

TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA

Escenarios Perú





Transición Energética Justa / Escenarios Perú

© CAF-banco de desarrollo de América Latina y el Caribe- 2024

CORPORACION ANDINA DE FOMENTO- Av. Luis Roche, Torre CAF Urb. Altamira, Caracas (Chacao) Miranda 1060, Venezuela. RIF: G200015470

Contribución de CAF a la Facilidad Climática del Club Internacional de Bancos para el Desarrollo

Informe coordinado por la Gerencia de Acción Climática y Biodiversidad Positiva (GACBP), la Gerencia de Conocimiento (GC) y la Gerencia de Infraestructura Física y Transformación Digital (GIFTD).

Edgar Salinas, ejecutivo principal, Dirección de Operaciones y Financiación Verde (GACBP).

Walter Cont, ejecutivo sénior, Dirección de Análisis Sectorial (GC).

Juan Ríos, ejecutivo principal, Dirección de Transportes y Energía (GIFTD).

Autores

El equipo de GME estuvo compuesto, en orden alfabético, por Agustín Ghazarian, Coline Champetier, Darío Quiroga, Francisco Baqueriza, Nicolás Barros, Laura Souilla, Ramón Sanz y Roberto Gomelsky.

Los autores agradecen a Edgar Salinas, Walter Cont y Juan Ríos por los comentarios, las sugerencias y el apoyo para el desarrollo de este documento.

Gestión Editorial

Dirección de Comunicación Estratégica de CAF.

Diseño gráfico universal neuroinclusivo, que contempla los principios de accesibilidad y visualización para lectores neurodivergentes.

CLEIMAN - <https://cleiman.com>

Fotografías

Portada: ©AdobeStock

Internas: © CAF - © Pexels

Versión digital disponible en scioteca.caf.com con acceso abierto bajo la licencia Deed - Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional - Creative Commons



Las ideas y opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de CAF ni comprometen a la Organización. Los términos empleados y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican toma alguna de posición de parte de CAF en cuanto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o regiones ni respecto de sus autoridades, fronteras o límites.

Transición Energética Justa

Escenarios Perú

ÍNDICE



Lista de abreviaciones **19**

Introducción **21-25**

1. Objetivo general 22

2. Objetivos específicos 23

3. Organización de la serie Transición Energética Justa 24

4. Aspectos organizativos 25

5. Escenarios: Perú 26

Capítulo 1 Diagnóstico y línea base

26-88

1. Caracterización general

29

Aspectos socioeconómicos	29
Indicadores socioeconómico-energéticos	33
Intensidad energética de la economía	33
Consumo per cápita	34
Precios locales	35
Aspectos energéticos	36
Reservas y oferta total de combustibles (producción, importación y exportación)	36
Consumo final por fuentes y sectores	40
Perfil climático	43
Escenarios de cambio climático y riesgos para el sector energía	43
Contribución GEI año base	44
Compromisos nacionales (NDC y Acuerdo de París)	47

2. Aspectos institucionales, regulatorios y de políticas públicas

49

Gobierno sectorial	49
Principales conceptos regulatorios	50
Aspectos de políticas públicas	51
Políticas de eficiencia energética	51
Políticas de precios, subsidios e incentivos	53
Creación de un mercado de carbono	55

3. Balance energético, 2019 y 2022

56

4. Evolución de la demanda energética por sector y fuentes

58

Sector residencial	58
Sector comercial, servicios y público	61
Sector industrial	64
Sector transporte	66
Demanda por fuente	66
Parque automotor y consumos por tipo	69
Sector agropecuario, pesca, minería y construcción	73

5. Comercio exterior

75

6. El sector eléctrico

77

Demanda eléctrica	77
Capacidad instalada	79
Generación eléctrica	81

7. Redes eléctricas y gasoductos existentes

83

8. Conclusiones

87

Capítulo 2 Metodología de proyección energética

89-105

1. Año base y horizonte de planeamiento 90

2. Modelado de proyección 91

Descripción general	91
Demanda por sector	93
Sector residencial	93
Sector comercial, servicios y público	94
Sector industrial	94
Sector transporte	95
Sector aéreo, marítimo y fluvial, y ferroviario	97
Sector agropecuario, pesca, minería y construcción	98
Sector eléctrico	98

3. Escenarios y marco global 101

Definición de los escenarios	101
Proyecciones de las variables socioeconómicas	102
PIB per cápita y PIB	102
Población	103

4. Principales premisas, del sector energía 104

Capítulo 3 Escenarios de transición

106-164

1. Resultados globales 107

Emisiones por sector	107
Demanda energética por sector	110
Demanda energética por fuente	113
Intensidad energética y ambiental	116

2. Resultados y premisas por sector 118

Sector residencial	118
Sector comercial, servicios y público	122
Sector industrial	126
Proyecciones por ramas	126
Resultados	129
Sector transporte	133
Transporte carretero de pasajeros	133
Transporte carretero de cargas	135
Transporte aéreo, naval y ferroviario	136
Resultados	137
Sector agropecuario, pesca, minería y construcción	143
Sector eléctrico	146

3. Financiamiento de la transición energética 152

Inversiones totales	152
Sector eléctrico	156
Usos finales	160

4. Principales indicadores de la transición

164

Capítulo 4 Hoja de ruta de una transición energética justa Recomendaciones

166-180

1. El entorno para la transición

166

Las proyecciones	166
Las implicancias para las políticas públicas	168
Etapa I – Preparación	168
Etapa II – Implantación	172
Etapa III – Desarrollo	174

2. La hoja de ruta

176

Trabajos citados

181

TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1.

Indicadores socioeconómicos 29

Tabla 2.

Precios de los principales energéticos de Perú, corte 2020 36

Tabla 3.

Reservas de combustibles, potencial hidroeléctrico e infraestructuras, 2019 37

Tabla 4.

Recursos eólico y solar 37

Tabla 5.

