

/ Arg

/ 2025

Energías renovables e innovación

Desarrollo y transferencia de tecnología:
una revisión de casos de éxito.



Latam
Lab



Sobre Latam Lab

Latam Lab es una Fundación que busca impulsar la industrialización verde en América Latina a través de la comunicación, la educación y la investigación. Potenciamos soluciones innovadoras a la crisis climática experimentando con nuevas formas de diseñar proyectos en la región.

Cita sugerida

Herrero, C y Croxatto, S. (2025). Revisión de casos de éxito. Energías renovables e innovación: Desarrollo tecnológico para la transición energética en Argentina. Documento complementario. Latam Lab.

Este documento está sujeto a licencia [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/). Se puede usar para investigación y difusión sin fines comerciales.

Índice

Introducción.....	4
Brasil.....	6
Planificación estratégica.....	6
Arquitectura institucional.....	8
Financiamiento.....	10
Marco regulatorio.....	11
Articulación internacional.....	12
Chile.....	14
Planificación estratégica.....	14
Arquitectura institucional.....	16
Financiamiento.....	18
Marco normativo.....	19
Articulación internacional.....	21
Noruega.....	24
Planificación estratégica.....	24
Arquitectura institucional.....	26
Financiamiento.....	27
Marco normativo.....	28
Articulación internacional.....	29
China.....	31
Planificación estratégica.....	31
Arquitectura institucional.....	33
Financiamiento.....	34
Marco normativo.....	36
Articulación internacional.....	39
Conclusiones.....	42
Referencias.....	44

Introducción

Tanto en el ámbito regional como internacional existen numerosos casos de éxito¹ orientados al fortalecimiento del desarrollo tecnológico e industrial nacional. Sin embargo, el modo en que los países logran articular esta transformación con su estructura institucional, su política industrial y su sistema de innovación varía significativamente. Este documento tiene como propósito identificar los factores institucionales, financieros y de gobernanza que explican el éxito de determinadas experiencias regionales e internacionales en el impulso de capacidades tecnológicas asociadas a la transición energética, con el fin de extraer lecciones aplicables al contexto argentino. Sin embargo, esto no quiere decir que todos los ejemplos de éxito incluidos en este documento sean factibles de aplicación en Argentina, sino que los mismos pueden funcionar como disparadores de ideas innovadoras y replicables, adaptándose correctamente a nuestro contexto específico.

Para la elaboración del presente documento se seleccionaron dos casos regionales y dos casos internacionales. Para los primeros, se consideraron países dentro de América Latina de los cuáles se seleccionó Brasil y Chile. Para los segundos, se consideraron países por fuera de la región latinoamericana, seleccionando a Noruega y China. Los cuatro casos están presentes en función de su relevancia para analizar distintas estrategias de vinculación entre la transición energética y el desarrollo tecnológico y productivo, con el fin de servir como una guía para la implementación de políticas públicas en Argentina. El análisis se organiza en torno a cinco dimensiones clave: (i) planificación estratégica, (ii) arquitectura institucional, (iii) financiamiento, (iv) marco normativo y (v) articulación internacional.

¹ La noción de “caso de éxito” utilizada en este trabajo no remite a experiencias ideales, exentas de limitaciones o contradicciones, ni implica una implementación plena de las recomendaciones teóricas o normativas sobre desarrollo y transferencia tecnológica. Por el contrario, reconocemos que muchos de los casos aquí analizados presentan trayectorias no lineales, con avances parciales, retrocesos y tensiones propias de los contextos político-institucionales en los que se insertan. Adoptamos la categoría “caso de éxito” para referirnos a aquellas experiencias en las que, pese a dichas complejidades, se verifican resultados relevantes en términos de acumulación de capacidades, generación de aprendizajes institucionales, articulación público-privada o apropiación local del conocimiento, que permiten extraer lecciones útiles para el diseño de políticas en otros contextos.

/ Arg

/ 2025

Casos regionales



Brasil

La experiencia brasileña resulta particularmente relevante por haber sostenido, a lo largo de las últimas décadas, una estrategia coherente de desarrollo tecnológico vinculada a la energía. A través de una fuerte articulación entre planificación, instrumentos de financiamiento con visión estratégica y acuerdos internacionales clave, Brasil ha logrado combinar un rol estratégico por parte del Estado con la articulación internacional, a fin de lograr aprovechar sus recursos naturales, promover la innovación tecnológica y fortalecer el desarrollo productivo nacional.

Planificación estratégica

Brasil ofrece un caso relevante en lo que respecta a la elaboración de una política industrial verde exitosa. De manera destacada, los requerimientos de contenido local hicieron que la introducción de la energía eólica en el país contribuyera de manera sustancial a la industria nacional (Lebdioui, 2024; Hochstetler, 2020), logrando observar la priorización de una visión estratégica de largo plazo con agregado de contenido local por encima de una adopción rápida de energías renovables. Así, estos planes estuvieron orientados a fortalecer la innovación, la diversificación de su matriz energética y las estrategias de integración de las nuevas tecnologías para la generación de energía con las capacidades locales ya desarrolladas. Entre los instrumentos más relevantes se destacan el Programa de Incentivo a Fuentes Alternativas de Energía Eléctrica (PROINFA)², el Plano Inova Empresa³, el Plano Inova Energía⁴, Política Nacional de Transición Energética⁵, y programas específicos vinculados a la bioenergía, como el

2

https://proinfa.enbpar.gov.br/?_gl=1%2A4rnt5c%2A_ga%2ANjQ4MDM1NDk3LjE3NTg4MjU3NDA.%2A_ga_SLCC3x2M7G%2AczE3NTg4MjU3MzkkbzEkZzAkDE3NTg4MjU3MzkkajYwJGwwJGgw

3

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/plano-inova-empresa/plano-inova-empresa>

4

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/plano-inova-empresa/plano-inova-energia>

5

<https://www.gov.br/planalto/es/ultimas-noticias/2024/08/el-presidente-lula-presenta-la-politica-nacional-de-transicion-energetica-con-la-que-se-espera-atraer-brl-2-billones>

Proálcool⁶ y el Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiésel (PNPB)⁷.

Más allá de sus orientaciones específicas, estos planes y programas compartieron la visión estratégica que debía adoptar el Estado de Brasil para orientar las inversiones hacia sectores que pudieran generar capacidades locales. La combinación de objetivos de descarbonización energética con políticas de desarrollo tecnológico permitió que los programas orientados a promover la transición energética impulsaran el desarrollo industrial y la formación de proveedores nacionales (Lebdioui, 2024).

El PROINFA, lanzado en 2002, se centra en la promoción de energías renovables en general, incluyendo eólica, solar y biomasa, mediante la implementación de mecanismos de financiamiento, incentivos regulatorios y contratación garantizada de energía. El programa permitió desarrollar capacidades técnicas locales, promover la integración de proveedores nacionales de equipos y servicios, y estimular la inversión privada en proyectos innovadores, consolidándose como un instrumento estratégico para acelerar la transición energética de Brasil y fomentar la industrialización verde (ENBpar, 2023; IEA, 2024).

El Plano Inova Empresa fue lanzado en 2013 con un presupuesto de R\$32.900 millones, constituyéndose como el plan de innovación más ambicioso de Brasil. Su diseño estratégico se basa en seis pilares: incremento de la I+D en las empresas; fomento a proyectos de alto riesgo tecnológico; integración de instrumentos financieros diversos; uso estratégico del poder adquisitivo del Estado; descentralización de subsidios y créditos hacia micro y pequeñas empresas; y simplificación administrativa (FINEP, 2015; BNDES, 2017). Este plan ha servido como base para programas sectoriales específicos, como el Plano Inova Energía, destinado a promover la innovación tecnológica en el sector energético.

En esta línea, el Plano Inova Energía articula acciones del Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES), la Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)⁸ y la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) para impulsar proyectos vinculados a redes inteligentes, generación de energía a partir de fuentes renovables (solar, termosolar y eólica), vehículos híbridos y eléctricos, y eficiencia energética en automotores. A través de

⁶

<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-76593-14-novembro-1975-425253-publicacaooriginal-1-pe.html>

⁷

<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/biodiesel/pnpb>

⁸ <http://www.finep.gov.br/>

convocatorias y planes de negocio conjuntos, se busca no solo financiar proyectos de innovación, sino también fortalecer la integración de la cadena productiva nacional y la transferencia tecnológica en sectores estratégicos (BNDES, 2017).

Por su parte, la Política Nacional de Transición Energética, presentada en 2024, establece un marco estratégico para promover la innovación tecnológica, incentivar la inversión privada y pública en energías renovables, y orientar el desarrollo de una transición justa y sostenible. Su objetivo es movilizar recursos significativos (estimados en más de R\$ 2 mil millones) para fortalecer las capacidades locales en tecnologías limpias, eficiencia energética y movilidad sostenible.

En paralelo, dado su potencial estratégico para el país, Brasil ha desarrollado programas históricos de bioenergía que constituyen casos paradigmáticos de planificación estratégica a largo plazo. El Proálcool, lanzado en 1975 a raíz de la crisis del petróleo, sentó las bases para el desarrollo del sector del etanol a partir de caña de azúcar mediante la articulación entre gobierno, industria y universidades. Este programa evolucionó a lo largo de cinco fases, desde su implementación inicial hasta la consolidación de vehículos flex fuel, promoviendo la innovación tecnológica en motores, producción de bioetanol y eficiencia en la cadena productiva (Corteza et al., 2016; Delaunay, 2007; Agencia FAPESP, 2016). Finalmente, el Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiésel (PNPB), iniciado en 2004, estableció un marco para la producción y comercialización de biodiésel, promoviendo el fortalecimiento de capacidades tecnológicas nacionales. Entre sus acciones estratégicas se destacan la creación de la Red Brasileña de Tecnología de Biodiésel, la identificación y eliminación de cuellos de botella para el desarrollo de tecnología y la promoción de investigación aplicada en agricultura, procesos productivos y desarrollo de bienes de capital.

A partir de estos planes y programas, Brasil ha logrado consolidar una planificación estratégica coherente y de largo plazo que contemple objetivos vinculados a la innovación tecnológica y el desarrollo productivo para la transición energética. En este sentido, se configuran como uno de los grandes éxitos de la región, ya que logró articular su política energética con la política industrial y de CTI, promoviendo una trayectoria de desarrollo tecnológico.

Arquitectura institucional

Brasil se caracteriza por una clara división de funciones entre organismos de planificación, financiamiento e investigación. Entidades como FINEP y la Empresa de Pesquisa Energética (EPE) han sido fundamentales para la coordinación y la generación de conocimiento técnico. Además, la interacción entre universidades, Petrobras y agencias públicas permitió consolidar un ecosistema de innovación con presencia territorial y vinculaciones público-privadas. Este tipo de entramado institucional le otorgó estabilidad y capacidad de ejecución a las políticas y programas.

