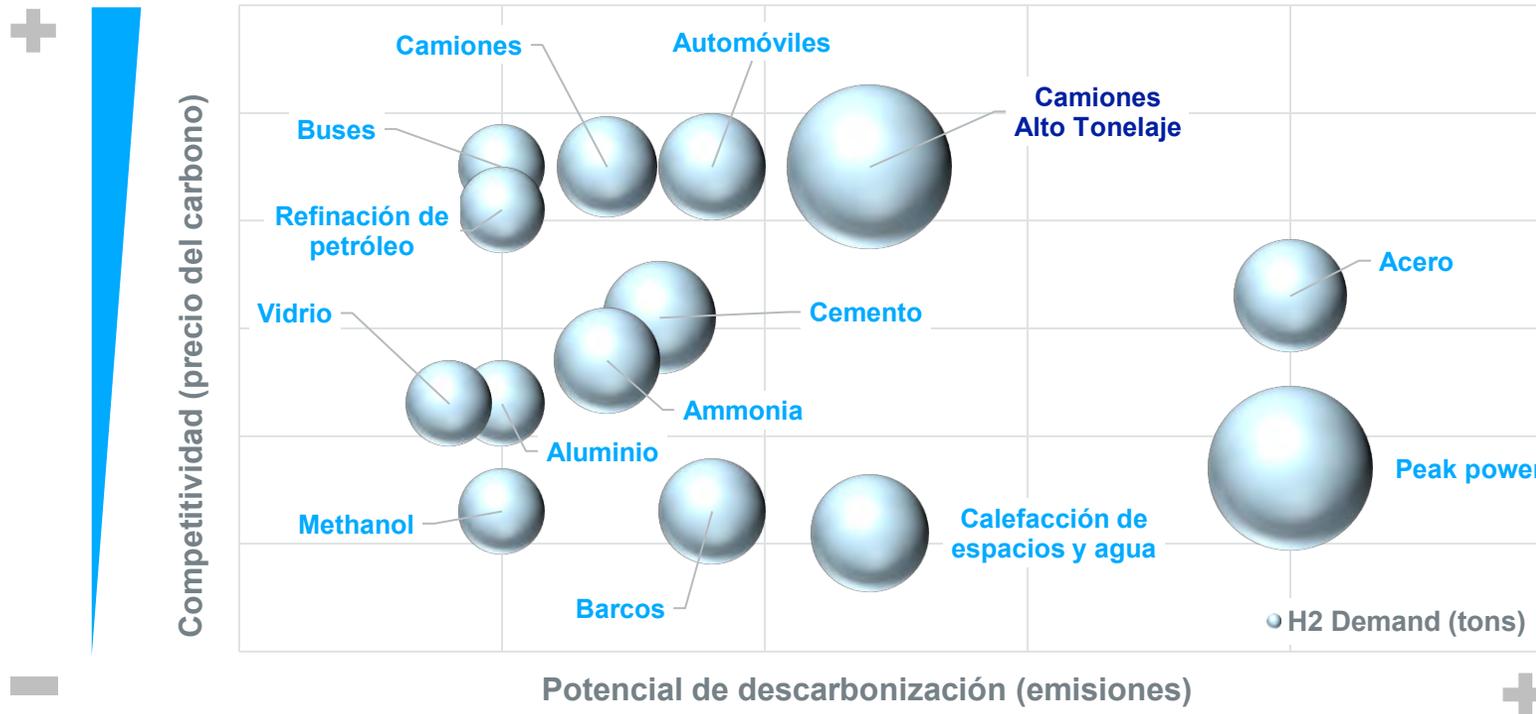


El **Puerto de Marcona** puede ser utilizado para la exportación de hidrógeno a otros países.



En el departamento de Ica se ubica la **planta de regasificación Perú LNG**, que podría generar suministro para la producción de H₂ azul en la región.

Aplicaciones con mayor potencial para el Hidrógeno: Competitividad en el largo plazo



Competitividad

Basado en el precio de los combustibles en dónde el hidrógeno se vuelve competitivo



Potencial

Basado en las emisiones de CO2 del sector



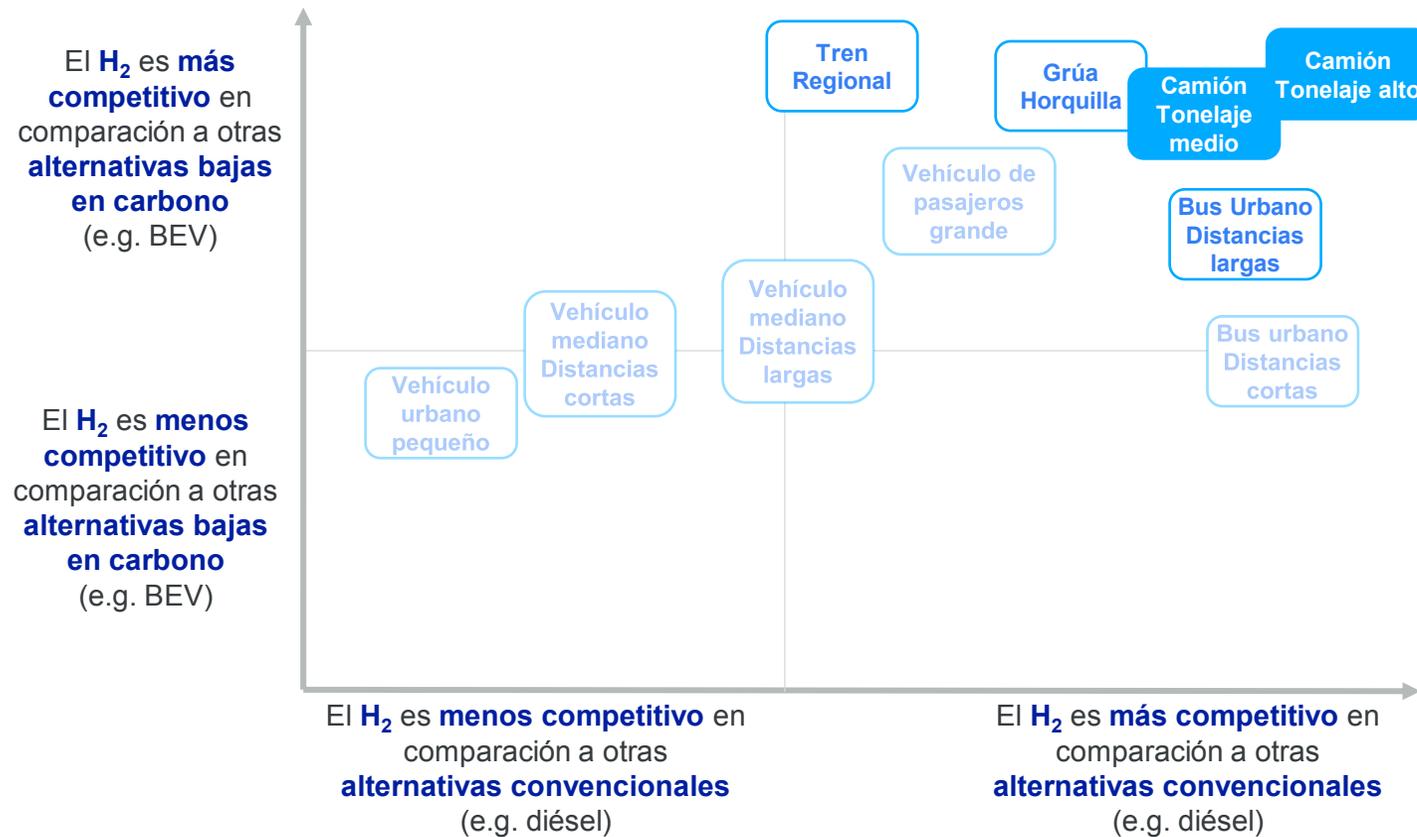
Demanda de H2

Basado en la demanda potencial del hidrógeno al 2050.