Mapeo de instituciones del sector energético 49

Tabla 6.

Principales conceptos regulatorios por sector y segmento 50

Tabla 7.

Eficiencia energética en Perú 52

Tabla 8.

Cantidad de vehículos carreteros total y por tipo, 2019 69

Tabla 9.

Consumo por tipo de transporte y por tipo de combustible, 10³ TJ y %, 2019 71

Tabla 10.

Indicadores socioeconómicos y TCMC entre 2019 y 2060 (%) 103

Tabla 11.

Consumo final y propio por escenario, miles de TJ y TCMC (%) 113

Tabla 12.

Indicadores por horizonte de tiempo y escenario **164**

Tabla 13.

Hoja de ruta a ser promovida desde CAF **177**

Gráfico 1.

PIB y tasa de crecimiento anual, MUSD constantes de 2010 y % **30**

Gráfico 2.

PIB por sector, 2021, % **31**

Gráfico 3.

PIB per cápita, USD constantes de 2010 per cápita **32**

Gráfico 4.

Incidencia de la pobreza y de la pobreza extrema por año, % **33**

Gráfico 5.

Consumo final total versus intensidad energética final, 10³ TJ y GJ/MUSD constantes de 2010 **34**

Gráfico 6.

Consumo final total versus consumo final per cápita, 10³ TJ y GJ per cápita **35**

Gráfico 7.

Recurso solar potencial (kWh/kWp) y velocidad media del viento a 100 m (m/s) **37**

Gráfico 8.

Producción, importación y exportación por principales fuentes, 2019, 10³ TJ **39**

Gráfico 9.

Evolución de las reservas probadas de petróleo, gas natural y carbón, 10³ TJ **40**

Gráfico 10.

Consumo final por sectores, 10³ TJ **41**

Gráfico 11.

Consumo final por fuentes **42**

Gráfico 12.

Emissiones totales netas, MtCO₂e **45**

Gráfico 13.

Emissiones del sector energía estimadas, por sector y por fuente, MtCO₂e, 2019 **46**

Gráfico 14.

Balance energético, año 2019 **56**

Gráfico 15.

Balance energético, año 2022 **57**

Gráfico 16.

Sector residencial: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ **59**

Gráfico 17.

Sector residencial: consumo de energía por usos finales, 2013 **61**

Gráfico 18.

Sector comercial y público: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ **62**

Gráfico 19.

Sector comercial y público: consumo de energía por usos finales, 2013 **63**

Gráfico 20.

Sector industrial: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ **65**

Gráfico 21.

Sector industrial: consumo de energía por usos finales, 2013 **66**

Gráfico 22.

Sector transporte: evolución del consumo final por fuentes y año 2019, 10³ TJ **67**

Gráfico 23.

Parque de vehículos versus PIB per cápita, entre 2010 y 2019 **70**

Gráfico 24.

Sector transporte: consumo final por tipo y por combustible, 10³ TJ **72**

Gráfico 25.

Otros sectores: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ **73**

Gráfico 26.

Reservas, producción y consumo de petróleo, MMBL **75**

Gráfico 27.

Reservas, producción y consumo de gas natural, TCM **76**

Gráfico 28.

Consumo final eléctrico por sector, entre 2000 y 2019, y el año 2019, GWh **77**

Gráfico 29.

Capacidad instalada entre 2000 y 2020, MW **79**

Gráfico 30.

Capacidad instalada por fuente, 2019, % **80**

Gráfico 31.

Generación de electricidad por fuente entre 2001 y 2020, GWh y 10³ TJ **81**

Gráfico 32.

Generación de electricidad por fuente entre 2001 y 2020, %, e índice de emisiones de CO₂ del sector eléctrico, g/kWh **82**

Gráfico 33.

Sistema Eléctrico Interconectado Nacional 2021, Perú **84**

Gráfico 34.

Red de transporte de gas natural de Lima y Callao, 2022, Perú **85**

Gráfico 35.

Sectores, niveles de actividad y variables explicativas **92**

Gráfico 36.

Emisiones directas (consumo final y generación) por sector (MtCO₂e) **108**

Gráfico 37.

Consumo final y propio, por sector y escenario (miles de TJ) **111**

Gráfico 38.

Consumo final y consumo propio, por fuente y escenario (miles de TJ) **114**

Gráfico 39.

Intensidad energética unitaria (2019=1), miles de TJ/MUSD PPP 2017 (izquierda) y miles de TJ/cápita (derecha) **116**

Gráfico 40.

Intensidad ambiental unitaria (2019=1), tCO₂e/miles de USD PPP 2017 (izquierda) y tCO₂e/cápita (derecha) **117**

Gráfico 41.

Sector residencial: resultados por combustible y por escenario (10³ TJ) **119**

Gráfico 42.

Sector residencial: emisiones directas por escenario (MtCO₂e) **121**

Gráfico 43.

Sector CSP: resultados por combustible y por escenario (10³ TJ) **123**

Gráfico 44.

Sector CSP: emisiones directas por escenario (MtCO₂e) **125**

Gráfico 45.

Sector industrial: consumo energético por subsector industrial, 2019 (%) **127**

Gráfico 46.

Sector industrial: consumo energético de combustible fósil por uso para principales subsectores (%) **128**

Gráfico 47.

Sector industrial: evolución por escenario para principales usos en las ramas más relevantes de la industria (%) **129**

Gráfico 48.

Sector industrial: consumo final por combustibles y por escenario (10³ TJ) **130**

Gráfico 49.

Sector industrial: emisiones directas por escenario, MtCO₂e **132**

Gráfico 50.

Cantidad de vehículos privados por 1.000 habitantes y participación de motos (%) **134**

Gráfico 51.

Cantidad de vehículos de carga total **135**

Gráfico 52.

Transporte: consumo final por tipo/combustibles y por escenario (10³ TJ) **137**

Gráfico 53.