En este sentido, un componente clave del caso brasileño para el desarrollo tecnológico vinculado a la transición energética es FINEP, empresa pública vinculada al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Su misión es promover el desarrollo económico y social del país mediante el financiamiento público de la ciencia, la tecnología y la innovación en empresas, universidades, institutos tecnológicos y otras organizaciones públicas y privadas (FINEP, 2020). FINEP se distingue por su capacidad de abarcar todo el ciclo de la innovación, desde la investigación básica y aplicada hasta la preparación de productos y servicios para el mercado, combinando instrumentos de financiamiento reembolsables y no reembolsables. Su apoyo alcanza tanto a instituciones de investigación como a empresas, fomentando la incubación de emprendimientos de base tecnológica, la creación de parques tecnológicos, la consolidación de capacidades de I+D y la modernización de procesos en empresas ya establecidas (FINEP, 2015).

Así, en el marco de la transición energética, este tipo de instituciones resultan fundamentales, al permitir articular políticas de innovación con instrumentos de financiamiento estables y de largo plazo y generando un entorno favorable para la investigación aplicada y el desarrollo de tecnologías vinculadas a las energías renovables.

Por su parte, la Empresa de Pesquisa Energética (EPE)⁹ se constituye como un actor fundamental en el entramado institucional vinculado al desarrollo tecnológico dentro del sector energético. La EPE tiene como objetivo central realizar estudios e investigaciones para el Ministerio de Minas y Energía (MME) para lograr una planificación del sector energético basada en evidencia.

Por otro lado, en lo que refiere al ámbito específico de los biocombustibles, es relevante destacar el rol clave que cumplen los entes públicos, como Petrobras y las universidades públicas, en las solicitudes

⁹ <https://www.epe.gov.br/pt/a-epe/quem-somos>

de patentes. Esto destaca la importancia de la inversión pública en ciencia y tecnología en este campo desde el sector público de Brasil. Si bien se destaca el rol del sector público en la adquisición de patentes, se evidencia una complementariedad positiva entre el Estado, la academia y el sector privado (INPI, 2022). Esta articulación entre una empresa pública, la academia y el sector privado es un rasgo clave de la estrategia brasileña, que permite explicar su desempeño en el desarrollo de biocombustibles.

Financiamiento

El BNDES¹⁰ se constituye como el principal agente de apoyo al desarrollo productivo e innovador en Brasil. Desde su creación en 1952, ha cumplido un rol fundamental en el impulso de la industria, incorporando con el tiempo nuevas prioridades como la innovación tecnológica, el desarrollo local y la sostenibilidad. El BNDES no solo financia a empresas de todos los tamaños y a entidades públicas en múltiples sectores, sino que también actúa como plataforma de inserción internacional, apoyando la internacionalización de empresas brasileñas y la captación de fondos en organismos multilaterales. De este modo, combina su rol histórico en la promoción del crecimiento interno con una estrategia orientada a la proyección global, consolidándose como una herramienta central de la política industrial y de innovación brasileña (BNDES, 2010).

En lo que respecta específicamente a transición energética, el BNDES ha establecido “Diretrizes do BNDES para mudança climática: compromissos e desafios para uma transição justa”¹¹, dentro de las cuales han establecido objetivos transversales para la transición justa. En este marco, el banco participa de manera activa en el financiamiento de la transición energética en Brasil mediante iniciativas orientadas hacia energías renovables, eficiencia energética y tecnologías bajas en carbono. Para ello, el banco de desarrollo estableció mecanismos como plataformas para acelerar la creación de proyectos vinculados a la transición energética, atraer capital privado para su financiamiento y apalancar la inversión; convocatorias de fondos; y programas de financiamiento directo; entre otros (BNDES, 2023).

Algunos ejemplos de líneas de financiamiento del banco vinculadas a energías renovables incluyen un préstamo de R\$ 3.5 mil millones para

¹⁰ <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home>

¹¹

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/23806/1/PRFol_216009_Diretrizes%20do%20BNDES%20para%20mudan%C3%A7a%20clim%C3%A1tica.pdf

apoyar proyectos eólicos y solares en los estados de Bahía y Minas Gerais¹²; inversiones por R\$ 1.1 mil millones para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos en el marco de la "Green Week" en 2020¹³; lanzamiento de una línea permanente para apoyar inversiones en energías renovables, "Finame Energías Renovables", la cual tuvo una inversión inicial de R\$ 2.2 mil millones en 2018¹⁴; y la aprobación de más de R\$ 10 mil millones en créditos para financiar el Fondo Climático, especialmente para financiar proyectos de energías renovables en Brasil¹⁵.

En este sentido, y a partir de estas líneas de trabajo, el BNDES no sólo cumple su tradicional rol de banco de desarrollo de la industria brasileña, sino que ha sido un actor clave para canalizar la inversión hacia proyectos de CTI vinculados a la transición energética. Más allá del volumen de los recursos que ha provisto, el BNDES ha tenido un rol importante en lo referido a su capacidad de orientar el financiamiento hacia sectores estratégicos y de actuar como catalizador de la inversión privada.

Según lo analizado tanto en lo que respecta a la arquitectura institucional como al financiamiento en el caso brasileiro, podemos evidenciar de qué manera instituciones como el BNDES y FINEP se complementan en sus roles, vinculando el desarrollo industrial y productivo del país con una agenda sólida y especializada en ciencia, tecnología e innovación.

Marco regulatorio

El marco regulatorio brasileiro apoyó de manera consistente a la promoción de las políticas de CTI y fortalecimiento de la industria local. La Lei do Bem (Ley N° 11.196/05)¹⁶ establece diversos incentivos fiscales para empresas que desarrollan investigación, desarrollo e innovación tecnológica, incluyendo deducciones sobre gastos de I+D+i, reducción del 50 % del impuesto sobre productos industrializados aplicable a estos gastos, amortización acelerada de equipos y fondos de comercio

¹²

<https://renewablesnow.com/news/bndes-okays-loan-for-1-5-gw-of-wind-solar-projects-in-brazil-810600/>

¹³

https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_en/conteudos/noticia/Green-Week-BNDES-invests-R%24-1.1-billion-in-solar-energy?utm_source=chatgpt.com

¹⁴

https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_en/conteudos/noticia/BNDES-announces-an-additional-R%24-2.2-bi-to-support-investments-in-renewable-energy/?utm_source=chatgpt.com

¹⁵

https://agenciabrasil.ebc.com.br/es/economia/noticia/2025-03/banco-publico-destina-mas-de-r-10000-millones-fondo-climatico?utm_source=chatgpt.com

¹⁶ https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm

destinados a I+D+i, y exención del impuesto de renta sobre los gastos efectuados en el exterior para el registro de propiedad intelectual¹⁷¹⁸.

Articulación internacional

La estrategia de articulación internacional de Brasil en materia energética combina cooperación tecnológica y acuerdos bilaterales de gran relevancia. Ejemplos como la transferencia de tecnología desde Siemens global a su filial en Brasil, y la experiencia de Itaipú Binacional¹⁹ muestran dos enfoques distintos, pero complementarios; el primero basado en la transferencia tecnológica desde grandes corporaciones y el segundo basado en la cooperación entre Estados de la región.

En primer lugar, la filial de Siemens en Brasil se consolidó como un centro estratégico de innovación dentro de la red global de la multinacional. A partir de la transferencia de tecnología desde Siemens Internacional hacia Siemens Brasil, y gracias a incentivos como la Lei do Bem, FINEP y BNDES, combinados con alianzas en universidades, logró desarrollar innovaciones con proyección internacional, entre ellas el transformador subterráneo DrySub, sistemas de smart grids y tecnologías para plataformas offshore. La empresa articula la transferencia de conocimiento mediante plataformas y unidades internas que vinculan a la filial brasileña con la estrategia global. Sin embargo, el control centralizado de la propiedad intelectual y el uso de acuerdos de confidencialidad limitan los derrames tecnológicos hacia la industria local (Sant'Anna y Maccari, 2017).

En segundo lugar, el Tratado de Itaipú (1973) entre Brasil y Paraguay dio origen a la central hidroeléctrica de Itaipú, que comenzó a operar en 1984 como uno de los mayores ejemplos de cooperación energética en la región. En 2003, en el marco de la ampliación de sus funciones, se creó Itaipú Parquetec²⁰, una entidad independiente orientada a promover el desarrollo científico, tecnológico y de innovación en la región trinacional (Brasil, Paraguay y Argentina). Sus actividades abarcan desde la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, el apoyo a startups y negocios innovadores, y el mapeo y difusión de soluciones tecnológicas, hasta programas de formación y extensión educativa, consolidándose como un espacio de articulación entre la infraestructura energética de

¹⁷

[https://www.apexbrasil.com.br/es/investigacion-y-desarrollo#:~:text=La%20Ley%20del%20Bien%20\(n%C2%BA,y%20desarrollo%20en%20innovaci%C3%B3n%20tecnol%C3%B3gica](https://www.apexbrasil.com.br/es/investigacion-y-desarrollo#:~:text=La%20Ley%20del%20Bien%20(n%C2%BA,y%20desarrollo%20en%20innovaci%C3%B3n%20tecnol%C3%B3gica)

¹⁸ <https://numericbrasil.com.br/ley-del-bien/>

¹⁹ <https://www.itaipu.gov.py/institucional/sobre-itaipu/nuestra-historia>

²⁰ <https://turismoitaipu.com.br/es/itaipuparquetec/>

Itaipú y la promoción del desarrollo regional basado en conocimiento e innovación²¹.

El modelo brasileño demuestra que la coherencia entre planificación, financiamiento y una arquitectura institucional sólida puede convertir la transición energética en una oportunidad para el desarrollo tecnológico e industrial nacional. La existencia de instrumentos estables, un banco nacional de desarrollo y agencias técnicas con capacidad de ejecución fueron factores determinantes para sostener el aprendizaje tecnológico. Su principal lección es que el desarrollo energético requiere estabilidad, coordinación y una visión estratégica desde el Estado orientada a la innovación.

21

<https://www.itaipu.gov.py/noticias/institucional/pretenden-recuperar-la-masa-boscosa-a-partir-de-tecnologias#:~:text=Con%20el%20fin%20de%20transferir%20tecnolog%C3%ADas%20para.%28PTI%29%20y%20el%20Instituto%20Forestal%20Nacional%20%28INFONA%29.>

Chile

La experiencia chilena se ha posicionado en los últimos años como uno de los países más dinámicos de América Latina en el desarrollo de energías renovables y la atracción de inversiones vinculadas a la transición energética. Su estrategia ha combinado estabilidad macroeconómica, apertura a la inversión extranjera, marcos regulatorios claros y una planificación orientada a diversificar la matriz energética y aprovechar sus ventajas comparativas en recursos naturales. El Estado ha desempeñado un rol central en la definición de metas y regulaciones, a la vez que ha promovido la articulación con el sector privado y la cooperación internacional para promover la innovación tecnológica y la transferencia de conocimiento.