**El transporte pesado presenta la competitividad más significativa:
la rentabilidad esperada de reemplazo de combustible es mayor**

Fuente: Elaborado por ENGIE Impact con datos de BNEF – Hydrogen Economy Outlook

El hidrógeno verde jugará un rol crucial en la descarbonización de las flotas mineras y el desplazamiento de combustibles fósiles



Fuente: Adaptado por ENGIE Impact de Hydrogen Council – Path to hydrogen competitiveness
Nota BEV Battery Electric Vehicle



04

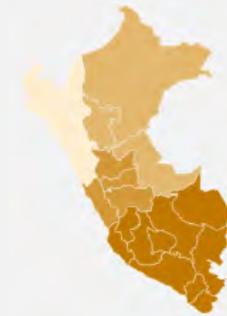
Resultados centros de producción

Las regiones norte y sur son los principales potenciales centros de producción gracias a sus recursos renovables

Factor	Potencial Eólico 70%	Potencial Solar 70%	Precio de la Electricidad 30%	Puntuación  
Norte	●	●	●	● ◐
Centro	●	●	●	◐ ◐
Sur	●	●	●	◐ ●
Oriente	●	●	●	◐ ◐

● Nivel 4 ● Nivel 3 ● Nivel 2 ● Nivel 1

Potencial Solar



- Recurso predominante en región sur
 - Alcanza los 5.6 kWh/m²-año en Arequipa
- Departamentos con mejor radiación:
 - Tacna
 - Moquegua
 - Puno
 - Arequipa

 Potencial solar [kWh/m²-año]

[Ver anexo](#) 

Potencial Eólico



- Recurso predominante en la región norte y en la costa de la región sur
 - Alcanza 5 MWh/m²-año en Piura
- Departamentos con mejor velocidad de viento:
 - Piura
 - Arequipa
 - Ica
- Regiones oriente y centro presentan un bajo potencial del recurso con factores de planta menores al 10%

 Potencial eólico [kWh/m²-año]

[Ver anexo](#) 

Precio de la electricidad*



- Precios en categoría industrial – excluye residencial
- Madre de Dios, Huánuco y Amazonas presentan los mayores precios
 - Entre 166 y 159 USD/MWh
- Departamentos con menores precios, ubicados principalmente en la región sur, entre 54 y 62 USD/MWh:
 - Apurímac
 - Cajamarca
 - Pasco
 - Junín
 - Ica

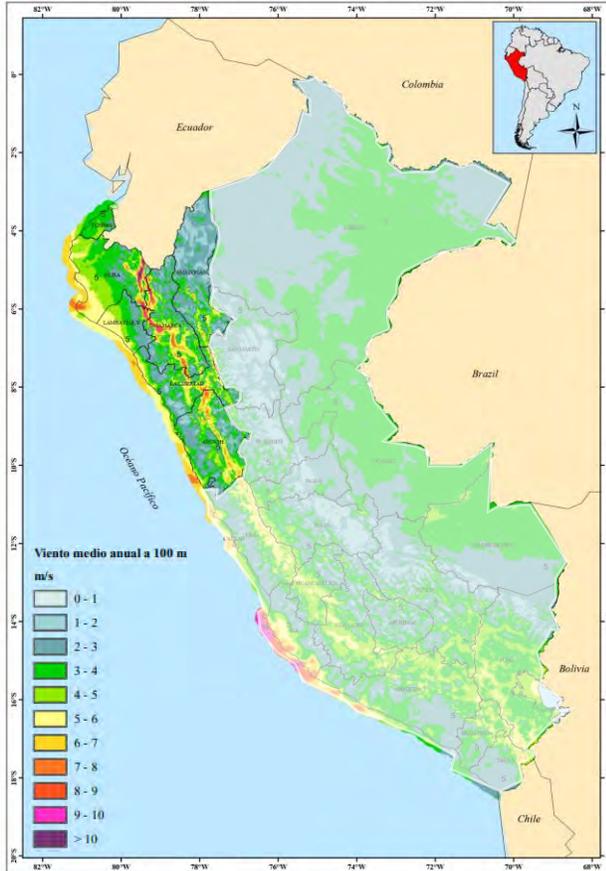
 Precio de la electricidad [USD/MWh] – Mayor a menor

* El precio de la electricidad se obtiene mediante por medio del cociente entre la facturación de energía en clientes finales y la venta de energía eléctrica (GWh) considerando la actividad en los sectores de minería, manufactura, construcción, electricidad, gas, agua y transporte

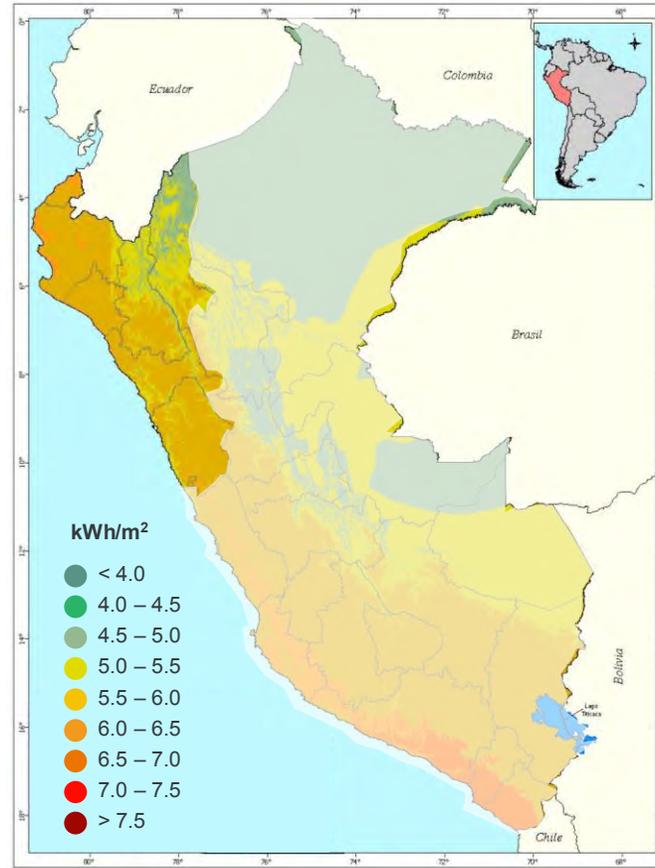
La región norte posee gran potencial eólico y buen recurso solar, además de un bajo precio de electricidad



Velocidad del viento



Radiación solar



Precio medio electricidad

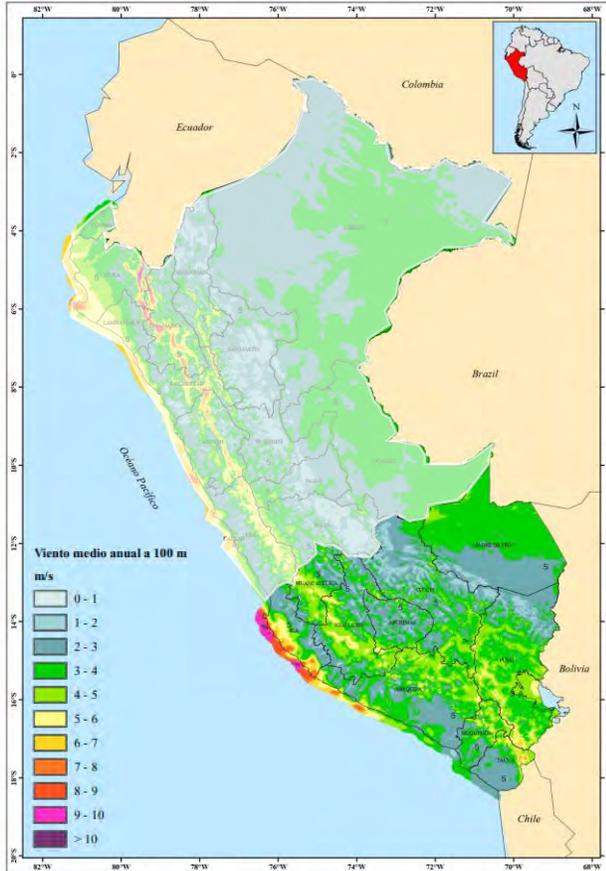
70
USD/MWh

Actividad	USD/MWh
Activ. Comunitaria y esparcimiento	142
Actividad no especificada	202
Administración Pública	115
Agricultura y Ganadería	72
Alumbrado Público	165
Comercio	125
Construcción	124
Enseñanza	147
Hoteles y restaurantes	128
Inmobiliarias	115
Intermediación financiera	152
Manufactura	70
Minería	67
Organizaciones extraterritoriales	131
Pesca	75
Servicio social y de salud	129
Suministros de Electricidad, gas y agua	95
Transporte y telecomunicaciones	115