Consumo final del transporte carretero de pasajeros y de cargas, por combustibles y por escenario (10³ TJ) **140**

Gráfico 54.

Sector transporte: emisiones directas por escenario (MtCO₂e) **142**

Gráfico 55.

Resultados del sector agropecuario, pesca, minería y construcción, por escenario (10³ TJ) **144**

Gráfico 56.

Sector agropecuario, pesca, minería y construcción: emisiones directas por escenario (MtCO₂e) **145**

Gráfico 57.

Proyección de la capacidad instalada por fuente y por escenario (GW) **147**

Gráfico 58.

Proyección de la generación eléctrica por fuente y por escenario (TWh) **150**

Gráfico 59.

Inversión estimada anual (millones de USD) **153**

Gráfico 60.

Inversión estimada anual total en % del PIB (%) **155**

Gráfico 61.

Sector eléctrico: inversiones acumuladas en el período de transición (miles de millones de USD) **157**

Gráfico 62.

Sector eléctrico: inversiones promedio anuales por tipo (millones de USD) **158**

Gráfico 63.

Sector eléctrico: inversiones anuales por período (millones de USD/año) **159**

Gráfico 64.

Usos finales: inversiones acumuladas en el período de transición (miles de millones de USD) **161**

Gráfico 65.

Transporte carretero: inversiones anuales por período (millones de USD-año) **162**

Gráfico 66.

Usos finales: inversiones promedio anuales por tipo (millones de USD) **163**

Gráfico 67.

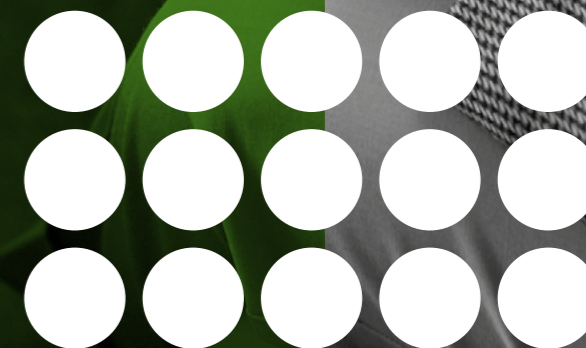
Hoja de ruta: etapas **55**

Lista de abreviaciones

- ACS** agua caliente sanitaria
- AFOLU** agricultura, ganadería, forestación y otros usos del suelo (*agriculture, forestry and other land use*)
- AIE** Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency [IEA])
- AMI** infraestructura de medición avanzada (*advanced metering infrastructure*)
- BAU** *Business as usual*
- CAPEX** gastos de capital (*capital expenditures*)
- CCUS** tecnología de captura, uso y almacenamiento de carbono (*carbon capture, use and storage*)
- CEPAL** Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- CIU** Clasificación Internacional Industrial Uniforme
- CMNUCC** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- COES** Comité de Operación Económica del Sistema
- EE** eficiencia energética
- ENCC** Estrategia Nacional de Cambio Climático
- ERNC** energías renovables no convencionales
- FISE** Fondo de Inclusión Social Energético
- FOSE** Fondo de la Compensación Social Eléctrica
- GEI** gases de efecto invernadero
- GLP** gas licuado de petróleo
- GNC** gas natural comprimido
- GNL** gas natural licuado
- IDH** índice de desarrollo humano
- IRC** índice de riesgo climático global

LEAP	plataforma de análisis de bajas emisiones (<i>low emissions analysis platform</i>) del SEI
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MUSD	millones de dólares
NDC	contribuciones determinadas a nivel nacional (<i>national determined contributions</i>)
NZ	<i>net zero</i>
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
PIB	producto interno bruto
PIBpc	producto interno bruto per cápita
PJ	petajulio (10^{12} J)
PNER	Plan Nacional de Electrificación Rural
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPP	paridad del poder adquisitivo (<i>purchasing power parity</i>)
SEI	Instituto Ambiental de Estocolmo (<i>Stockholm Environment Institute</i>)
sieLAC	Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe
TCMC	tasa de crecimiento medio compuesta (<i>compound anual growth rate</i>)
TEJ	transición energética justa
TJ	terajulio

Introducción



1. Objetivo general

El objetivo general del proyecto fue desarrollar un enfoque metodológico para la definición del concepto de transición energética justa (TEJ) en un contexto nacional, con potencial de aplicación en los países miembro de CAF — banco de desarrollo de América Latina y el Caribe— y evaluar el enfoque propuesto en Brasil, Colombia, México, Perú y República Dominicana.



2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este informe son:

1. definir un enfoque metodológico para el abordaje integral de la transición energética justa en la región;
2. establecer el diagnóstico de los sistemas energéticos y —en particular, eléctricos— nacionales (países objetivo) en el ámbito del proceso de transición energética;
3. definir escenarios nacionales del modelo de desarrollo bajo en carbono de la transición energética en los países objetivo, que incluyan aquellos elementos a electrificarse en sectores energéticos actualmente no atendidos por el sector eléctrico dentro de las prospectivas de requerimientos;
4. modelar las alternativas viables de transición energética en el contexto previamente definido.

3. Organización de la serie Transición Energética Justa

El trabajo para alcanzar los objetivos indicados se desarrolló entre octubre de 2022 y octubre de 2023. La serie se organizó en siete informes.

1. Transición Energética Justa / Marco conceptual para la región, Análisis en el contexto nacional
2. Transición Energética Justa / Premisas de proyección
3. Transición Energética Justa / Escenarios Brasil
4. Transición Energética Justa / Escenarios Colombia
5. Transición Energética Justa / Escenarios México
6. Transición Energética Justa / Escenarios Perú
7. Transición Energética Justa / Escenarios Republica Dominicana

Los informes se organizaron siguiendo el orden alfabético de sus nombres.