Por otro lado, se reconoce que la experiencia chilena contiene vaivenes en cuanto al vínculo entre la política energética (con enfoque en transición energética) y políticas de desarrollo tecnológico. Este vínculo generalmente ha sido omitido no solo por la academia, si no que, hasta por los mismo gobiernos, sin hacer explícita una estrategia de industrialización a partir del contexto de transición verde global. Aún así, Chile ha tenido esfuerzos significativos que van en pos de un proceso de agregación de valor, innovación y desarrollo, los cuáles explicitamos en este documento.

Planificación estratégica

En los últimos años Chile ha avanzado considerablemente en la definición de lineamientos de largo plazo que buscan orientar el desarrollo de sectores vinculados a la transición energética y, al mismo tiempo, consolidar la participación activa del Estado en la explotación de recursos estratégicos. En el marco de una estrategia nacional para la promoción del desarrollo tecnológico vinculado a la transición energética, los casos más relevantes son la estrategia Energía 2050: Política Energética de Chile²², la

²² https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf

Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde²³, la Estrategia de Desarrollo y Transferencia Tecnológica para el Cambio Climático (EDTTCC) ²⁴ y la Estrategia Nacional del Litio²⁵.

En 2016 Chile aprobó la estrategia Energía 2050: Política Energética de Chile, lanzada durante el segundo gobierno de Michelle Bachelet y continuada por los gobiernos posteriores hasta la fecha, la cual ha mostrado ser profundamente exitosa. Con una clara orientación a la modificación de la matriz energética, permitió una rápida incorporación de energías renovables y convertir a la matriz de Chile en una de las más limpias de la Región. Este marco resultó clave para crear las condiciones habilitantes de una transición energética de largo plazo y para posicionar al país como un referente regional en energías renovables. Sin embargo, el diseño normativo no logró articular de manera sistemática la política energética con una política de industrialización verde orientada a la agregación de valor, el desarrollo de capacidades productivas locales y el escalamiento tecnológico.

En lo que respecta a la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, Chile ha consolidado un enfoque ambicioso que posiciona al hidrógeno como una pieza central de su estrategia de transición energética. La estrategia se fundamenta en el potencial único del país para generar hidrógeno verde de forma altamente competitiva, aprovechando los recursos naturales con los que cuenta, especialmente en el Desierto de Atacama y la Región de Magallanes. Esta estrategia propone no solo descarbonizar ciertos sectores como el transporte pesado, la minería y las industrias químicas, sino también convertir al hidrógeno en un nuevo componente central de las exportaciones y el desarrollo económico chileno. La estrategia cuenta con una hoja de ruta estructurada en 3 etapas, yendo desde la implementación en consumos domésticos hacia el inicio de las exportaciones y luego su consolidación como un proveedor internacional en esta cadena de valor. Sus pilares incluyen el desarrollo de capacidades locales, la orientación por misión del Estado, la creación de polos de innovación, inversión y actividad local, y una gobernanza público-privada que articula múltiples sectores y niveles institucionales.

La EDTTCC, presentada en 2021 bajo la coordinación del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, se constituye como un instrumento orientado a identificar y priorizar tecnologías en sectores clave de mitigación y adaptación al cambio climático. A través del diseño e implementación de Planes de Acción Tecnológica, esta estrategia busca fortalecer las capacidades nacionales en investigación, desarrollo e

²³ https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf

²⁴ <https://drive.google.com/file/d/14ZsSiAemCCHd907vuTmOFsINAEXH69Cs/view>

²⁵ <https://www.gob.cl/chileavanzaconlitio/>

innovación, y articular la política climática con la política tecnológica y productiva. En este sentido, la planificación estratégica chilena refleja un esfuerzo sostenido por integrar la explotación de recursos estratégicos con una visión tecnológica y científica de largo plazo. Más que limitarse a la extracción de minerales críticos, el Estado busca transformar esa base material en un vector de desarrollo productivo y conocimiento local. Este enfoque marca un avance significativo en la articulación entre política energética e innovación, aunque su éxito dependerá de la continuidad institucional y de la capacidad de generar capacidades tecnológicas propias, pasar de la estrategia a la acción concreta.

En lo que respecta a la Estrategia Nacional del Litio, ésta establece la participación estatal en todo el ciclo industrial del mineral, privilegiando el desarrollo de alianzas público-privadas y el fortalecimiento de las cadenas de valor asociadas. Mientras se avanza en la creación de la Empresa Nacional del Litio, esta función se canaliza a través de empresas estatales con participación en la industria minera, como la Corporación Nacional del Cobre de Chile (Codelco) y la Empresa Nacional de Minería (Enami), que han creado filiales específicas para gestionar proyectos vinculados a este recurso estratégico. El plan incorpora, además, la creación de capacidades científico-tecnológicas mediante un Instituto Nacional del Litio y Salares (INLiSa) ²⁶, orientado a la generación de conocimiento y nuevas tecnologías para procesos de extracción, producción y agregación de valor. A su vez, promueve un marco institucional claro y la sostenibilidad social y territorial de la industria. Este punto es fundamental para que el diálogo con las comunidades sea transparente y los actores relevantes puedan ser parte de la política.

Arquitectura institucional

Chile cuenta con una arquitectura institucional diversificada, que combina la presencia de empresas públicas (como Codelco y Enami), con agencias especializadas y alianzas público-privadas. En este sentido, la articulación entre el Estado y el sector privado ha sido un factor clave para atraer capital y promover la innovación. Esta arquitectura institucional equilibrada se constituye como uno de los factores fundamentales del caso chileno.

En lo que respecta a las empresas públicas, Codelco²⁷, constituida en 1976 tras la nacionalización del cobre, representa el núcleo de la política chilena de control estatal sobre recursos estratégicos. Su rol histórico en la minería del cobre se ha extendido en los últimos años hacia la industria

²⁶ <https://www.inlisa.cl/>

²⁷ <https://www.codelco.com/nosotros/la-corporacion/historia>

del litio, reforzando la idea de que el Estado debe jugar un papel central en la explotación y desarrollo de cadenas de valor vinculadas a los recursos naturales estratégicos.

Un ejemplo de esta expansión es el acuerdo entre Codelco y la Sociedad Química y Minera de Chile (SQM)²⁸, alcanzado en 2024 en el marco de la Estrategia Nacional del Litio. A través de este esquema de asociación público-privada, se estableció que el Estado chileno reciba el 70% de las utilidades generadas en el Salar de Atacama hasta 2030 y el 85% a partir de 2031, combinando transferencia tecnológica con el aprovechamiento de las capacidades industriales y de mercado de SQM. La gobernanza del acuerdo está diseñada en dos fases: una primera etapa hasta 2030, bajo administración de SQM, y una segunda desde 2031 hasta 2060, cuando Codelco asumirá el control pleno. Este esquema asegura la apropiación estatal de la renta y, al mismo tiempo, permite aprovechar el know-how existente en la industria privada, demostrando el papel fundamental que tienen las asociaciones público-privadas en el desarrollo productivo y científico-tecnológico de largo plazo (Codelco, 2024).

Aunque el acuerdo contempla cierto agregado de valor aguas abajo (para producir litio refinado, es decir, Carbonato de Litio Equivalente - LCE), lo cierto es que esta estrategia pone el foco únicamente en aumentar la eficiencia en la producción de litio. En este sentido, en el apartado que define el negocio de la sociedad, se menciona lo siguiente: “No se entenderá como parte del Negocio la elaboración industrial de productos de mayor valor agregado que los Productos del Negocio”²⁹.

De manera complementaria, Codelco ha avanzado en la creación de filiales específicas para el litio, como Minera Tarar (para la operación en el Salar de Atacama) y Salares de Chile (matriz para consolidar sus futuras actividades en otros salares). Estas filiales responden a la necesidad de una institucionalidad específica para el desarrollo productivo de sectores estratégicos, a fin de especializar la gestión del litio dentro de la estructura de la empresa estatal, facilitando su articulación con socios privados y asegurando el cumplimiento de los lineamientos de la Estrategia Nacional del Litio (Codelco, 2023).

Además, como se mencionó anteriormente, a partir de la Estrategia Nacional del Litio en 2023 se constituyó el Instituto Nacional del Litio y Salares (INLiSa), concebido como una corporación de derecho privado sin fines de lucro integrada por ministerios sectoriales y la Corporación de

²⁸ <https://acuerdocodelcosqm.cl/>

²⁹ <https://acuerdocodelcosqm.cl/wp-content/uploads/2024/09/Acuerdo-de-Asociacion-CODELCO-SQM-43302128.2.pdf>

Fomento de la Producción (CORFO)³⁰. Este instituto tiene como misión articular el sistema científico-tecnológico con el aparato productivo, mediante líneas de trabajo que abarcan la caracterización de salares, el desarrollo de nuevas tecnologías de extracción y productos, la evaluación de impactos socioambientales y la promoción de ciencia ciudadana. Además, INLiSa actúa como plataforma de colaboración para universidades, centros de investigación, organizaciones sociales y empresas, apoyando proyectos mediante convenios, asistencia técnica y respaldo institucional a postulaciones de financiamiento³¹. Este tipo de instituciones que intermedian entre el sector privado y el sector científico-tecnológico resultan fundamentales para lograr una buena articulación y procesos de transferencia de tecnología que permitan que desarrollos científicos se conviertan en soluciones específicas y aplicables al aparato productivo.

Por otro lado, Chile también cuenta con experiencias destacadas en el desarrollo de instituciones público-privadas para potenciar la innovación. Es el caso de Fundación Chile³², una organización público-privada que tiene el objetivo de innovar para generar soluciones de alto impacto que impulsen el desarrollo sostenible. Esta organización ha tenido injerencia en la creación y habilitación de distintos sectores productivos, como la industria agrícola, el sector agroindustrial, las energías renovables, así como también los primeros fondos de capital de riesgo en Latinoamérica.