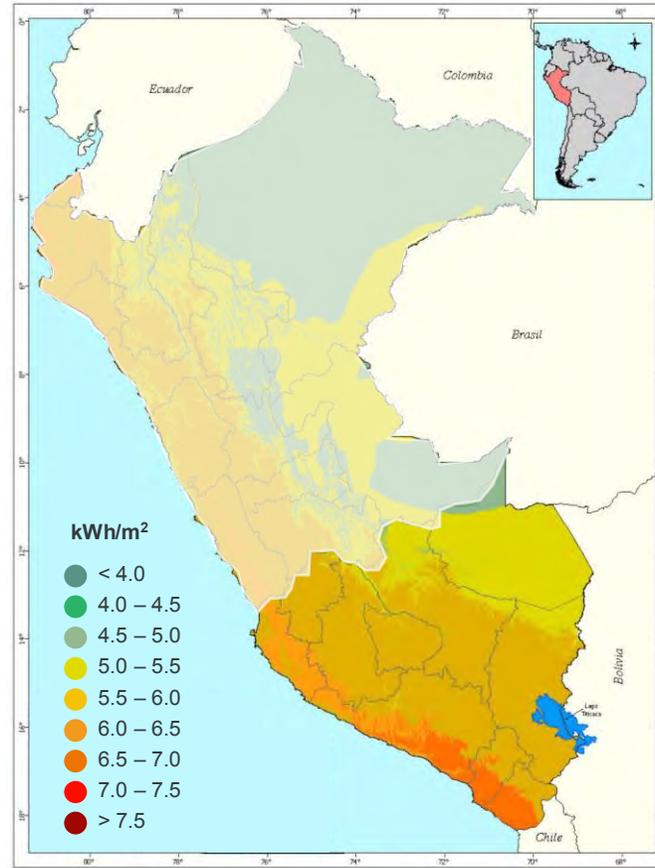


La región sur posee gran potencial solar y eólico, un bajo precio de electricidad, y concentración de consumo

Velocidad del viento



Radiación solar



Precio medio electricidad

67

USD/MWh

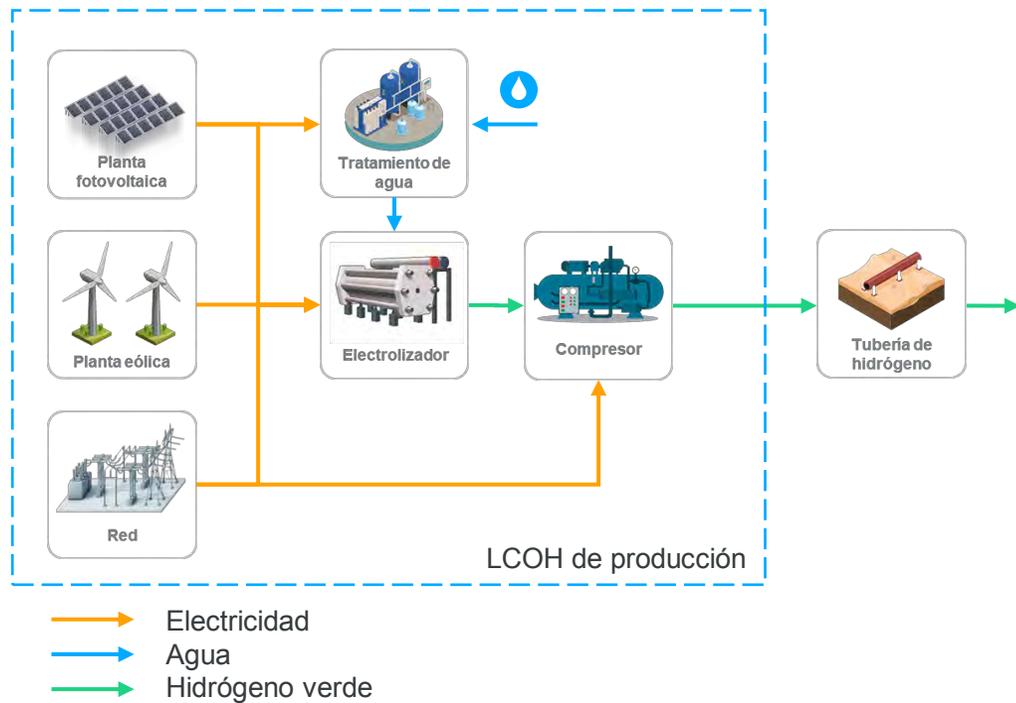
Actividad	USD/MWh
Activ. Comunitaria y esparcimiento	143
Actividad no especificada	185
Administración Pública	180
Agricultura y Ganadería	96
Alumbrado Público	153
Comercio	143
Construcción	228
Enseñanza	186
Hoteles y restaurantes	146
Inmobiliarias	141
Intermediación financiera	168
Manufactura	64
Minería	65
Organizaciones extraterritoriales	156
Pesca	108
Servicio social y de salud	150
Suministros de Electricidad, gas y agua	105
Transporte y telecomunicaciones	150

05

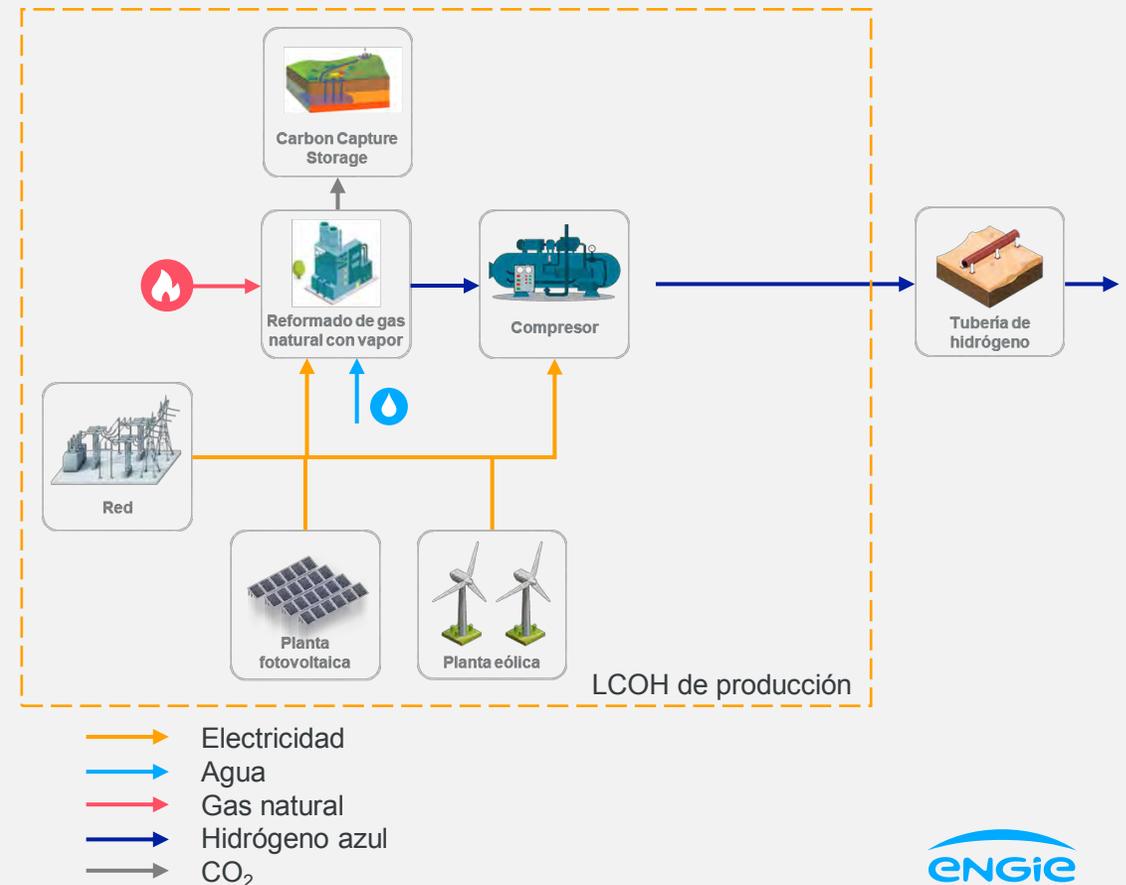
Costos nivelados de hidrógeno - LCOH

La disponibilidad de los recursos solar, eólico y la producción de gas permiten el despliegue de H₂ verde y azul

Hidrógeno Verde



Hidrógeno Azul

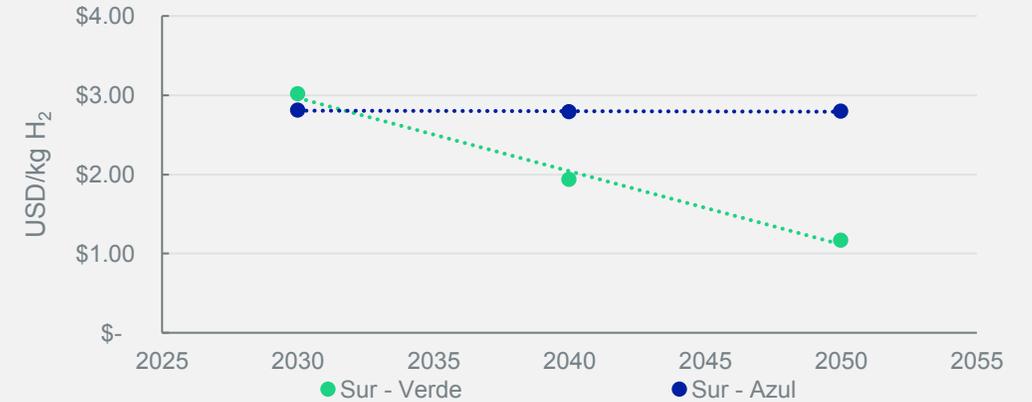


Perú tiene potencial de desarrollar de manera competitiva hidrógeno azul y verde en el mediano y largo plazo