4. Aspectos organizativos

Este informe ha sido financiado por CAF y se publica para comunicar los resultados y conclusiones obtenidos a la comunidad interesada en el desarrollo de América Latina. Por consiguiente, el documento no se elaboró siguiendo los procedimientos propios de un documento oficial. Algunas de las fuentes citadas en este informe podrían ser documentos informales de difícil obtención.

Las conclusiones y opiniones expresadas en este informe son exclusivamente las de sus autores y no deben atribuirse a CAF o GME, sus organizaciones afiliadas o sus directores ejecutivos y no reflejan necesariamente sus puntos de vista.

CAF y GME no garantizan la exactitud de los datos incluidos en esta publicación y no aceptan responsabilidad alguna por las consecuencias de su uso. Los colores, bordes, nombres y clasificaciones de cualquier mapa de este informe no implican juicio de CAF sobre la condición jurídica o de otro tipo de los territorios, ni la aprobación o aceptación de dichas fronteras.

Los informes de esta serie son documentos de debate y, por lo tanto, están sujetos a los mismos derechos de autor que otras publicaciones de CAF.

CAF promueve la difusión de sus trabajos y autoriza su reproducción inmediata, a título gratuito, si no se usan para fines comerciales.

Edgar Salinas, Juan Ríos y Walter Cont de CAF formaron un grupo de trabajo que estableció los términos de referencia y supervisó el desarrollo de los informes por parte de los consultores de GME.

El equipo de GME, orden alfabético, estuvo compuesto por Agustín Ghazarian, Coline Champetier, Darío Quiroga, Francisco Baqueriza, Nicolás Barros, Laura Souilla, Ramón Sanz y Roberto Gomelsky.

5. Escenarios: Perú

El presente informe contiene el análisis de transición energética para Perú y se organiza en cuatro capítulos.

- **Diagnóstico y línea base.** Este capítulo establece el diagnóstico de la línea base en cuanto a fuentes y usos energéticos, características del sector eléctrico, aspectos ambientales (inventarios de gases de efecto invernadero [GEI], compromisos) y aspectos institucionales, regulatorios y de políticas públicas, entre otros. Permite presentar el punto de partida de las proyecciones energéticas e identificar las principales características que pueden condicionar la estrategia de transición energética justa.
- **Metodología de proyección energética.** Este capítulo describe de forma resumida el modelo de la plataforma de análisis de bajas emisiones (LEAP, por sus siglas en inglés) y su uso para la modelización de las emisiones del sector energía¹. Se presentan las metodologías de proyección de la demanda de energía por sector, subsector, usos y fuentes, y la modelación de la generación eléctrica. Describe también los tres escenarios de proyección contemplados y las principales premisas consideradas.
- **Escenarios de transición.** Este capítulo presenta las proyecciones en términos de emisiones y demanda energética para los tres escenarios previamente presentados (*Business As Usual* [BAU], *Net Zero 2050* [NZ 2050] y *Net Zero 2060* [NZ 2060]). Detalla los resultados por sector y las principales premisas explicativas. Presenta las necesidades en términos de inversiones de transición energética relacionadas con el sector eléctrico y los usos finales. Concluye con el punto de partida y de llegada de los principales indicadores de la transición por escenario.

¹ Más específicamente, el modelo LEAP (*Low Emissions Analysis Platform*) se usó para modelar las emisiones relacionadas con la quema de combustibles.

- **Propuesta de la hoja de ruta para una transición energética justa.** La hoja de ruta describe las políticas públicas a ser desarrolladas y segmentos que requieren financiamiento concesional o de soporte para acompañar los escenarios de transición energética justa planteados previamente.



1. Caracterización general



Aspectos socioeconómicos

Perú cuenta con una población de más de 33 millones de habitantes, con una densidad poblacional de 26 habitantes por km². El 79 % vive en zonas urbanas.

Tabla 1

► Indicadores socioeconómicos

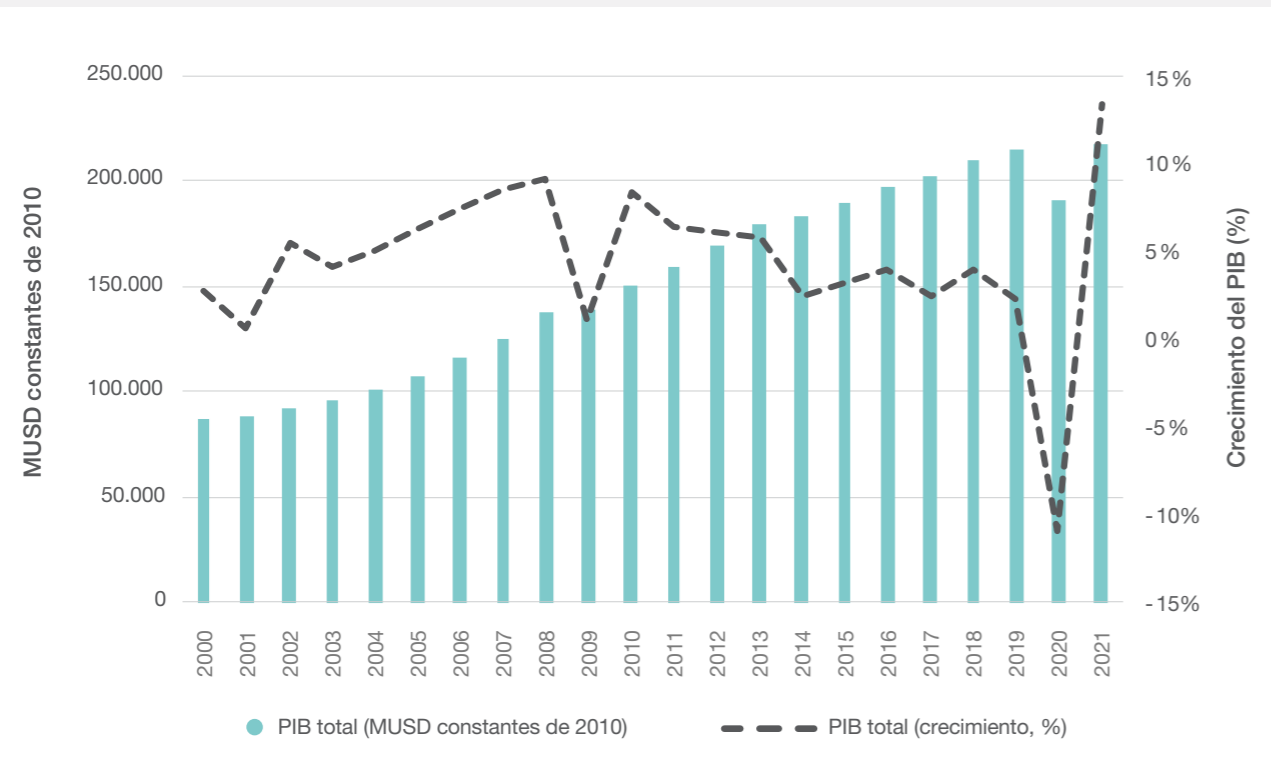
Indicador/País	Perú
Población total (2021, millones)	33,36
Densidad de población (hab./km ²)	26
Población urbana (%)	79 %
PIB per cápita 2021 (USD a precios constantes de 2010)	6.506
Índice de pobreza extrema 2020	8,6 %