La experiencia chilena en la construcción de una arquitectura institucional orientada a vincular la transición energética con el desarrollo tecnológico y productivo se caracteriza por la articulación entre el control estatal de los recursos estratégicos y la participación del sector privado en procesos de innovación e inversión. La consolidación de Codelco como empresa clave, junto con la creación de agencias y centros tecnológicos especializados y la promoción de alianzas público-privadas, conforman un entramado institucional que combina mecanismos de coordinación estatal con dinámicas de mercado. Este esquema ha permitido estructurar una estrategia en la que el Estado conserva un rol central en la gestión de los recursos naturales y aprovecha capacidades privadas existentes. Sin embargo, el diseño de los acuerdos vigentes muestra límites en la incorporación de objetivos explícitos de agregación de valor aguas abajo, lo que restringe su potencial impacto sobre la diversificación productiva y el desarrollo tecnológico.

³⁰ <https://www.corfo.cl/sites/cpp/>

³¹ <https://www.gob.cl/noticias/chile-tiene-primer-instituto-nacional-litio-salares/>

³² <https://fch.cl/>

Financiamiento

En lo que respecta a las herramientas de financiamiento, uno de los principales instrumentos implementados en Chile es el Programa de Desarrollo Productivo Sostenible (DPS)³³. Este programa fue lanzado en 2022 como una iniciativa interministerial que busca “impulsar un desarrollo productivo del país que sea sostenible en términos económicos, sociales y ambientales, orientando estratégicamente los esfuerzos de distintos actores en el ámbito económico, mediante la incorporación de mayor conocimiento, innovación y tecnología a las actividades productivas”. Para ello, el programa contempla apoyo financiero, subsidios a la I+D y mecanismos de intermediación financiera. Se estima que el presupuesto del programa entre 2023 y 2025 fue de USD 360 millones, apoyando a más de 150 iniciativas con orientación estratégica y con más de 2300 beneficiarios directos e indirectos lo largo de todo el país a la fecha (empresas, grupos de científicos de universidades y centros de I+D+i). Teniendo en cuenta la orientación y los beneficiarios del programa puede evidenciarse que el mismo no solo promueve la incorporación de innovación en el tejido productivo, sino que también fortalece la articulación entre el Estado, las empresas y el sistema científico-tecnológico, sentando bases sólidas para la articulación entre estos sectores, que se constituye como una de las claves para un desarrollo productivo de largo plazo.

En lo vinculado al desarrollo productivo verde, el programa contempla convocatorias específicas orientadas a la transición energética y la sostenibilidad. En este sentido, no solo se busca apoyar el surgimiento de startups y nuevos negocios de base tecnológica, sino también facilitar la modernización de empresas existentes mediante la adopción de tecnologías sostenibles.

Sin embargo, a pesar de estos avances, el financiamiento continúa siendo uno de los puntos más críticos del ecosistema chileno de innovación productiva. Las brechas en escala, continuidad y acceso limitan muchas veces el potencial de consolidación de sectores emergentes. En este contexto, CORFO cumple un rol fundamental como agencia promotora del emprendimiento y la innovación, con instrumentos de cofinanciamiento, aceleración de startups, fondos de inversión y programas sectoriales estratégicos. Un caso emblemático es Start-Up Chile³⁴, programa pionero a nivel regional que ha posicionado a Chile como hub de innovación y ha atraído a cientos de startups tecnológicas, si bien con escasa orientación hacia sectores estratégicos como la transición energética.

³³ <https://programadps.gob.cl/>

³⁴ <https://startupchile.org/>

Si bien en Chile han existido avances en lo que respecta al financiamiento vinculado al desarrollo tecnológico para la transición energética, aún persisten desafíos clave en términos de escala, continuidad y articulación del financiamiento con los objetivos de industrialización verde. Ampliar el alcance de los instrumentos financieros y orientar los recursos hacia sectores estratégicos es fundamental para que la planificación estratégica genere un impacto productivo concreto y contribuya efectivamente a la generación de capacidades tecnológicas.

Marco normativo

En lo que respecta al marco normativo, resulta de especial relevancia el caso del desarrollo del cobre como sector económico en Chile. El cobre chileno está nacionalizado desde la reforma constitucional de 1971³⁵, con la creación formal de Codelco en 1976³⁶, y cuenta con un marco regulatorio propio que establece la propiedad estatal sobre los yacimientos y las facultades del Gobierno para organizar, explotar y administrar los recursos, asegurando que la explotación de este recurso estratégico responda al interés nacional.

Históricamente, el cobre ha contribuido de manera significativa al crecimiento y desarrollo del país a través de su impacto en la balanza de pagos, los ingresos fiscales y el ritmo de crecimiento económico. Sin embargo, a pesar de que Chile ha dominado el recurso a nivel mundial durante más de 30 años, no existió hasta ahora un consenso político robusto en torno a la necesidad de agregar valor al recurso ni de impulsar una política industrial asociada. Durante la última década, especialmente con el estancamiento del crecimiento del PIB en el país, se ha empezado a instalar con mayor fuerza la discusión sobre cómo convertir al cobre en una plataforma de diversificación productiva y tecnológica³⁷. Este cambio de enfoque marca una oportunidad estratégica para reorientar el desarrollo del sector hacia un modelo más intensivo en conocimiento e innovación.

La transferencia tecnológica es clave en este proceso. La inversión extranjera directa (IED) y la presencia de empresas multinacionales pueden introducir tecnología avanzada, pero la diseminación hacia la economía local depende de la capacidad de absorción tecnológica de los agentes nacionales. Esto incluye encadenamientos hacia atrás y hacia

³⁵ <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=29026>

³⁶ <https://www.codelco.com/transparencia/marco-normativo/marco-normativo>

³⁷ <https://espaciopublico.cl/seminario-de-nrgi-y-espacio-publico-destaca-necesidad-de-una-politica-de-valor-agregado-en-el-cobre-para-impulsar-la-diversificacion/>

adelante, vínculos horizontales mediante joint ventures o licencias, y la movilidad de personal capacitado hacia empresas locales. La existencia de know-how y capacidades locales resulta fundamental para asimilar, adaptar y difundir eficientemente la tecnología (Meller y Gana, 2015).

La experiencia internacional demuestra que los países que logran transformar sus recursos naturales en plataformas de innovación adoptan un rol activo en la creación de clústers industriales especializados. En Chile, se ha promovido la formación de clústers mineros con características similares a las Free Economic Zones de Corea del Sur o los clústers mineros australianos, donde convergen infraestructura de primer nivel, capital humano calificado, instituciones educativas y de capacitación, y operaciones de largo plazo. Un ejemplo concreto es el Programa de Proveedores de Clase Mundial (PPCM), impulsado por Codelco y BHP Billiton, que permite a proveedores locales desarrollar soluciones tecnológicas bajo contratos que garantizan la propiedad intelectual, fomentando la innovación y su posterior comercialización en el sector (Meller y Gana, 2015).

Articulación internacional

En el plano internacional, Chile ha mostrado una alineación entre sus compromisos climáticos multilaterales y el diseño de su política energética nacional, en particular a partir de su adhesión al Acuerdo de París. Esta alineación se refleja en la incorporación de objetivos de mitigación y descarbonización en los principales instrumentos de planificación energética y productiva, así como en la proyección internacional de su estrategia de transición energética.

En este marco, Chile ha buscado fortalecer la cooperación científica y tecnológica con distintos socios estratégicos, siendo China uno de los principales aliados en este ámbito. Desde 2011, la cooperación Chile-China se ha institucionalizado a través de cuatro Planes de Acción en Ciencia y Tecnología³⁸, que han facilitado el intercambio bilateral en áreas como astronomía, geología, gestión marítima y antártica, telecomunicaciones y gestión de emergencias, entre otras. Estos planes han permitido consolidar canales de colaboración entre instituciones de ambos países, promoviendo la transferencia de conocimiento y el desarrollo de capacidades tecnológicas compartidas (Estay, 2023).

³⁸ <https://drive.google.com/file/d/1ipV2we1QelXiaVLUGcsRn3eOLg73PN5v/view>

En paralelo, la relación bilateral se ha profundizado en el ámbito de la energía mediante la firma de un Memorándum de Entendimiento (MdE)³⁹⁴⁰ sobre energía limpia y transición energética con la Administración Nacional de Energía de China. Este acuerdo busca impulsar iniciativas conjuntas en energías renovables, eficiencia energética y desarrollo de tecnologías bajas en carbono, promoviendo la integración de Chile en la agenda global de transición energética.

A través de este enfoque, la experiencia chilena muestra avances importantes en la articulación entre planificación estratégica, control estatal de los recursos naturales y cooperación internacional para el desarrollo tecnológico. Sin embargo, aún no puede hablarse de un modelo consolidado de desarrollo productivo y energético. Si bien Chile ha logrado posicionarse como un actor relevante en energías renovables y ha promovido marcos estratégicos como la Estrategia Nacional del Litio o del Hidrógeno Verde, persisten importantes desafíos en materia de política industrial, escalamiento tecnológico y agregación de valor local.

³⁹ https://drive.google.com/file/d/1W6eX_PeYFzgipXhOK2slg42FwQc-SILT/view

⁴⁰ <https://drive.google.com/file/d/18mJECmnd88BRvRyjinPKur4q79vVXp5g/view>

/ Arg

/ 2025

Casos internacionales



Noruega

La experiencia de Noruega se ha constituido en un caso emblemático de cómo la implementación de políticas estratégicas en sectores basados en recursos naturales pueden potenciar políticas de desarrollo tecnológico e industrial. Si bien el presente caso no se trata únicamente de la gestión y promoción de energías renovables, esta experiencia fue elegida por su relevancia en la construcción de instituciones, herramientas de financiamiento y normativa relevante para la gestión estratégica de recursos naturales en la transición energética. Noruega ha logrado transformar la explotación de los hidrocarburos en una plataforma de desarrollo industrial y tecnológico de largo plazo. Desde el descubrimiento de petróleo y gas en el Mar del Norte, Noruega implementó una estrategia integral y coherente que permitió no solo explotar estos recursos, sino también desarrollar capacidades locales, fortalecer proveedores nacionales y canalizar los ingresos hacia financiamiento de innovación y desarrollo productivo. Esta estrategia ha sentado las bases para un modelo orientado al desarrollo productivo el cuál hoy ha permitido que Noruega incurse en la industria eólica offshore.

Planificación estratégica

En materia de planificación estratégica, Noruega ha implementado un conjunto de políticas orientadas a vincular la explotación de hidrocarburos con el desarrollo de capacidades locales, la transferencia tecnológica y la innovación en el sector.

La estrategia de Noruega se basó en la promoción de eslabonamientos productivos mediante el uso de capacidades científicas, tecnológicas e industriales preexistentes. La experiencia acumulada en industrias navales, transporte marítimo, ingeniería civil y manufactura de instrumentos de precisión, junto con conocimientos en geología marina, oceanografía y biología marina, permitió integrar la explotación petrolera

offshore con la estructura productiva local, potenciando proveedores nacionales y generando sinergias con empresas diversificadas como Norsk Hydro (Schteingart, 2017).