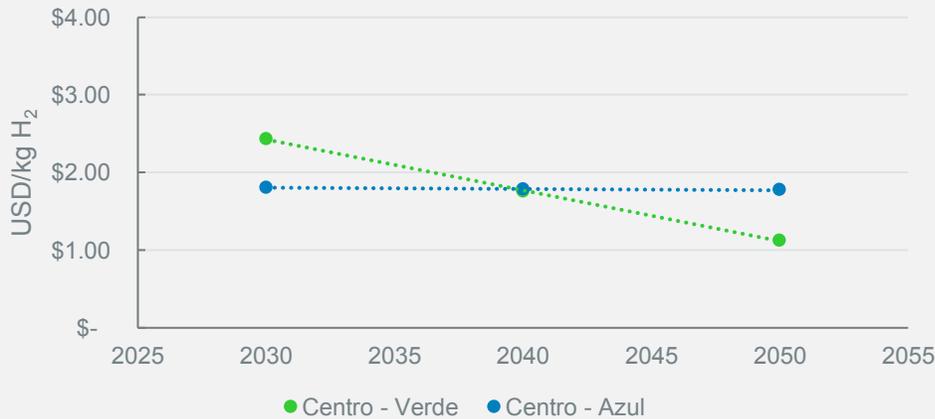
Factores que inciden en el LCOH

- H₂ Verde**
 -  Reducción en los costos de inversión asociados a la **generación de energía renovable**, debido a avances tecnológicos.
 -  Reducción en los costos de inversión asociados a la **producción de H₂**, impulsado por el desarrollo tecnológico y la madurez de mercado.
 -  Aumento de la **penetración de hidrógeno** a nivel nacional.
- H₂ Azul**
 -  Disminución del **precio de la electricidad**.
 -  El aumento de **precio del gas natural**, cual contrapesa las reducciones obtenidas de la disminución del precio de energía y avances tecnológicos.

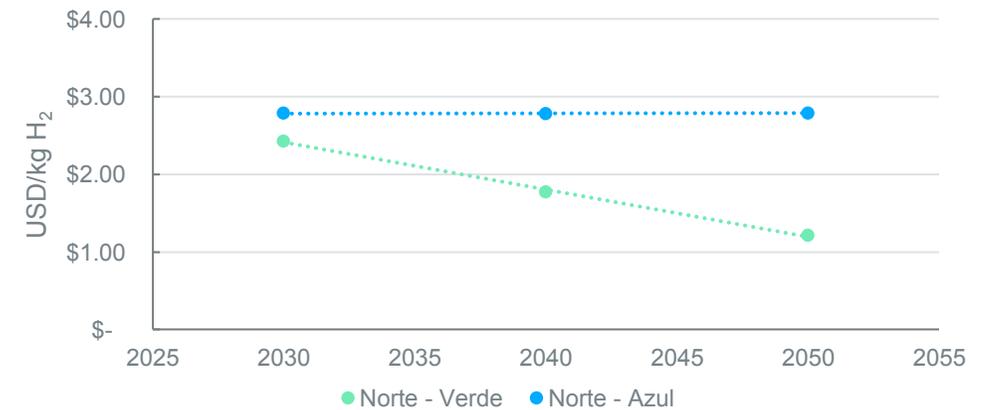
LCOH de producción para la región sur



LCOH de producción para la región centro



LCOH de producción para la región norte



El costo de los energéticos jugará un papel importante para la producción de hidrógeno, tanto para azul como verde

Impacto del precio de los energéticos – electricidad y gas

H₂ Verde



Para la producción de H₂ verde, se utiliza energía renovable generada en el lugar de producción, complementada por la red.



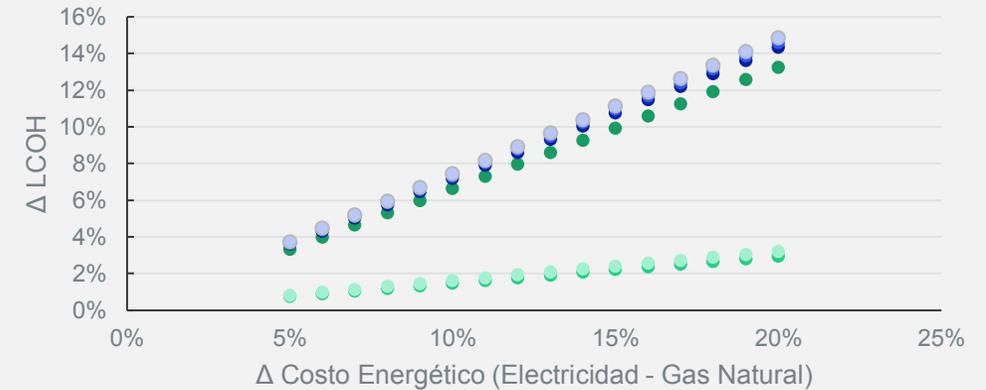
Los avances tecnológicos permiten el desarrollo cada vez más competitivo de generación renovable, disminuyendo el impacto del precio de la electricidad en el LCOH.

H₂ Azul

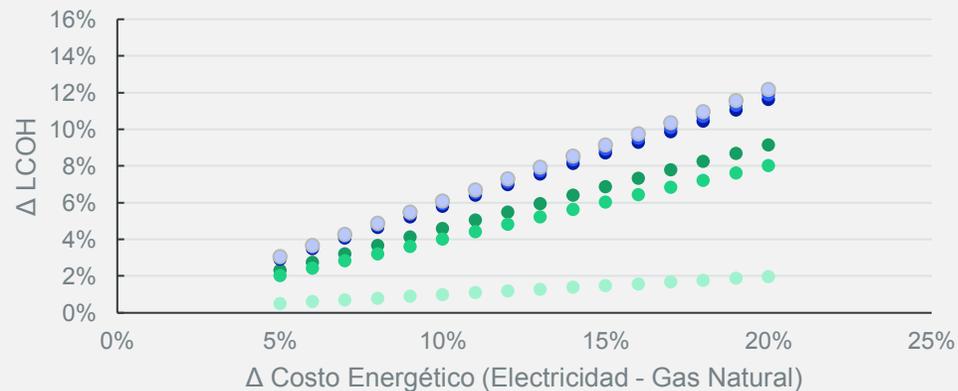


Para la producción de H₂ azul, el gas natural comprende gran parte del LCOH. Para las región norte y sur, el peso en el LCOH total del gas natural corresponde a un 73%, mientras que para la región central corresponde a un 60%.

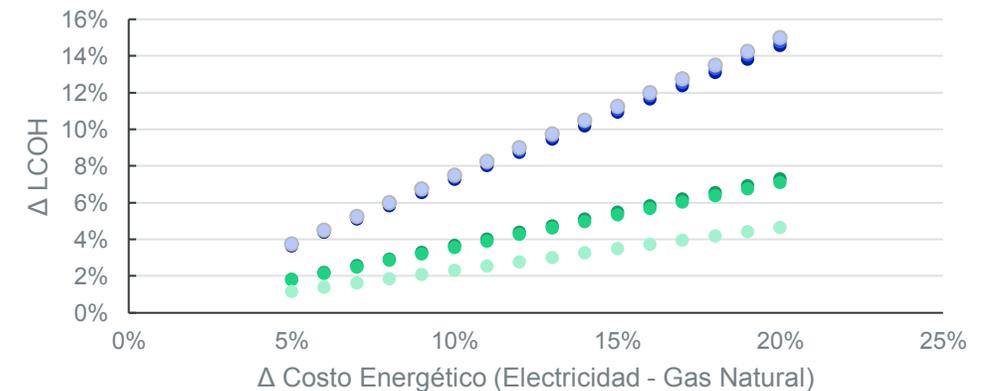
Análisis de sensibilidad para la región sur