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Mundial y CEPALSTAT.

Durante las últimas décadas, el producto interno bruto (PIB) de Perú experimentó un crecimiento económico sólido, con un crecimiento anual de alrededor del 5 % (entre 2000 y 2019). Más recientemente, en los últimos cinco años, el crecimiento

económico de Perú se desaceleró. En 2020, el impacto de la pandemia de la COVID-19 en la economía peruana fue significativo, al igual que en muchos otros países de la región.

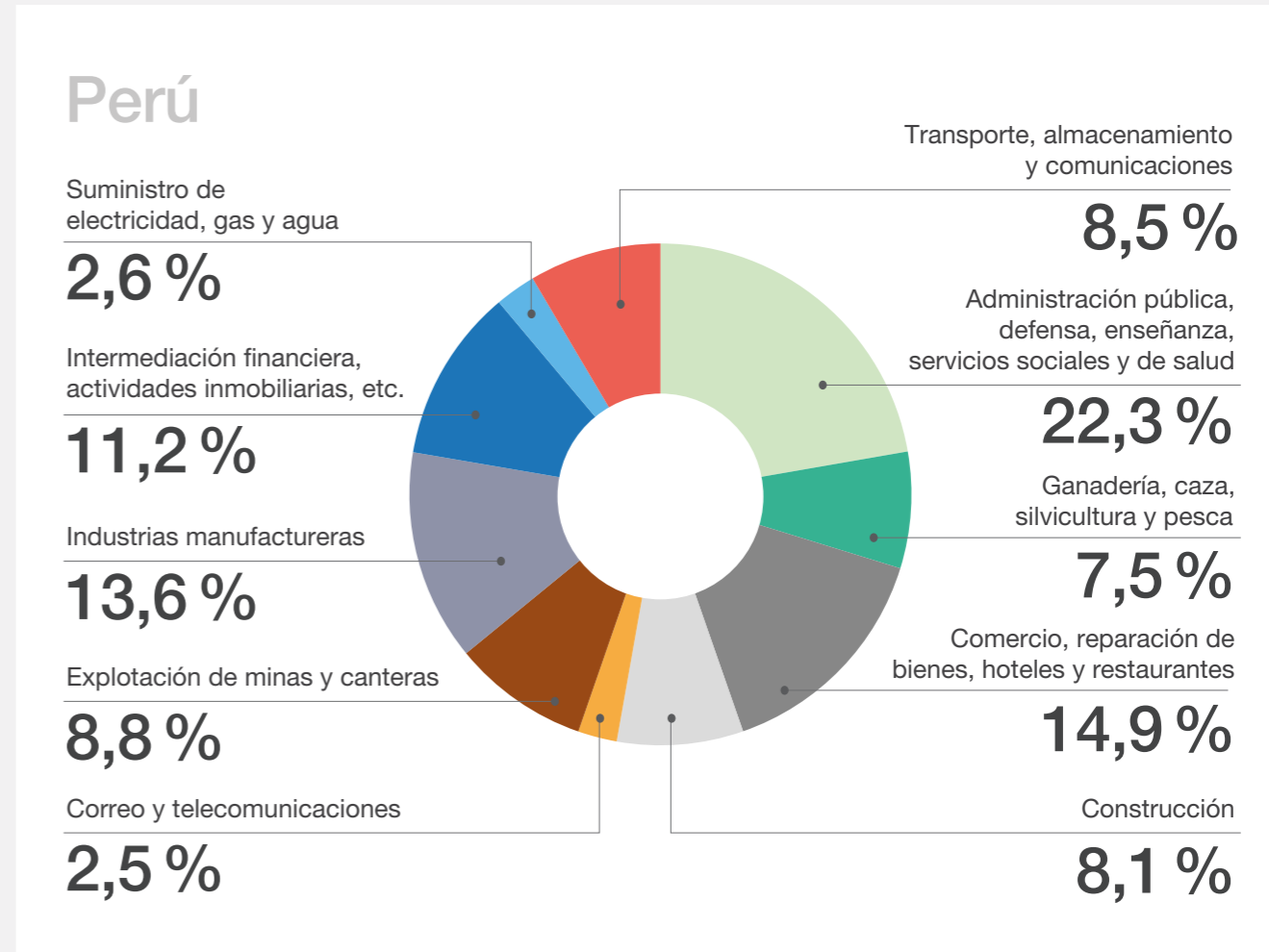
Gráfico 1 ► PIB y tasa de crecimiento anual, MUSD constantes de 2010 y %



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Mundial.