El desarrollo de I+D recibió un fuerte impulso público mediante financiamiento creciente y programas estratégicos. Entre 1985 y 1988, los fondos públicos para actividades de I+D vinculadas a la industria petrolera casi se duplicaron, y en 1990 se asignaron recursos al Consejo Noruego de Investigaciones Científicas e Industriales (NTNF)⁴¹ para nuevas tecnologías offshore. En 1991 se lanzó el programa Ruth, una alianza público-privada que mejoró la tasa de recuperación de gas natural del 34% al 41%. Estas iniciativas permitieron que yacimientos más pequeños o lejanos fueran rentables, impulsando la adopción de tecnologías submarinas avanzadas, consolidando un clúster petrolero eficiente y tecnológicamente competitivo (Engen, 2009).

Estos programas permitieron que el desarrollo de la industria hidrocarburífera no desplazara el desarrollo industrial del resto de los sectores, sino que se nutriera de él y, al mismo tiempo, lo fortaleciera.

En este sentido, nuevas industrias vinculadas al desarrollo de energías limpias en Noruega se han apoyado en el know-how, las capacidades técnicas y la infraestructura construida por la industria hidrocarburífera. Un ejemplo claro es el de la energía eólica offshore. Equinor, la empresa estatal que lideró el desarrollo del petróleo y gas noruego, ha jugado un rol central en la transición hacia fuentes renovables, aplicando su experiencia en operaciones offshore complejas al despliegue de proyectos de energía eólica en aguas profundas⁴². Noruega fue pionera en instalar el primer parque eólico flotante del mundo, Hywind Scotland⁴³, y continúa liderando el desarrollo de soluciones tecnológicas de avanzada como Hywind Tampen⁴⁴. Además, Equinor ha expandido su presencia en el mercado global con proyectos eólicos en Reino Unido, Estados Unidos, Polonia y Corea del Sur⁴⁵, consolidando una estrategia de internacionalización que combina transición energética con liderazgo tecnológico. Esta trayectoria muestra cómo una empresa pública con fuerte base industrial puede reconvertir capacidades del sector fósil hacia energías limpias, impulsado fundamentalmente por una planificación estratégica de largo plazo.

⁴¹ En 1993 el NTNF se fusionó con otras cuatro instituciones de investigación para crear el Consejo de Investigación de Noruega (Norges forskningsråd en noruego). <https://www.forskningsradet.no/>

⁴² <https://www.equinor.com/energy/offshore-wind>

⁴³ <https://www.equinor.com/energy/hywind-scotland>

⁴⁴ <https://www.equinor.com/energy/hywind-tampen>

⁴⁵ <https://www.equinor.com/energy/offshore-wind>

A su vez, esta evolución se enmarca en una planificación estratégica más amplia orientada a fortalecer el ecosistema de innovación del país. Noruega ha apostado sostenidamente por políticas públicas que combinan inversión en I+D, incentivos fiscales, colaboración público-privada y apoyo a startups tecnológicas⁴⁶. A través de instrumentos como Innovation Norway⁴⁷ o el Research Council of Norway⁴⁸, el Estado ha financiado proyectos de base científico-tecnológica en sectores prioritarios, promoviendo una articulación virtuosa entre sector público, industria y academia. Esta orientación ha permitido que Noruega emerja en los últimos años como un hub tecnológico global, destacándose en áreas como energías limpias, tecnologías offshore, inteligencia artificial y soluciones digitales vinculadas a la sostenibilidad⁴⁹.

En este sentido, la planificación estratégica noruega vinculada al desarrollo de actividades vinculadas al conocimiento y la innovación como ejes del desarrollo productivo se ha consolidado como un factor clave para el aprovechamiento de las capacidades desarrolladas por la industria hidrocarburífera para su aprovechamiento en el desarrollo de cadenas de valor vinculadas a las energías renovables.

Arquitectura institucional

En cuanto a la arquitectura institucional, Noruega ha desarrollado un esquema que combina un Estado activo con empresas públicas y privadas, permitiendo controlar los recursos hidrocarburíferos mientras se impulsa el desarrollo de capacidades locales y la transferencia tecnológica.

La creación de StatOil (hoy Equinor) en 1972, bajo el gobierno laborista, constituyó un hito clave. La empresa pública fue concebida para desarrollar competencias tecnológicas en petróleo offshore, dominar el mercado nacional, vincularse con el sistema científico-tecnológico y retener el control estatal sobre los recursos naturales. Junto a StatOil, se fundaron Saga Petroleum, empresa privada de capital noruego, y Norsk Hydro, con participación pública y privada, generando un ecosistema de empresas diversificado pero coordinado (Schteingart, 2017).

⁴⁶ <https://angrynerds.co/blog/why-norway-is-emerging-as-a-global-tech-hub/>

⁴⁷ <https://en.innovasjon Norge.no/>

⁴⁸ <https://www.forskningsradet.no/en/>

⁴⁹ <https://angrynerds.co/blog/why-norway-is-emerging-as-a-global-tech-hub/>

Además, el gobierno noruego desarrolló una estructura administrativa con una clara separación de funciones. En este sentido, se estableció simultáneamente la Dirección de Petróleo de Noruega (DPN), encargada de funciones técnicas y regulatorias, y el Ministerio de Industria (y luego el de Petróleo y Energía) ejecutaba las leyes aprobadas por el Parlamento (Wirth, 2014; Schteingart, 2017). Esta separación de funciones permitió que la explotación, regulación y gobernanza del sector petrolero estuvieran claramente definidas, asegurando eficiencia y control.

En sus primeros años, StatOil fue favorecida mediante mecanismos específicos de política industrial, recibiendo prioridad en la explotación de los yacimientos offshore más prometedores, exenciones de costos de exploración, y la condición de intermediaria en la transferencia de tecnología y know-how de las multinacionales a proveedores locales (Schteingart, 2017). Además, las multinacionales que operaban en Noruega debían respetar los privilegios de StatOil y colaborar en la transferencia de tecnología. Si no respetaban estos requisitos, enfrentaban penalizaciones en futuras concesiones. Este enfoque permitió que StatOil se consolidara como un agente fundamental para la adopción y adaptación de las mejores prácticas internacionales, fortaleciendo capacidades locales y creando un sector petrolero competitivo y tecnológicamente avanzado (Engen, 2009; Moses, 2010).

La institucionalidad desarrollada en la experiencia noruega evidencia que la capacidad del Estado para actuar como emprendedor y coordinador estratégico en la gestión de los recursos naturales es una condición fundamental para alinear la inversión privada con los objetivos de desarrollo nacional. Así, el Estado noruego fue capaz de combinar planificación, regulación y gestión, coordinando actores públicos, privados y del sistema científico-tecnológico en torno a objetivos de innovación y desarrollo tecnológico e industrial.

Financiamiento

En lo que respecta a financiamiento, se destaca especialmente el Fondo Global de Pensiones del Gobierno⁵⁰, conocido también como Fondo Soberano del Petróleo, el cual se constituyó como un instrumento clave en su estrategia de aprovechamiento estratégico de industrias basadas en recursos naturales. Creado por ley en 1990 y puesto en marcha en 1996, este fondo es administrado por el Banco Central de Noruega (Norges Bank)⁵¹. El financiamiento del Fondo proviene de los impuestos a las

⁵⁰ <https://www.nbim.no/en/about-us/about-the-fund/>

⁵¹ <https://www.norges-bank.no/en/>

compañías petroleras y de los dividendos de la empresa estatal Equinor y fue creado con el objetivo de lograr canalizar los ingresos provenientes de la explotación de los hidrocarburos hacia el ahorro para las generaciones futuras (frente a la declinación de las reservas petroleras hacia 2060), la inversión de recursos fuera del país (a fin de quitar presiones sobre la apreciación de la moneda y, así, proteger la competitividad de su industria no petrolera) y amortiguar la volatilidad de los precios del petróleo (Schteingart, 2017).

Este tipo de instrumento ha permitido que los ingresos derivados de los hidrocarburos no solo aseguren la estabilidad fiscal, sino que también se conviertan en un motor clave para financiar políticas de innovación, desarrollo productivo y transición hacia una economía más diversificada y verde. En este sentido, el Fondo Soberano del Petróleo refleja una estrategia de largo plazo en la que la explotación de los recursos naturales se utiliza y se subordina a objetivos de largo plazo, como la garantía de una macroeconomía estable y el desarrollo tecnológico e industrial del país.

Marco normativo

En lo que respecta al marco normativo, las Leyes de Concesión han sido fundamentales para estructurar el desarrollo hidrocarburífero de Noruega y garantizar que la explotación del petróleo contribuyera al desarrollo productivo y tecnológico del país. Estas leyes permitieron que, si bien las inversiones iniciales provinieran de capital extranjero (aprovechando su know-how especializado), el Estado pudiera regular estrictamente la actividad, imponiendo contraprestaciones que aseguraran la transferencia tecnológica, el uso de proveedores locales y la captura de la renta petrolera por parte del Estado (Lie, 2011; Moses, 2010).

Buena parte de la arquitectura institucional y la planificación estratégica que Noruega logró desarrollar en el sector hidrocarburífero se sustentó en estas leyes. Gracias a ellas, lograron diseñar un modelo beneficioso para la gestión de recursos naturales, donde la explotación de hidrocarburos no solo generaba ingresos fiscales, sino que también servía como plataforma para desarrollar capacidades locales, articular con proveedores, fomentar la innovación y consolidar un clúster industrial competitivo y tecnológicamente avanzado.

El diseño adecuado de incentivos y obligaciones a las empresas extranjeras permitió que la inserción internacional de la industria hidrocarburífera noruega no derivara en dependencia económica o

tecnológica, sino en la construcción de un entramado productivo nacional competitivo.

Articulación internacional

En cuanto a la articulación internacional, la colaboración previamente mencionada entre las empresas multinacionales y la estructura industrial y científica noruega (clave en la planificación estratégica del país), se dio como consecuencia de los "Acuerdos de Buena Voluntad" de 1979. A partir de ellos, se impulsaba a las empresas extranjeras al financiamiento de instituciones de investigación, la transferencia de tecnología y la contratación de institutos tecnológicos locales para el desarrollo de las actividades vinculadas a la CTI (Wicken, 2009; Gulbrandsen y Nerdrum, 2009).