Análisis de sensibilidad para la región centro

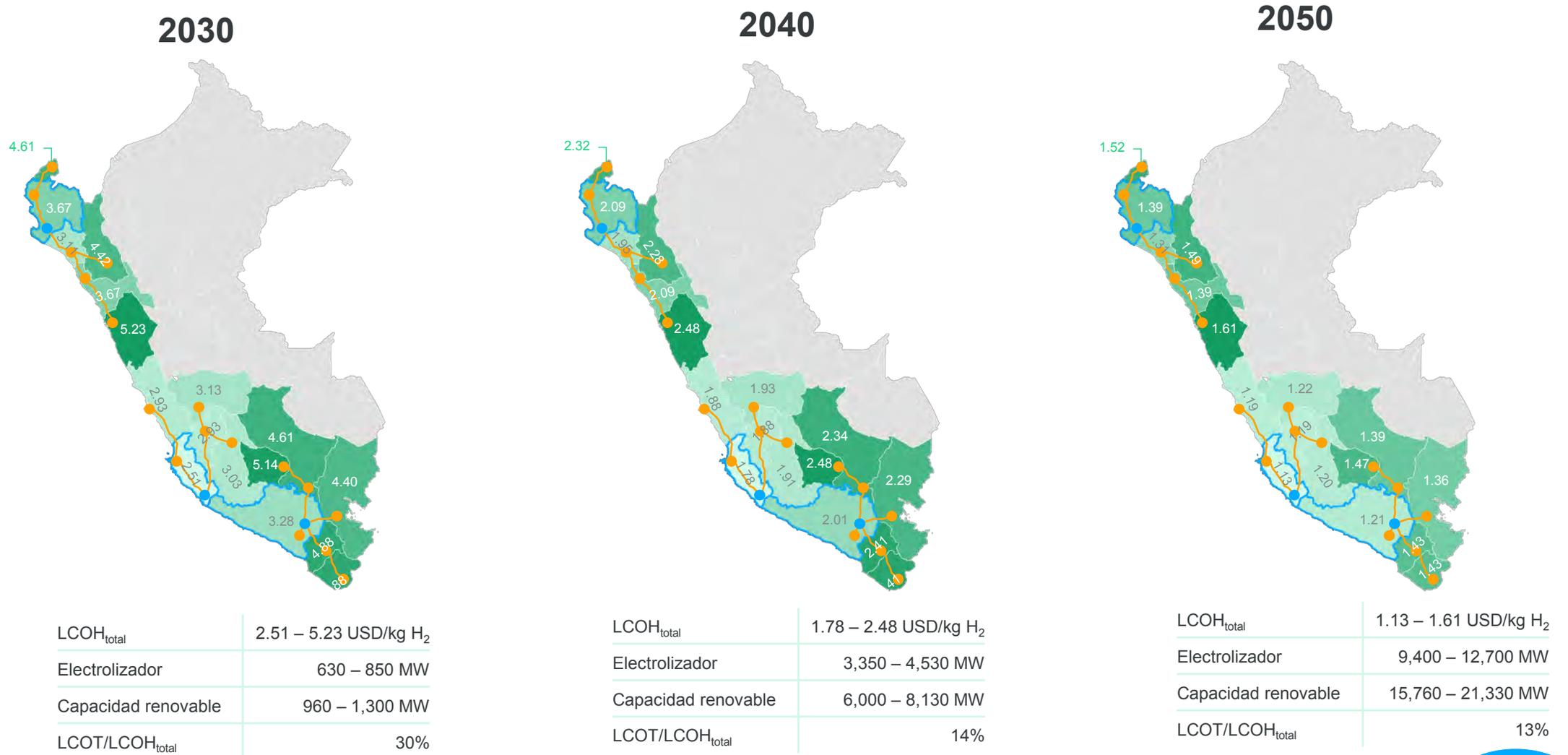


Análisis de sensibilidad para la región norte

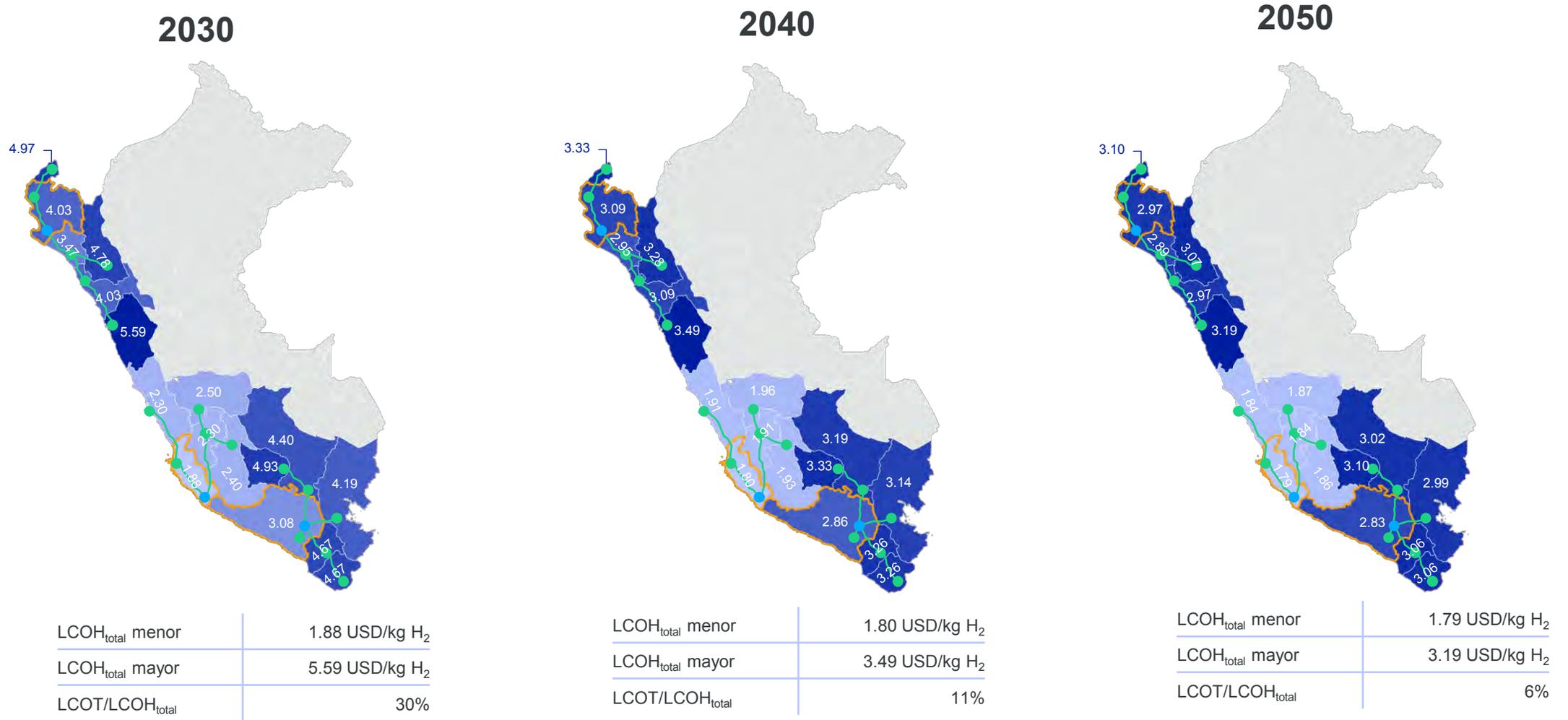


● 2030 - Verde ● 2040 - Verde ● 2050 - Verde
● 2030 - Azul ● 2040 - Azul ● 2050 - Azul

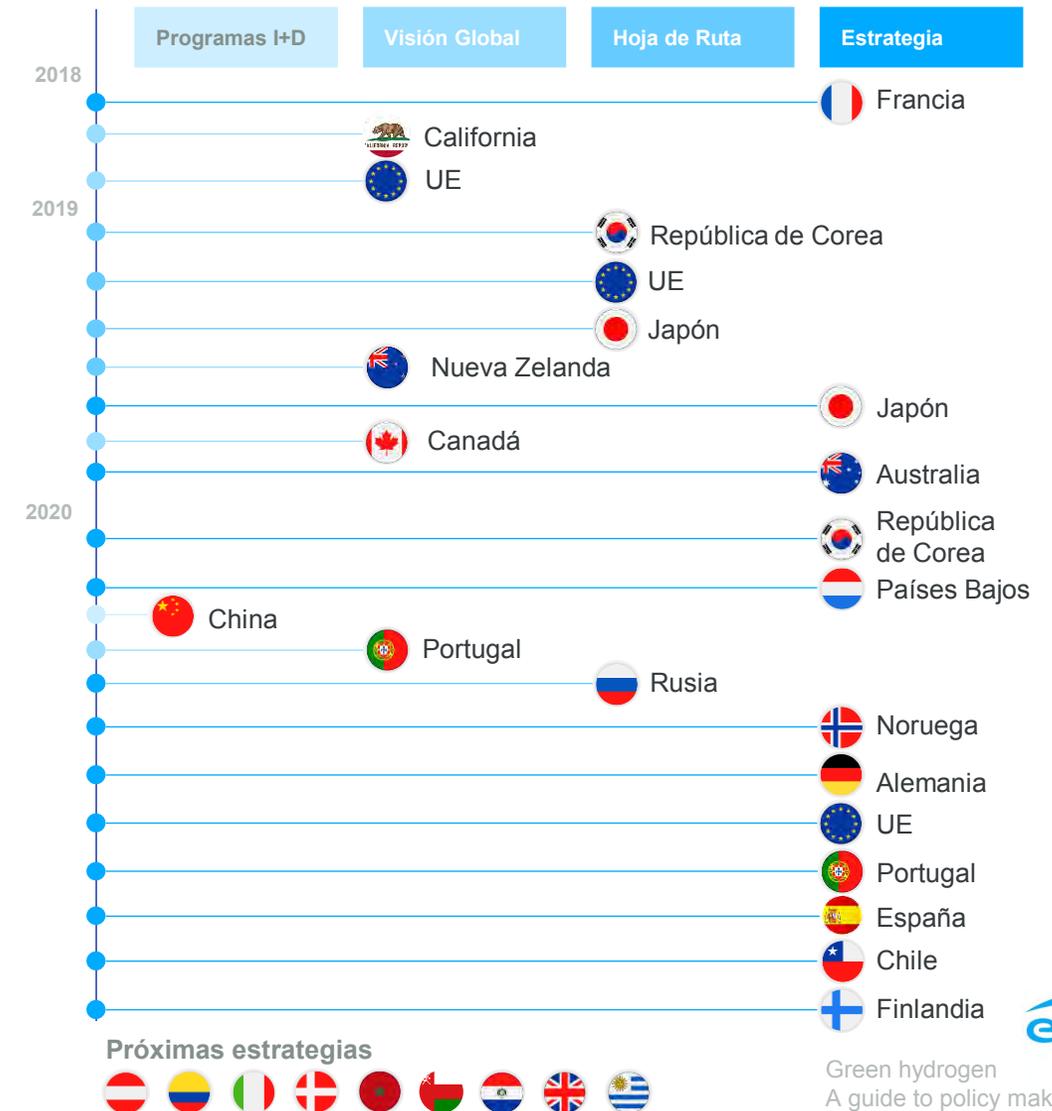
Perú tiene potencial para desarrollar hidrógeno verde, aumentando su competitividad para los años 2040 y 2050