La Administración pública es el sector con mayor representación en el PIB con el 22,3 % del PIB, seguido del sector comercio (14,9 %), la industria manufacturera (13,6 %) y la intermediación financiera (11,2 %).

Gráfico 2 ► PIB por sector, 2021, %

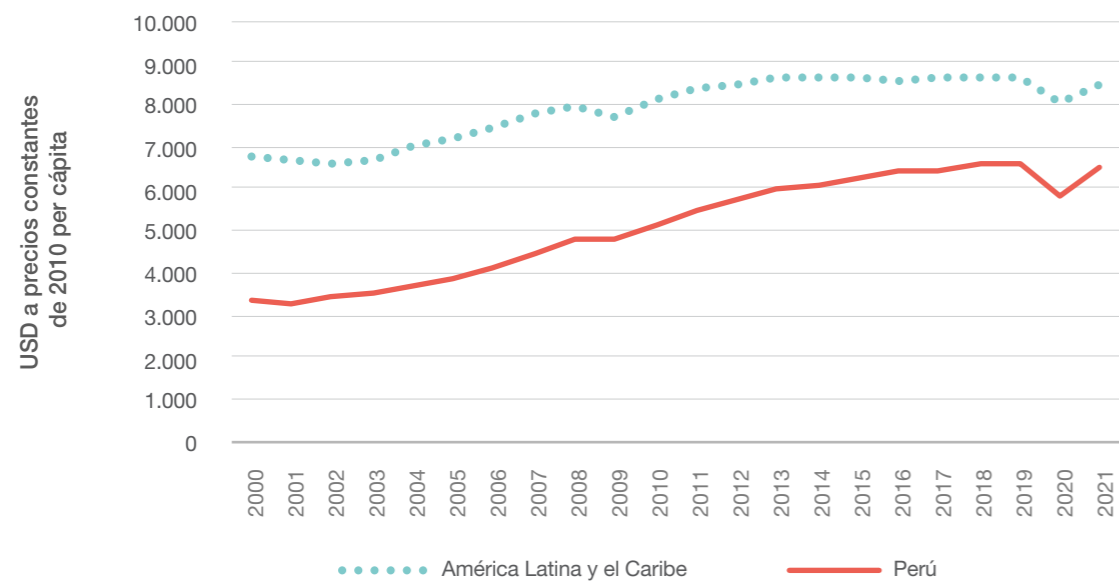


Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CEPAL.

Con la excepción de algunos años particulares, el PIB per cápita tuvo una tendencia creciente en los últimos 20 años. En 2021, fue de 6.506 dólares estadounidenses (USD) constantes de 2010 per cápita, manteniéndose por debajo del promedio regional.

Gráfico 3

► PIB per cápita, USD constantes de 2010 per cápita

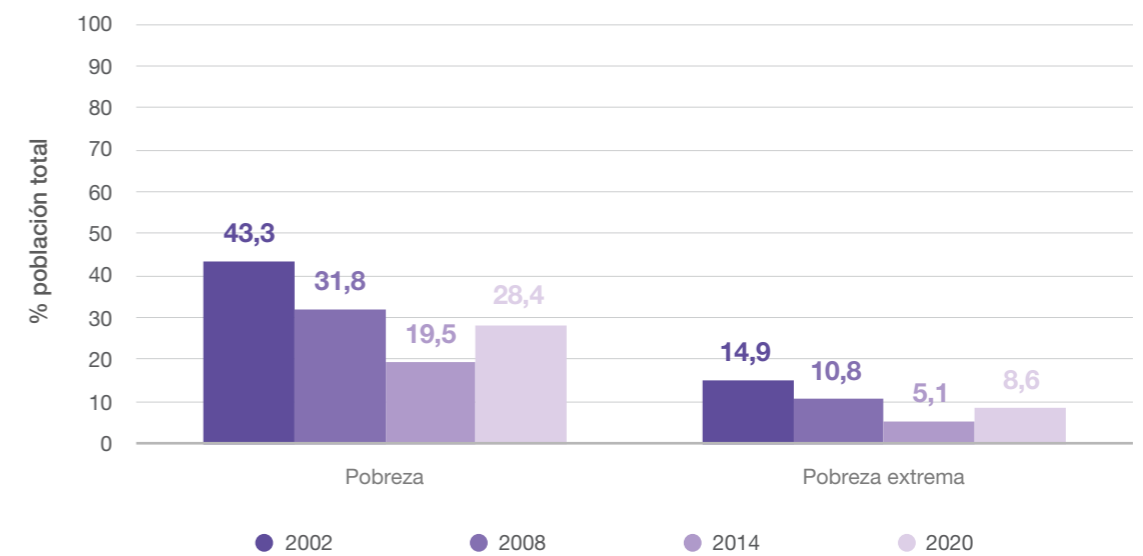


Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Mundial.

Actualmente, Perú cuenta con niveles de pobreza en el orden del 30 % y 8,6 % de pobreza extrema. El país estaba reduciendo sus niveles de pobreza desde 2002; sin embargo, los niveles de pobreza y pobreza extrema empeoraron significativamente según los datos del año 2020.

Gráfico 4

► Incidencia de la pobreza y de la pobreza extrema por año, %



Fuente: Elaboración propia con base en datos de CEPALSTAT.