En base a las Leyes de Concesión y a los Acuerdos de Buena Voluntad, las empresas que más contribuyeran al impulso de las actividades de CTI serían favorecidas en futuras licencias de extracción de petróleo (Schteingart, 2017). En este sentido, se estipuló que el financiamiento orientado a la I+D sería deducible de impuestos a las ganancias netas, impulsando ampliamente este tipo de gastos por parte de las empresas (Engen, 2009). Además, es importante destacar que en la experiencia noruega se aprovecharon conocimientos de CTI vinculados a otros sectores para desarrollar el clúster petrolero. Por ejemplo, conocimientos del sector nuclear desarrollados anteriormente por el Institute for Nuclear Energy (IFA, luego modificando su nombre a Institute for Energy Technology - IFE) fueron utilizados en procesos que redujeron los costos de las empresas petroleras (Njølstad, 1999).

Esto evidencia que la cooperación internacional en Noruega no se concibió como una mera apertura al capital o la tecnología extranjera, sino como un mecanismo deliberado de aprendizaje y desarrollo de capacidades locales. El Estado noruego utilizó la articulación internacional para impulsar procesos de innovación, establecer estándares industriales competitivos y desarrollar tecnología propia. De esta manera, la inserción internacional se constituyó como una parte de la estrategia activa de su política de innovación, orientada a fortalecer su desarrollo tecnológico e industrial, y la competitividad del país.

Según lo expuesto, el caso noruego evidencia que la combinación de una planificación de largo plazo, un marco institucional sólido y un Estado emprendedor puede convertir a los recursos naturales en dinamizadores del desarrollo tecnológico. Este modelo le permitió a Noruega capturar la

renta de los recursos, fortalecer capacidades locales y consolidar un clúster industrial competitivo.

China

China se ha consolidado como uno de los principales referentes mundiales en transición energética y desarrollo de energías renovables, liderando la expansión global de tecnologías en esta área. Su estrategia ha combinado una planificación estatal de largo plazo, un marco normativo progresivo y una arquitectura institucional centralizada que asegura coherencia entre los distintos niveles de gobierno. A ello se suma un sólido sistema de financiamiento verde, respaldado por bancos públicos, bonos y fondos específicos, que ha permitido canalizar enormes volúmenes de inversión hacia proyectos sostenibles. El Estado ha desempeñado un papel decisivo en la definición de metas, incentivos y regulaciones, al tiempo que fomenta la innovación tecnológica, la participación del sector privado y la cooperación internacional en materia climática.

Planificación estratégica

Desde los años 80, China ha construido una estrategia de largo plazo para posicionar la innovación como motor central de su desarrollo productivo y tecnológico. Esta estrategia evolucionó por etapas, comenzando con la absorción de tecnología extranjera mediante incentivos fiscales, inversión extranjera directa y joint ventures, para luego desplazarse hacia el fortalecimiento de la innovación local, la comercialización de resultados tecnológicos y la articulación entre academia, sector productivo y Estado. A partir de los años 2000, y en particular tras su ingreso a la OMC, China profundizó la internacionalización de sus capacidades de innovación mediante la creación de centros de I+D en el exterior, la adquisición de empresas tecnológicas y la participación en redes globales de investigación, consolidando una estrategia de "innovación autóctona" basada en la integración entre capacidades nacionales y flujos tecnológicos internacionales. En este proceso, el Estado desempeñó un rol central como coordinador del ecosistema de innovación, combinando inversión en infraestructura y bienes públicos tecnológicos con el fomento

al capital de riesgo, la creación de empresas de base tecnológica y la proyección internacional de firmas nacionales (Fu y Xiong, 2011).

En este sentido, el caso chino representa una de las experiencias clave a la hora de comprender la planificación estratégica orientada a la innovación. Además, este enfoque de planificación estratégica no se limita a este ámbito, sino que también ha estructurado el proceso de transición energética a través de instrumentos institucionalizados como los planes quinquenales. China ha integrado la transición energética dentro de su planificación económica nacional mediante planes quinquenales que orientan las prioridades del país en materia de desarrollo y sostenibilidad.

Los primeros avances aparecieron en el 10º Plan Quinquenal (2001–2005), cuando se incorporaron por primera vez políticas específicas de eficiencia energética y se establecieron metas de consumo para industrias intensivas en energía (UNCTAD, 2023). El 11º Plan (2006–2010) marcó un salto cualitativo al fijar el objetivo de reducir en un 20% la intensidad energética respecto de 2005 (UNCTAD, 2023). En el 12º Plan (2011–2015) se profundizó esta orientación con la creación de programas de monitoreo, como el destinado a las mil empresas con mayor consumo energético, y con el lanzamiento del “Programa de Promoción de Cien Normas de Eficiencia Energética”, que dio lugar a más de un centenar de estándares obligatorios de consumo y eficiencia (UNCTAD, 2023).

El 13º Plan Quinquenal (2016–2020) reforzó esta línea de acción, fijando metas obligatorias para la intensidad energética, la participación de las energías renovables, la intensidad de emisiones de CO₂ y el consumo total de carbón. Este marco permitió acelerar la expansión de la capacidad instalada en energías limpias y consolidar un sistema de monitoreo más riguroso (UNCTAD, 2023).

El 14º Plan Quinquenal (2021–2025) mantiene la transición energética como prioridad, pero introduce un enfoque más integral. Junto a los objetivos de descarbonización y eficiencia, se incorpora la idea de desarrollo verde como eje transversal de toda la economía, promoviendo la innovación tecnológica, la digitalización del sistema energético y una mayor flexibilidad en el uso de fuentes fósiles frente a las necesidades de seguridad energética. Además, las metas tienden a volverse más orientativas que coercitivas, reflejando una estrategia que combina ambición climática con adaptabilidad estructural y estabilidad económica (UNCTAD, 2023).

Es importante resaltar que el valor de los planes quinquenales de China radica en su capacidad para sostener una visión coherente y de largo

plazo, donde las políticas sectoriales convergen hacia objetivos comunes. Este enfoque progresivo, que acumula aprendizajes y evita retrocesos, ha permitido consolidar una senda de transformación energética con continuidad institucional y dirección estratégica.

Arquitectura institucional

En lo que respecta a la arquitectura institucional, China coordina su transición energética a través de una estructura altamente centralizada que articula planificación económica y ejecución sectorial. Los dos organismos centrales en este entramado son la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma (NDRC)⁵² y la Administración Nacional de Energía (NEA)⁵³. La NDRC, en su calidad de principal órgano de planificación económica del país, cumple funciones de orientación estratégica, definiendo las metas del desarrollo nacional y asegurando la coherencia entre las políticas energéticas y los objetivos macroeconómicos. La NEA, por su parte, opera como agencia especializada en la regulación y ejecución de las políticas energéticas, formulando planes específicos para los distintos sectores que componen la matriz energética, incluyendo electricidad, carbón, petróleo, gas natural, energía nuclear y fuentes renovables.

A su vez, otros ministerios desempeñan funciones clave, como el Ministerio de Finanzas (MOF)⁵⁴ que impulsa los estímulos verdes y canaliza recursos hacia proyectos sostenibles, mientras que el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información (MIIT)⁵⁵ promueve el desarrollo de industrias emergentes con baja huella de carbono. A este entramado se suma el Ministerio de Ciencia y Tecnología, que desempeña un papel central en la definición de prioridades nacionales en investigación y desarrollo. Este ministerio gestiona instrumentos estratégicos como el Programa 863 para tecnologías de alta complejidad, el Programa 973 para investigación básica y el Programa Torch, orientado a la industrialización de innovaciones. Además, lidera la coordinación interministerial en sectores tecnológicos estratégicos, articulando esfuerzos junto a la NDRC y el MIIT para garantizar una implementación eficaz de políticas de innovación autóctona (Liu, 2008).

El sistema institucional chino también se caracteriza por su estrecha vinculación con institutos de investigación gubernamentales y

⁵² <https://en.ndrc.gov.cn/>

⁵³ <https://www.nea.gov.cn/>

⁵⁴ <https://www.mof.gov.cn/en/>

⁵⁵ <https://www.miit.gov.cn/>

universidades públicas, que actúan como proveedores tecnológicos clave para el sector productivo. En una primera etapa, esta red permitió externalizar la I+D de empresas locales con baja capacidad tecnológica, facilitando su inserción en sectores intensivos en conocimiento. Aunque el objetivo de largo plazo ha sido posicionar a las empresas como protagonistas del ecosistema innovador, el Estado continúa promoviendo un modelo mixto, donde universidades y centros de investigación cumplen un rol protagónico en la producción de conocimiento aplicable a la industria (Liu, 2008).

Finalmente, la arquitectura institucional china se ha orientado también a la construcción de soberanía tecnológica mediante políticas de estandarización nacional. La promoción de estándares propios, como en el caso del sistema TD-SCDMA en telecomunicaciones, fue acompañada por decisiones regulatorias que protegieron temporalmente el desarrollo doméstico (Liu, 2008).

Financiamiento

China ha construido un sólido marco de finanzas verdes, orientado a movilizar capital hacia proyectos sostenibles. Para ello, estableció desde hace tiempo una taxonomía oficial que define con claridad qué actividades se consideran “verdes”, permitiendo así canalizar los recursos del sistema financiero hacia inversiones limpias (Cheng Lin, 2022). Esta taxonomía ha ido evolucionando con el tiempo y originalmente se estructuraba en torno a tres instrumentos principales.

El primero fue la taxonomía de bonos verdes. El mercado de bonos verdes de China se lanzó oficialmente en 2015 por parte del Banco Popular de China (PBoC, por sus siglas en inglés), y desde entonces se publicaron diversos catálogos de proyectos aprobados que ofrecían un marco y directrices claras para orientar las emisiones. La última actualización de este catálogo, realizada en 2021, clasificó los proyectos según distintas categorías industriales, determinando con mayor precisión qué usos de fondos podían considerarse “verdes” dentro del mercado financiero (Climate Cooperation China, 2020).

En paralelo, la Comisión Nacional de Desarrollo y Reformas (NDRC, por sus siglas en inglés) introdujo en 2019 el Catálogo de Industrias Verdes, concebido como un modelo estándar para la clasificación de actividades sostenibles a nivel de ministerios y comisiones. Este catálogo cumplía un rol más amplio que el de los bonos, al orientar la inversión y la política

industrial hacia sectores de menor impacto ambiental (Green Finance and Development Center, 2023).

Por su parte, en junio de 2022, la Comisión Reguladora de la Banca y los Seguros de China (CBIRC, por sus siglas en inglés) publicó las Directrices para las Finanzas Verdes en el Sector Bancario y de Seguros, que pusieron a las finanzas verdes en un lugar estratégico dentro del sistema financiero. Estas directrices extendieron el alcance de las finanzas verdes más allá del crédito, incorporando actividades como la suscripción de seguros y la gestión de activos, y promovieron la inclusión de los factores ambientales, sociales y de gobernanza dentro de los sistemas de gestión y de riesgos de las entidades (Green Finance and Development Center, 2023).