Para el hidrógeno azul, la reducción del LCOH está más limitada debido a los crecientes precios del gas natural



Estados Unidos, Japón, China, y países europeos serán los principales centros de demanda de hidrógeno a nivel mundial



06

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Producción y transporte

- Perú se encuentra bien posicionado a nivel mundial en el desarrollo de la economía del hidrógeno a bajo costo.
- Hacia el 2040 el hidrógeno verde domina en competitividad, debido a los bajos precios de electricidad proyectados y a la reducción de costos de las tecnologías.
- Si bien al 2030 se proyecta que el hidrógeno azul podría ser entre un 7% y 26% más competitivo a nivel de producción (por el bajo precio del gas natural), esto no considera: futuros impuestos al CO₂eq de las importaciones de materias primas de economías desarrolladas y el retorno de la inversión (ROI) luego del 2040.
- Dos variables tendrían un efecto significativo en la reducción del precio de producción del hidrógeno (LCOH) en el largo plazo: el incremento de la demanda industrial por este recurso y el desarrollo tecnológico.
- Este estudio considera el transporte de hidrógeno mediante tuberías, el cual agrega entre 0.05 a 2.5 USD/kg H₂ al costo de producción dependiendo de la distancia y cantidad a transportar. Esto genera valores finales en el punto de consumo entre 1.3 y 1.6 USD/kg H₂, al 2050
- Se debe evaluar las potenciales implicancias y oportunidades del proyecto Gasoducto Sur para la producción y distribución de hidrógeno verde.
- El recurso hídrico es una pieza clave para la producción. Se debe analizar las sinergias con los proyectos de desalinización que están planificados al 2030; principalmente relacionados a proyectos mineros.

Consumo

- Los principales centros de consumo se ubican en los departamentos de la costa y en la región sur del país. Estas zonas presentan un alto nivel industrial (minería e industria manufacturera) y por lo tanto permite un alto potencial de penetración de hidrógeno para el reemplazo de combustibles fósiles.
- La cantidad demandada de hidrógeno tiene un impacto relevante en su competitividad, por lo que la creación o visibilidad de nuevos centros de consumo puede justificar el desarrollo de varios centros de producción en un mismo departamento o región.
- Las regiones centro y sur del país son las principales responsables de emisiones de CO₂, por lo que el H₂ podría jugar un papel clave en la descarbonización nacional.
- Los departamentos con una menor demanda potencial podrían crear condiciones específicas de pilotaje e I+D de proyectos relacionados a las aplicaciones del hidrógeno.
- El desarrollo de alianzas público-privadas y centros de conocimiento local permitirán potenciar el despliegue del hidrógeno en Perú (aplicaría para producción y consumo).
- Las principales aplicaciones en las que se espera una mayor demanda de hidrógeno son: Movilidad (lideradas por camiones de alto tonelaje del sector minero), industria del amoníaco, cemento, acero y químicos; y el transporte logístico por barcos.

Recomendaciones y próximos pasos propuestos

Corto plazo



Desarrollar una **estrategia y hoja de ruta accionable a nivel país** que genere las condiciones para una economía sostenible, responsable y resiliente en base al hidrógeno como eslabón principal.



Evaluar aplicaciones de **hidrógeno a pequeña escala para sectores y comunidades** con limitado acceso a energéticos (resiliencia energética)



Identificar y definir **los marcos regulatorios** del país, región y departamento.



Analizar **competitividad del transporte** para cada centro de consumo de hidrógeno: tubería, camión, en estado gaseoso o líquido.



Análisis de competitividad de combustibles sintéticos y medios de transporte de hidrógeno (Amoníaco, metanol, hidrógeno líquido, entre otros)



Desplegar mecanismos de **participación ciudadana** transparentes y efectivos.



Evaluar la **competitividad entre los centros de producción señalados** en el estudio y otros ciudades cercanas más transporte.



Evaluar factibilidad de puertos para exportación de hidrógeno y sinergias con **descarbonización del sector marítimo**

Mediano plazo



Identificar **actores relevantes** de la cadena de valor del H₂ y en el país para cada uno de los siguientes roles:

- Potencial de Producción/Consumo
- Off-taker
- Inversionista
- Ingeniería y Tecnologías de H₂ (Ecosistema internacional)
- Suministro eléctrico renovable



Desarrollar el caso de negocio para la producción de hidrógeno azul a nivel país, apalancando la infraestructura actual GNL

- Identificar la disponibilidad de ubicaciones para almacenar CO₂
- identificar los casos de negocio en los cuales el hidrógeno es competitive con el gas natural
- Mapear los off-takers y su transición hacia el hidrógeno verde



Identificar el **potencial de exportación** de hidrógeno del Perú hacia otros mercados (Asia, Estados Unidos u otro).



Generar una **visión industria, región y de país**. Diseñar hojas de ruta específicas y relacionadas.



Mapear **abastecimiento futuro de agua continental y desalada** en zonas potenciales de producción de hidrógeno

Largo Plazo



Desarrollar, implementar y mantener **centros de desarrollo técnico** para la creación y fomento de capacidades locales – Para soportar la mantención y operación de centros de producción.



Establecimiento de **alianzas estratégicas** con **países** importadores – Firma de Acuerdos de Entendimiento para relaciones confiables y duraderas.

07

Referencias

Referencias (1/2)

- Asociación Peruana de Hidrógeno (s.f. –sin fecha–). *Acerca de H2 Perú*. 22 de Junio de 2021, de Asociación Peruana de Hidrógeno. <https://h2.pe/>
- Autoridad Portuaria Nacional (2020). *Estadísticas 2020 APN: Tráfico de Carga*. 22 de Junio de 2021, de APN – Ministerio de Transportes y Comunicaciones. <https://www.gob.pe/institucion/apn/informes-publicaciones/799884-estadisticas-2020-apn-traffic-de-carga>
- Consortio ME-PSR (s.f. –sin fecha–). *Sistema de planificación energética, diseño del sistema de información energético Nacional y desarrollo del plan energético*, Ministerio de Energía y Minas.
- Consortio Meteosim Truewind S.L. – Latin Bridge Business S.A. (2008). *Atlas Eólico del Perú*, de Ministerio de Energía y Minas. <https://deltavolt.pe/atlas/atlassolar/radiacion-mes>
- Delta Volt (s.f. –sin fecha–). *Radiación (Irradiancia) Anual y por Mes*. 22 de Junio de 2021, de Delta Volt. <https://deltavolt.pe/atlas/atlassolar/radiacion-mes>
- Hydrogen Council, McKinsey & Company, and E4tech. (2020). *Path to hydrogen competitiveness – A cost perspective*. Hydrogen Council. https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness_Full-Study-1.pdf
- Hydrogen Council and McKinsey & Company. (2021). *Hydrogen Insights – A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness*. Hydrogen Council. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021.pdf>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). *Green Hydrogen: A guide to policy making*. IRENA. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Nov/IRENA_Green_hydrogen_policy_2020.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *PBI de los Departamentos, según actividades económicas*. 22 de Junio de 2021, de Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/pbi-de-los-departamentos-segun-actividades-economicas-9110/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019). *Perú: Estructura Empresarial, 2018*, Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1703/libro.pdf
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Anuario Estadístico de electricidad 2018 – Estadística eléctrica por regiones*, de MINEM. http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13285

Referencias (2/2)

Ministerio de Energía y Minas (2018). *Mapa de Principales unidades mineras en producción 2018*, de MINEM.