Indicadores socioeconómico-energéticos

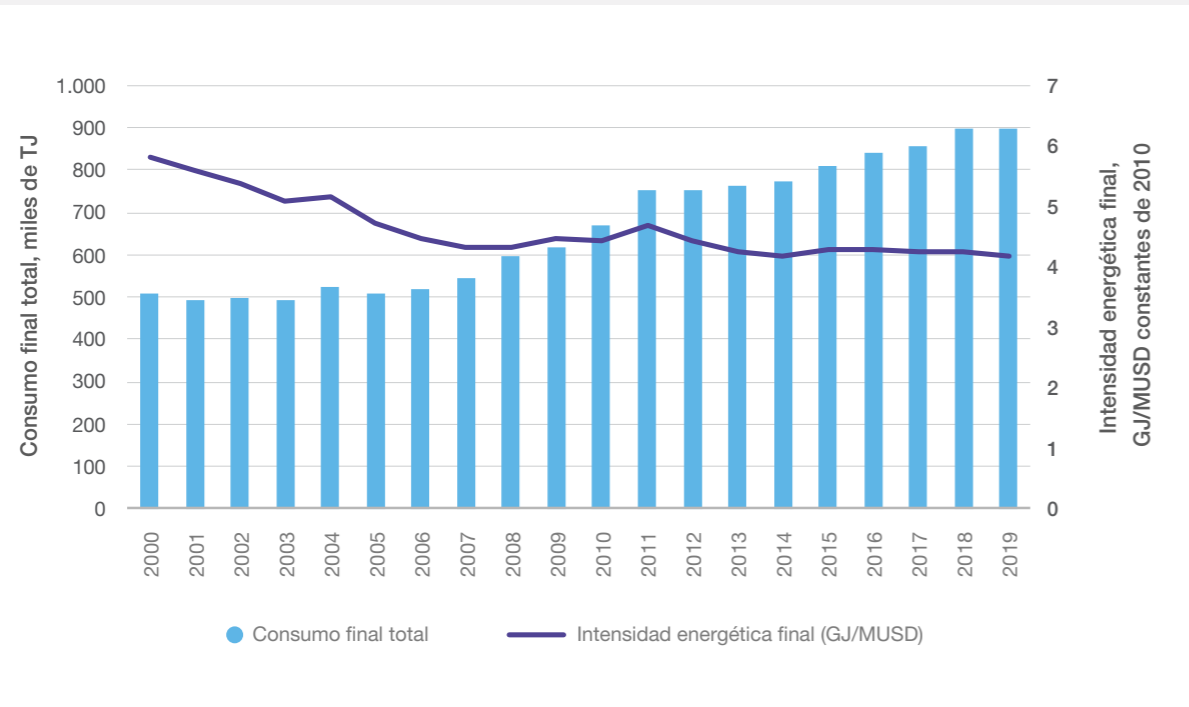
Intensidad energética de la economía

La intensidad energética final² se redujo significativamente en el período entre 2000 y 2019 (-27,8 % acumulado, -1,4 % promedio anual), mientras que el consumo final total creció a un ritmo de 3,9 % promedio anual.

² Se define como la relación entre el consumo final de energía y el PIB en USD constantes de 2010.

Gráfico 5

► Consumo final total versus intensidad energética final, 10³ TJ y GJ/MUSD constantes de 2010



Fuente: Elaboración propia con base en datos del siELAC, OLADE³.

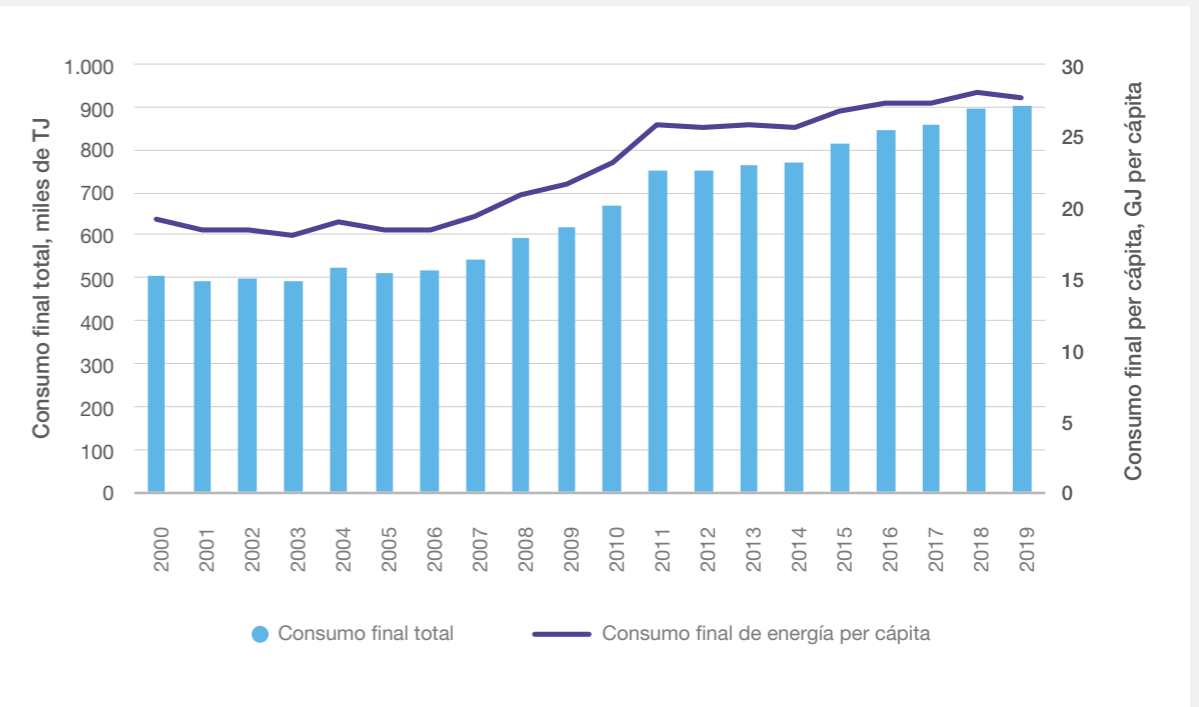
Consumo per cápita

El crecimiento del consumo final de energía per cápita fue menor que el del consumo final total en el período entre 2000 y 2019 (2,2 % vs. 3,9 %) y se ralentizó hasta estabilizarse en los años entre 2016 y 2019.