Sin embargo, estos instrumentos estaban a cargo de distintos departamentos gubernamentales, por lo que diferían en estructura, terminología y métodos de clasificación (Dialogue Earth, 2025). Esta fragmentación motivó que en agosto de 2025 se presentara una actualización integral de la taxonomía verde, mediante la publicación de un nuevo catálogo de proyectos respaldados por las finanzas verdes. Esta reforma busca consolidar en un solo marco los criterios previamente dispersos, otorgando mayor coherencia al sistema y fortaleciendo la capacidad del mercado financiero para dirigir recursos hacia la transición (Green Central Banking, 2025).

El país ha implementado una amplia gama de instrumentos financieros, entre ellos préstamos y bonos verdes, fondos de capital e incluso seguros especializados, con el objetivo de cubrir las distintas necesidades de los proyectos sostenibles. Gracias a esta estructura, China se ha posicionado como líder mundial en la emisión de bonos y préstamos verdes, con más de 30 billones de Yuanes (RMB) en préstamos y 2,5 billones de RMB en bonos (World Economic Forum, 2024).

Desde 2017, China ha impulsado un creativo modelo de zonas piloto de finanzas verdes que funcionan como verdaderos laboratorios de innovación en su transición hacia una economía baja en carbono. Estas zonas, creadas por el Banco Popular de China junto con otros organismos gubernamentales, permiten ensayar a nivel local distintos incentivos, instrumentos financieros y mecanismos regulatorios antes de aplicarlos a escala nacional. Esta estrategia de prueba y ajuste ha dado resultados notables, donde las zonas piloto han registrado un crecimiento sostenido en préstamos y bonos verdes, superando ampliamente el promedio nacional. Más que simples ensayos regionales, se consolidaron como espacios de aprendizaje institucional y como un modelo de cómo las

políticas financieras pueden adaptarse progresivamente para apoyar los objetivos de desarrollo sostenible del país (Green Central Banking, 2022).

La selección de las zonas piloto respondió a criterios vinculados con la estructura económica, el nivel de desarrollo, la dotación de recursos naturales y la ubicación geográfica, buscando captar la diversidad de oportunidades y desafíos que enfrentan las distintas regiones de China. Por ello, las prioridades en innovación dentro de sus agendas locales de finanzas verdes varían entre las nueve zonas designadas (Green Central Banking, 2022).

Entre ellas destaca la ciudad de Huzhou, en el este del país dentro de la provincia de Zhejiang, reconocida tanto por su paisaje ecológico como por su herencia cultural. En los últimos años, Huzhou ha sobresalido por sus avances en innovación financiera, desarrollo de tecnología financiera (fintech) y establecimiento de estándares en materia de finanzas verdes (Green Central Banking, 2022). En esta ciudad se han desarrollado instrumentos como préstamos para promover la generación de energía solar y mejorar la eficiencia energética de los hogares rurales, así como seguros que facilitan el acceso de las PYMES locales a la financiación verde. También se han implementado seguros indexados para proteger cultivos clave frente a los impactos de fenómenos meteorológicos extremos, incluidas sequías e inundaciones (Green Central Banking, 2022).

Marco normativo

En materia normativa, la legislación china ha evolucionado de manera sostenida para acompañar e impulsar la transición energética del país. Un punto de inflexión fue la promulgación de la Ley de Energías Renovables⁵⁶ en 2005, que consolidó la prioridad estatal otorgada al desarrollo de fuentes limpias (UNCTAD, 2023). Esta ley sentó las bases del marco regulatorio para las energías renovables, complementada luego por el Plan de Desarrollo de Energías Renovables a Mediano y Largo Plazo⁵⁷, publicado en 2007, y por los Planes Quinquenales, que funcionan como instrumentos de planificación clave para promover la inversión y el uso de energías renovables (UNCTAD, 2023).

La enmienda de 2009 fortaleció este marco mediante la creación del Fondo de Desarrollo de Energías Renovables, financiado por un recargo a la red eléctrica, destinado a apoyar la expansión y adopción de

⁵⁶ <https://chinaenergyportal.org/renewable-energy-law-2009-amendment-consolidated-text/>

⁵⁷ <https://policy.asiapacificenergy.org/node/42>

tecnologías limpias (UNCTAD, 2023). Asimismo, la ley introdujo mecanismos de tarifas feed-in (FITs)⁵⁸ garantizadas, inicialmente aplicadas a la energía eólica bajo un sistema de precios “guiados por el gobierno”. Con el tiempo, este modelo evolucionó hacia esquemas de licitación competitiva, generando precios más estandarizados y transparentes, definidos generalmente a nivel provincial (UNCTAD, 2023).

El Plan de Desarrollo a Mediano y Largo Plazo fijó además objetivos concretos como elevar la participación de las energías renovables en el consumo total del país del 7,5 % en 2005 al 10% en 2010, y alcanzar un 16% en 2020. Dentro de este marco, la energía eólica fue identificada como una de las fuentes prioritarias, estableciéndose metas específicas de expansión hasta 2020 (UNCTAD, 2023).

Por último, en 2025 entró en vigor la nueva Ley de Energía de la República Popular China⁵⁹, el primer marco normativo integral que regula de manera unificada todo el sistema energético nacional. La norma refuerza el principio de seguridad energética verde, articulando la necesidad de garantizar el suministro con los objetivos de descarbonización y sostenibilidad. Asimismo, promueve el desarrollo y la integración de fuentes limpias, incorporando por primera vez al hidrógeno como fuente energética estratégica, junto con otras tecnologías emergentes. La ley también impulsa una planificación energética coordinada y de largo plazo, orientada a optimizar la estructura de consumo, aumentar la eficiencia energética y consolidar el liderazgo de China en la transición hacia un modelo bajo en carbono.

Ahora bien, más allá de su contribución directa a la expansión de las energías renovables, el marco normativo chino ha operado como un instrumento clave para articular los objetivos de descarbonización con una estrategia más amplia de desarrollo industrial. En este sentido, la legislación energética establece señales de largo plazo que favorecen la formación de capacidades productivas nacionales en sectores tecnológicos estratégicos asociados a la transición energética.

Un elemento central de esta articulación es la Ley de Conservación de la Energía (Energy Conservation Law of the People’s Republic of China)⁶⁰, promulgada originalmente en 1997 y reformada en 2007. Esta norma introduce estándares obligatorios de eficiencia energética para sectores

⁵⁸ Una tarifa feed-in ofrece a los productores de energía un precio garantizado, superior al del mercado, por la electricidad que suministran a la red. El objetivo de las FIT es hacer que los proyectos de energía renovable sean financieramente atractivos mediante contratos a largo plazo y precios fijos, lo que ayuda a reducir los riesgos asociados a estas inversiones.

⁵⁹ https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202411/content_6985761.htm

⁶⁰ https://english.mee.gov.cn/Resources/laws/envir_elatedlaws/201712/P020171212569843009546.pdf

industriales intensivos en energía, habilita mecanismos de control y evaluación del desempeño energético de las empresas, y promueve la modernización tecnológica de los procesos productivos. De este modo, la eficiencia energética se incorpora como un criterio regulatorio que impulsa la reconversión industrial y la adopción de tecnologías más avanzadas, alineando objetivos ambientales con ganancias de productividad.

Asimismo, el marco normativo energético se complementa con estrategias industriales explícitas orientadas a consolidar industrias verdes de alto valor agregado. En particular, la política de Industrias Estratégicas Emergentes (Strategic Emerging Industries), lanzada en 2010, identifica a las energías renovables, los vehículos eléctricos, el almacenamiento energético y las tecnologías limpias como sectores prioritarios para el desarrollo nacional. A través de subsidios, financiamiento preferencial, apoyo a la investigación y desarrollo y mecanismos de compras públicas, esta política refuerza el vínculo entre el sector energético y la política industrial, favoreciendo la creación de cadenas de valor domésticas vinculadas a la transición energética (Zhang et al., 2025).

En la misma línea, la estrategia Made in China 2025⁶¹, formalizada por el Consejo de Estado en mayo de 2015 como política industrial estratégica para elevar la competitividad de la manufactura china, refuerza el rol del marco normativo como herramienta de transformación productiva. Aunque no es una ley energética per se, su documento rector identifica sectores prioritarios para el desarrollo tecnológico y productivo, entre los que se incluye a sectores vinculados a la transición energética y establece metas para incrementar el contenido tecnológico y la participación nacional en cadenas de valor clave. El plan impulsa la modernización industrial a través de instrumentos como el apoyo a la innovación, el fortalecimiento de capacidades tecnológicas locales y la promoción de industrias avanzadas, lo que ha contribuido a que la expansión de las energías renovables funcione también como un motor de aprendizaje tecnológico y escalamiento industrial de empresas chinas en mercados globales.

Finalmente, un ejemplo clave de esta articulación normativa es el marco regulatorio para los vehículos de nueva energía (New Energy Vehicles, NEV)^{62,63}, desarrollado progresivamente desde fines de la década de 2000. A través de incentivos económicos y regulatorios, cuotas obligatorias para fabricantes, estándares técnicos y regulaciones de

⁶¹ https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/qt/201505/t20150520_967388.html

⁶² <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/gg/200710/W020190905487654090050.pdf>

⁶³ https://theicct.org/sites/default/files/publications/China-NEV-mandate_ICCT-policy-update_20032018_vF-updated.pdf

acceso al mercado, el Estado chino combinó objetivos de reducción de emisiones con una política activa de desarrollo industrial. Este esquema permitió no solo acelerar la adopción de tecnologías limpias en el transporte, sino también consolidar un ecosistema industrial doméstico en torno a la electromovilidad y el almacenamiento energético⁶⁴.

Estos instrumentos normativos evidencian que la estrategia china no concibe la transición energética como un proceso aislado, sino como parte de un proyecto más amplio de industrialización verde, en el cual la regulación energética, la política industrial y la innovación tecnológica se refuerzan mutuamente.

Articulación internacional

China ha consolidado su liderazgo en la transición energética global mediante una serie de acuerdos internacionales que complementan y refuerzan su modelo interno. Desde su adhesión al Acuerdo de París en 2016, el país ha integrado sus compromisos de reducción de emisiones en su planificación quinquenal y en sus políticas de financiamiento verde, asegurando que los objetivos nacionales se alineen con los estándares internacionales. A través de la Iniciativa de la Franja y la Ruta Verde⁶⁵, el país promueve activamente proyectos renovables en terceros países, como el acuerdo firmado con Islandia en 2025 para fomentar el desarrollo geotérmico y de energías limpias, o los acuerdos con Pakistán por más de 8.500 millones de dólares destinados a infraestructura energética sostenible y movilidad eléctrica (Reuters, 2025; Associated Press, 2025).