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/MAPAS/2018/BD%20-%20MAPA%20PRODUCCION%202018.xlsx>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (s.f. –sin fecha–). *Ferrocarril del Centro*. 22 de Junio de 2021, de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/concesiones/ferrovias/ferrocarril_centro.html

Organismo Supervisor de la inversión en Energía y Minería (s.f. –sin fecha–). *Demanda Nacional de Combustibles*. 22 de Junio de 2021, de SCOP - OSINERGMIN.

https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/Paginas/SCOP-DOCS/scop_docs.htm

Organismo Supervisor de la inversión en Energía y Minería (s.f. –sin fecha–). *Demanda Nacional de Diesel*. 22 de Junio de 2021, de SCOP - OSINERGMIN.

https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/Paginas/SCOP-DOCS/scop_docs.htm

Organismo Supervisor de la inversión en Energía y Minería (s.f. –sin fecha–). *Demanda Nacional de GLP*. 22 de Junio de 2021, de SCOP - OSINERGMIN.

https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/Paginas/SCOP-DOCS/scop_docs.htm

Organismo Supervisor de la inversión en Energía y Minería (s.f. –sin fecha–). *Demanda Nacional de GLP Automotor*. 22 de Junio de 2021, de SCOP - OSINERGMIN.

https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/Paginas/SCOP-DOCS/scop_docs.htm



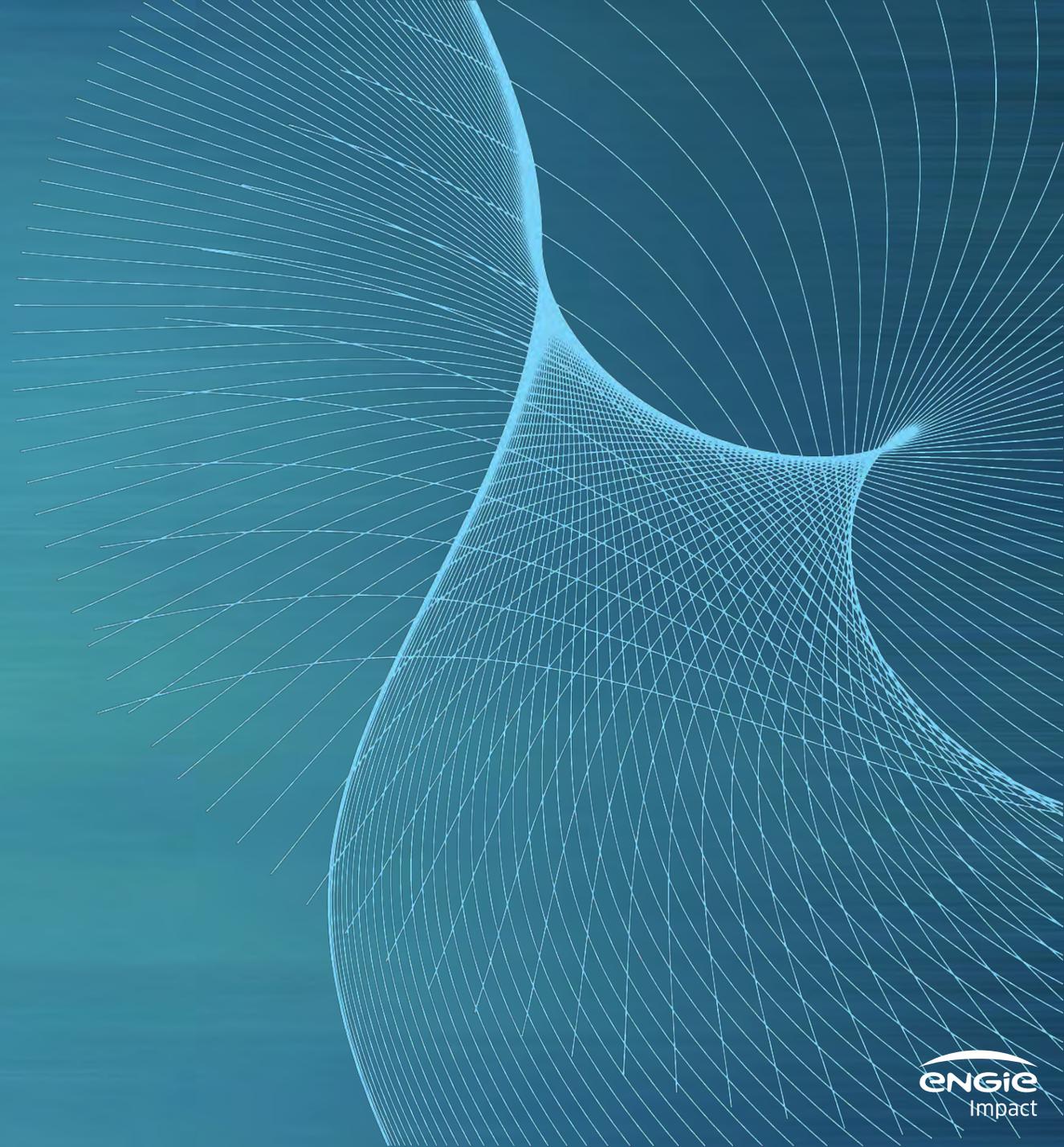
Potencial del Hidrógeno en el Perú

Impulsando la transición energética del Perú
Agosto 2021



08

Anexos



5 departamentos fueron seleccionados para estudiar en detalle su potencial de consumo de hidrógeno

Ponderación 50% 30% 20%	Consumo de Energía	PBI	Potencial uso industrial de H ₂ *	Puntuación
Arequipa	●	●	●	●
Lima	●	●	●	●
La Libertad	●	●	●	●
Ica	●	●	●	●
Áncash	●	●	●	●
Cusco	●	●	●	●
Piura	●	●	●	●
Junín	●	●	●	●
Cajamarca	●	●	●	●
Lambayeque	●	●	●	●
Puno	●	●	●	●
Moquegua	●	●	●	●
Apurímac	●	●	●	●
Pasco	●	●	●	●
Madre de Dios	●	●	●	●
Huancavelica	●	●	●	●
Ayacucho	●	●	●	●
Tacna	●	●	●	●
Amazonas	●	●	●	●
Huánuco	●	●	●	●
Loreto	●	●	●	●
San Martín	●	●	●	●
Tumbes	●	●	●	●
Uyacali	●	●	●	●

- Nivel 4
- Nivel 3
- Nivel 2
- Nivel 1

Fuentes:
 (1) Anuario Estadístico de electricidad 2018, MINEM;
 (2) Instituto Nacional de Estadística e Informática
 (3) Demanda combustibles, Osinergmin, 2018

Consumo de Energía



- Consumo Nacional de Energía: 300 TWh
 - Comb. Líquidos; GLP; GLP Automotor; Diesel; GN
- Departamento de mayor consumo: LIMA – 80 TWh
 - Lima concentra el 38% del consumo Nacional de Energía
- Departamento de menor consumo : TUMBES – 0,45 TWh

PBI Nacional

- PBI Nacional 2018: 184,021 MUSD
- Departamento de mayor aporte: LIMA – 95,578 MUSD
 - Lima concentra el 47% del PBI Nacional
- Departamento de menor aporte
 - Madre de Dios: 879 MUSD
- Se observa un mayor aporte al PBI Nacional de los departamentos ubicados en la costa



Industrialización*

* El nivel de industrialización se mide respecto al PBI relativo de la industria vs el PBI del departamento, para los sectores de minería, manufactura, electricidad, gas, agua y transporte



- Departamentos ubicados al centro-sur del país lideran en desempeño de este KPI
 - Moquegua 77%
 - Apurímac 70%
 - Pasco 63%
- Manufactura y minería son las principales actividades económicas en estos departamentos

- Consumo final principales energéticos
- Aporte al PBI Nacional
- Nivel de industrialización

[Volver](#)

5 departamentos en el sur del Perú fueron elegidas por su potencial solar y sus precios de electricidad competitivos

Ponderación	Solar 70%	Precio electricidad 30%	Puntuación
Arequipa	●	●	●
Moquegua	●	●	●
Puno	●	●	●
Tacna	●	●	●
Ica	●	●	●
Cusco	●	●	●
Junín	●	●	●
Apurímac	●	●	●
Lima	●	●	●
Cajamarca	●	●	●
Ayacucho	●	●	●
Amazonas	●	●	●
La Libertad	●	●	●
Áncash	●	●	●
Piura	●	●	●
Pasco	●	●	●
Huánuco	●	●	●
Lambayeque	●	●	●
Huancavelica	●	●	●
Tumbes	●	●	●
Loreto	●	●	●
San Martín	●	●	●
Ucayali	●	●	●
Madre de Dios	●	●	●