Un componente central de esta articulación ha sido el diseño de un marco institucional orientado a maximizar los beneficios de la inversión extranjera directa. La estrategia de “mercado por tecnología”, vigente desde las reformas de apertura, permitió condicionar el acceso al mercado interno chino a la conformación de empresas conjuntas y al traspaso de conocimientos técnicos y de gestión hacia firmas locales. A diferencia de modelos cerrados de desarrollo, China construyó una arquitectura abierta pero estratégicamente regulada, que facilitó efectos de derrame y aprendizaje acumulativo a partir de la inversión extranjera. Este enfoque permitió acelerar la absorción tecnológica, especialmente en

⁶⁴ <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/gg/200710/W020190905487654090050.pdf>

⁶⁵ La Iniciativa de la Franja y la Ruta Verde (Green Belt and Road Initiative) constituye la dimensión ambiental de la Iniciativa de la Franja y la Ruta impulsada por China desde 2013. Promueve la incorporación de criterios de sostenibilidad en los proyectos de infraestructura y financiamiento vinculados a dicha iniciativa, priorizando inversiones en energías limpias, transporte sostenible y gestión ambiental.

sectores como la manufactura avanzada, la industria energética y la movilidad eléctrica (Liu, 2008).

/ Arg

/ 2025

Conclusiones



Latam
Lab

Conclusiones

El análisis comparado de experiencias internacionales y regionales permite identificar una serie de patrones comunes que explican el éxito relativo de distintas estrategias de desarrollo tecnológico vinculadas a la transición energética. A través del estudio comparado, se observa la importancia de contar con una planificación estratégica de largo plazo, sostenida por una estabilidad macroeconómica que permita orientar inversiones, alinear actores y mantener continuidad institucional.

Entre los tipos de políticas más efectivas se destacan los instrumentos regulatorios con metas claras, los acuerdos bilaterales de cooperación tecnológica, los mecanismos de financiamiento público y los programas integrales de I+D+i que articulan universidades, agencias estatales y sector privado. En todos los casos, el rol del Estado fue central, ya sea como coordinador estratégico, financista o productor directo de tecnología.

Los factores habilitantes más relevantes fueron una arquitectura institucional robusta, con capacidad de coordinación interinstitucional, la existencia de agencias especializadas en innovación y energía, y la presencia de alianzas público-privadas estables. Estas condiciones facilitaron la apropiación local del conocimiento, la generación de capacidades y la inserción productiva en cadenas de valor emergentes.

Sin embargo, los casos también muestran diferencias sustantivas en la forma en que la transición energética se articuló con estrategias de desarrollo productivo. China constituye un ejemplo paradigmático de una transición energética integrada a una estrategia de industrialización verde, en la que la rápida incorporación de energías renovables fue acompañada por el desarrollo de capacidades tecnológicas propias, permitiendo consolidar industrias nacionales competitivas y reducir los costos globales de las tecnologías limpias. Este enfoque explica su impacto no solo a nivel doméstico, sino también en la configuración del mercado energético internacional.

En contraste, el caso chileno evidencia un avance significativo en la incorporación de energías renovables y en la construcción de marcos regulatorios alineados con los compromisos climáticos internacionales, aunque sin lograr articular de manera sistemática estos avances con una estrategia de industrialización verde orientada a la agregación de valor y el desarrollo tecnológico. Por su parte, Brasil y Noruega presentan trayectorias intermedias, combinando la expansión de energías renovables con distintos grados de desarrollo industrial y tecnológico asociado, apoyados en capacidades estatales, empresariales y científicas preexistentes.

En este sentido, los casos analizados muestran que el aprovechamiento efectivo de las ventanas verdes de oportunidad no depende únicamente de la expansión de energías renovables, sino de la capacidad de integrarlas dentro de estrategias de desarrollo tecnológico e industrial coherentes. Si bien América Latina presenta avances relevantes en materia de transición energética, persisten brechas estructurales en términos de capacidades productivas, escala de financiamiento y continuidad institucional frente a países de referencia, lo que condiciona su potencial para transformar la transición energética en una palanca sostenida de desarrollo.

Referencias

Agencia FAPESP (2016). El proalcohol es una de las mayores realizaciones científicas de Brasil. Disponible en: <https://agencia.fapesp.br/el-proalcohol-es-una-de-las-mayores-realizaciones-cientificas-de-brasil/24535>

Associated Press (2025). Pakistan prime minister signs \$8.5 billion in investment deals with China. Disponible en: <https://apnews.com/article/pakistan-china-investment-agreement-beijing-70ca7b7098c11acf9a9d520328476c68>

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (2010). Diretrizes do BNDES para mudança climática: Compromissos e desafios para uma transição justa. Disponible en: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/23806/1/PRFol_216009_Diretrizes%20do%20BNDES%20para%20mudan%c3%a7a%20clim%c3%a1tica.pdf

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (2017). Plano Inova Empresa. Disponible en: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/plano-inova-empresa>

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (2017). Plano Inova Energia. Disponible en: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/plano-inova-empresa/plano-inova-energia>

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (2010). The BNDES. Disponible en: https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_en/Institucional/The_BNDES/

Corporación Nacional del Cobre de Chile - Codelco (2023). Codelco crea dos filiales para el negocio del litio. Disponible en: <https://www.codelco.com/codelco-crea-dos-filiales-para-el-negocio-del-litio>

Corporación Nacional del Cobre de Chile - Codelco (2024). Codelco y SQM firman acuerdo para asociación que da a Chile liderazgo en el mercado mundial de litio. Disponible en: <https://www.codelco.com/codelco-y-sqm-firman-acuerdo-para-asociacion-que-da-a-chile-liderazgo-en>

Cortez, L., Nogueira, L., Leal, M. y Baldassin Junior, R. (2016). 40 Years of the Brazilian Ethanol Program (Proálcool): Relevant Public Policies and Events Throughout Its Trajectory and Future Perspectives. Disponible en:

https://bioenfapesp.org/gsb/lacaf/documents/papers/05_ISAF_2016_Cortez_et_al.pdf

Delaunay, D. (2007). Los biocarburantes en Brasil. Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/nt/692/692070/692070es.pdf

Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional S.A - ENBpar (2023). PROINFA. Disponible en: <https://enbpar.gov.br/areas-de-atuacao/programas-setorias/proinfa/>

Engen, O. (2009): "The Development of the Norwegian Petroleum Innovation System: A Historical Overview", en Fagerberg, Mowery y Verspagen (2009), capítulo 7.

Estay, P. (2023). Intercambio científico y tecnológico: Chile-China. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Programa Asia Pacífico. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1lppmCsePrv-G55qmFE9PPYRStGdSXqrM/view>

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP (2015). O que é o Programa Inova. Disponible en: <http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/historico-de-programa/programas-inova/o-que-e-o-programa-inova>

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP (2015). O que apoiamos. Disponible en: <http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/o-que-apoiamos>

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP (2020). Finep - Financiadora de Estudos e Projetos. Disponible en: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/composicao/rede-mcti/financiadora-de-estudos-e-projetos>

Fu, X. y Xiong, H. (2011). Open Innovation in China: Policies and Practices. TMD Working Paper Series No. 044. University of Oxford, Department of International Development.

Gulbrandsen, M. y Nerdrum, L. (2009): "Public Sector Research and Industrial Innovation in Norway: A Historical Perspective", en Fagerberg, Mowery y Verspagen (2009), capítulo 3.

Hochstetler, K. (2020). Political Economies of Energy Transition: Wind and Solar Power in Brazil and South Africa. Cambridge: Cambridge University Press.

International Energy Agency - IEA (2024). Programme of Incentives for Alternative Electricity Sources - Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA. Disponible en: <https://www.iea.org/policies/4019-programme-of-incentives-for-alternative-electricity-sources-programa-de-incentivo-a-fontes-alternativas-de-energia-eletrica-proinfa>

Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI (2022). Mapeamento de Patentes de Tecnologias Nacionais Relacionadas a Fontes Renováveis: Biocombustíveis. Disponible en: https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/copy_of_RadarTecnologico_publicao_Biocombustveis_12_09_22.pdf

Lebdoui, A. (2024). Survival of the greenest: How to turn climate change into an industrial policy opportunity. UNCTAD Research Paper.

Lie, E. (2011): "The Norwegian state and the oil companies", en Alain Beltran (ed.), Oil producing countries and oil companies, Berna: Peter Lang Publishing.

Liu, X. (2008). China's Development Model: An Alternative Strategy for Technological Catch-Up. SLPTMD Working Paper Series No. 020. University of Oxford, Department of International Development.

Meller, P. y Gana, J. (2015). El cobre chileno como plataforma de innovación tecnológica. CAF. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1TPH1Lw34kYCBnNVhf3JtmfjmQmrGuPyS/view>

Moses, J. W. (2010): "Foiling the resource curse: wealth, equality, oil and the Norwegian state", en Edigheji, O. (2010), Constructing a democratic and developmental state in South Africa: potentials and challenges, Ciudad del Cabo: HSRC Press.

Njølstad, O. (1999): Strålende forskning. Institutt for energiteknikk 1948–98 [La investigación brillante: el Instituto de Tecnología en Energía, 1948-1998], Oslo: Tano Aschehoug.

Reuters (2025). China, Iceland to boost geothermal, green energy cooperation, joint statement says. Disponible en: <http://reuters.com/sustainability/climate-energy/china-iceland-boost-geothermal-green-energy-cooperation-joint-statement-says-2025-10-14/>

Sant'Anna, A. y Maccari, E. (2017). Internationalisation of innovation as a propeller of the relational capability of a subsidiary: the case of Siemens Brasil. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1pGcvnqQTQ_XtOYQWYBjBmLqgSLsJAh8D/view

Schteingart, Daniel. (2017). Tesis doctoral - "Especialización productiva, capacidades tecnológicas y desarrollo económico: trayectorias nacionales comparadas y análisis del caso noruego desde mediados del siglo XX". 10.13140/RG.2.2.27218.07360.

UNCTAD (2023). China's Policy Strategies for Green Low-Carbon Development: Perspective from South-South Cooperation. Disponible en: https://unctad.org/system/files/official-document/gds2023d6_en.pdf

Wicken, O. (2009): "Policies for Path Creation: The Rise and Fall of Norway's Research-Driven Strategy for Industrialization", en Fagerberg, Mowery y Verspagen (2009), capítulo 4.

Wirth, E. (2014): "Breve historia y organización de la industria petrolera noruega", Seminario de Desarrollo y Energía, Departamento de Economía Aplicada, Universidad Complutense de Madrid.

Xiaoming, Z., Weijie, L., Di, X. (2025). Strategic emerging industries and innovation: Evidence from China, International Review of Economics & Finance. Volume 98, 103858, ISSN 1059-0560. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.103858>