Potencial solar

- Recurso predominante en región Sur
 - Alcanza los 5.6 MWh/m2-año
- Departamentos con mejor radiación:
 - Tacna
 - Moquegua
 - Puno
 - Arequipa

Precio electricidad

- Precios en categoría industrial – excluye residencial
- Madre de Dios, Huánuco y Amazonas presentan los mayores precios
 - Entre 166 y 159 USD/MWh
- Departamentos con menores precios, entre 54 y 62 USD/MWh:
 - Apurímac
 - Cajamarca
 - Pasco
 - Junín
 - Ica



- Nivel 4
- Nivel 3
- Nivel 2
- Nivel 1

Fuentes:

- (1) Dirección General de Electricidad, MINEM, 2011
- (2) Anuario Estadístico de electricidad 2018, MINEM
- (3) Potencial de las energías renovables del Perú, 2011, MINEM

- Potencial Solar
- Precio electricidad

[Volver](#)

4 departamentos costeros fueron seleccionadas por su potencial eólico y sus precios de electricidad competitivos

Ponderación	Solar 70%	Precio electricidad 30%	Puntuación
Piura	●	●	●
Arequipa	●	●	●
Ica	●	●	●
Lambayeque	●	●	●
La Libertad	●	●	●
Áncash	●	●	●
Cusco	●	●	●
Junín	●	●	●
Moquegua	●	●	●
Cajamarca	●	●	●
Apurímac	●	●	●
Pasco	●	●	●
Lima	●	●	●
Puno	●	●	●
Tacna	●	●	●
Huancavelica	●	●	●
Tumbes	●	●	●
Loreto	●	●	●
San Martín	●	●	●
Ucayali	●	●	●
Ayacucho	●	●	●
Amazonas	●	●	●
Madre de Dios	●	●	●
Huánuco	●	●	●



Potencial eólico

- Recurso predominante en la costa de la región Sur y en límite con Ecuador
 - Alcanza 5 MWh/m²-año
- Departamentos con mejor velocidad de viento:
 - Piura
 - Arequipa
 - Ica
- Región Oriente y Centro casi nulo el recurso, factores de planta menor a 10%

Precio electricidad

- Precios en categoría industrial – excluye residencial
- Madre de Dios, Huánuco y Amazonas presentan los mayores precios
 - Entre 166 y 159 USD/MWh
- Departamentos con menores precios, entre 54 y 62 USD/MWh:
 - Apurímac
 - Cajamarca
 - Pasco
 - Junín
 - Ica



- Nivel 4
- Nivel 3
- Nivel 2
- Nivel 1

Fuentes:

- (1) Dirección General de Electricidad, MINEM, 2011
- (2) Anuario Estadístico de electricidad 2018, MINEM
- (3) Potencial de las energías renovables del Perú, 2011, MINEM

- Potencial Eólico
- Precio electricidad

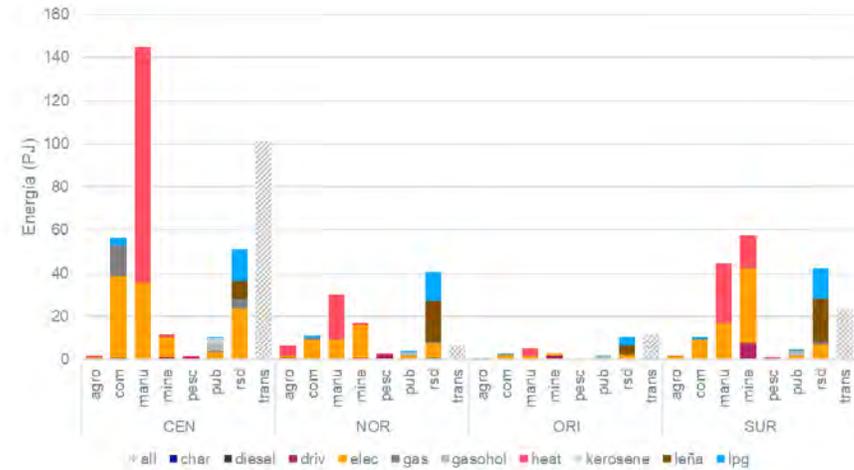
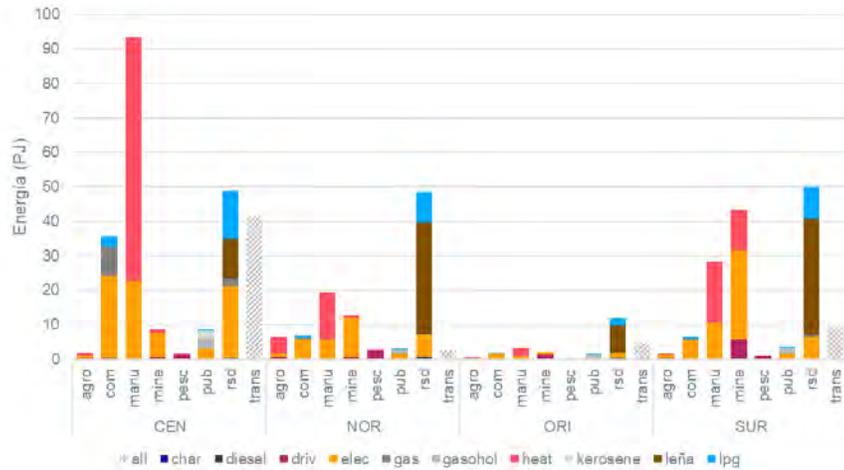
[Volver](#)

Consumo energético regional por sector y tipo de combustible, y emisiones regionales por sector

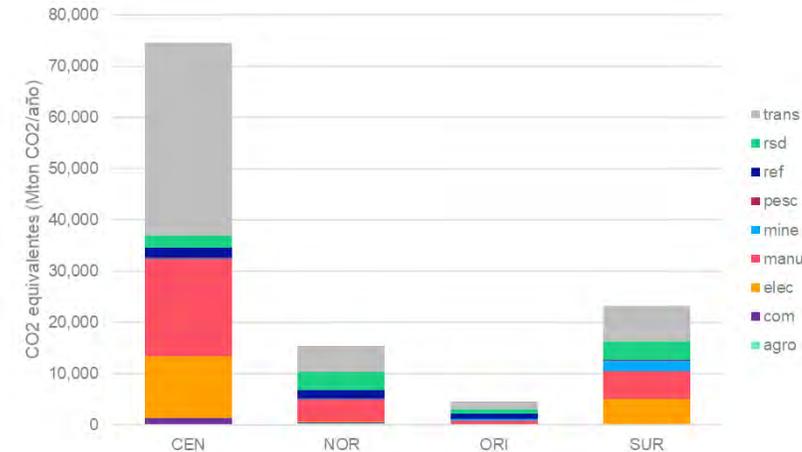
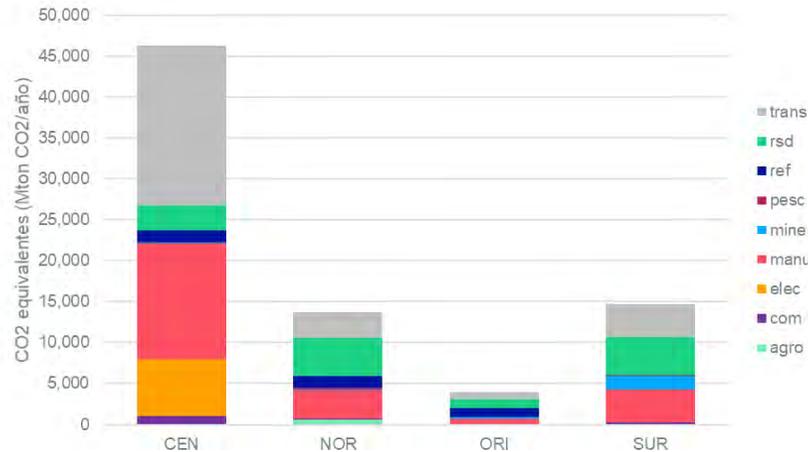
2018

2030

Energía por sector y combustibles



Emisiones CO2 por sector



Fuente: Sistema de planificación energética, diseño del sistema de información energético nacional y desarrollo del plan energético, MEF; MINEM, 2016



Potencial del Hidrógeno en el Perú

Impulsando la transición energética del Perú
Agosto 2021



Contacto:
Jose Monzón
Senior Manager Sustainability Solutions
Engieimpact.com



Contacto:
Gaelle Dupuis – Gerente General
contacto@h2.pe
H2.pe