³ Datos de intensidades energéticas calculadas internamente en el sistema con datos del PIB del Banco Mundial y de consumos de energía de los balances energéticos nacionales.

Gráfico 6

► Consumo final total versus consumo final per cápita, 10³ TJ y GJ per cápita



Fuente: Elaboración propia con base en datos del siELAC, OLADE.



Precios locales

Los siguientes precios al consumidor final corresponden a Perú. Independientemente de que se trate de la electricidad, el gas natural u otros combustibles, estos precios se encuentran cerca al promedio de la región, excepto en el caso del diésel y el fueloil que tienen precios más altos, al igual que en Uruguay.

Tabla 2

► Precios de los principales energéticos de Perú, corte 2020

Energético	IVA %	Impuestos especiales	Precio
GLP (residencial)	-	Sí	1,18 USD/kg
Gasolina regular	-	Sí	0,93 USD/l
Gasolina premium	-	Sí	1,14 USD/l
Diésel (transporte)	-	Sí	1,01 USD/l
Fueloil (industrial)	-	Sí	0,61 USD/l

Fuente: OLADE - <https://www.olade.org/publicaciones/precios-de-la-energia-en-america-latina-y-el-caribe-informe-anual-abril-2021/>



Aspectos energéticos

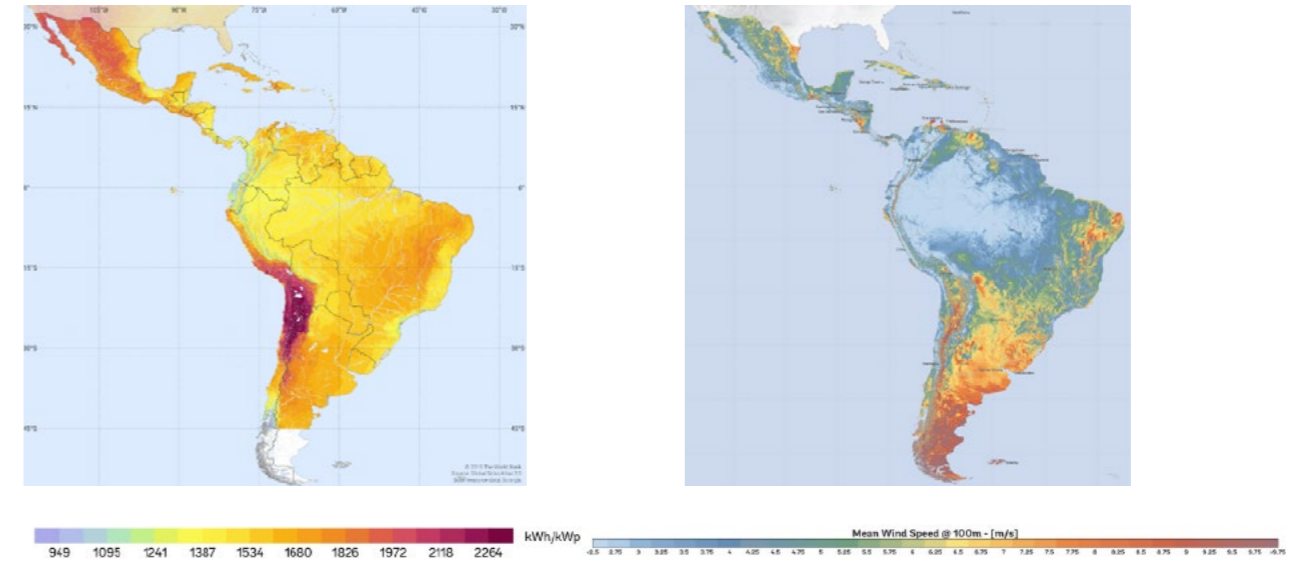
Reservas y oferta total de combustibles (producción, importación y exportación)

Perú se caracteriza por una gran cantidad de recursos energéticos, entre los que se destacan sus reservas de gas natural y potencial hidráulico. En cuanto a su recurso solar y según la plataforma Global Solar Atlas, Perú presenta un valor de 1.967 kWh/kWp para el 10 % de las áreas con mayor producción fotovoltaica y un promedio de 1.789 kWh/kWp. A modo de referencia, el recurso mundial para el 10 % de las áreas con mayor irradiación se establece en 1.736 kWh/kWp y el recurso mundial promedio se establece en 1.576 kWh/kWp. La mayor concentración del recurso solar se encuentra en el noroeste del país. Las zonas de mayor potencial se encuentran en la costa sur del país, en las regiones de Arequipa, Ica, Tacna y Moquegua. Por otro lado, su recurso eólico para el

10 % de las áreas con más viento es igual que o superior a 235 W/m², donde la velocidad media del viento a 100 metros es igual que o superior a 6,1 m/s.

Gráfico 7

► Recurso solar potencial (kWh/kWp) y velocidad media del viento a 100 m (m/s)



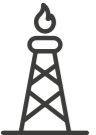






Fuente: Global Solar Atlas (Banco Mundial)⁴ y Atlas Eólico Mundial (Banco Mundial)⁵.

La disponibilidad de recursos de Perú se refleja tanto en el mix de generación eléctrica como en la demanda final por combustible. La energía hidroeléctrica representa una parte significativa de la producción de electricidad, al igual que el gas natural.

⁴ Global Solar Atlas, Grupo del Banco Mundial, <https://globalsolaratlas.info/download/latin-america-and-caribbean>




⁵ ws_LAC.pdf

Tabla 3 ▶ Reservas de combustibles, potencial hidroeléctrico e infraestructuras, 2019

Reservas				Potenciales	Capacidad instalada	
Petróleo	Gas natural	Carbón mineral	Uranio	Hidroenergía	Refinación	Generación eléctrica
						
345	299	7	0	69,4	215	15,1
Mbbl	Gm ³	Mt	10 ⁶ bep	GW	kbbl/día	GW

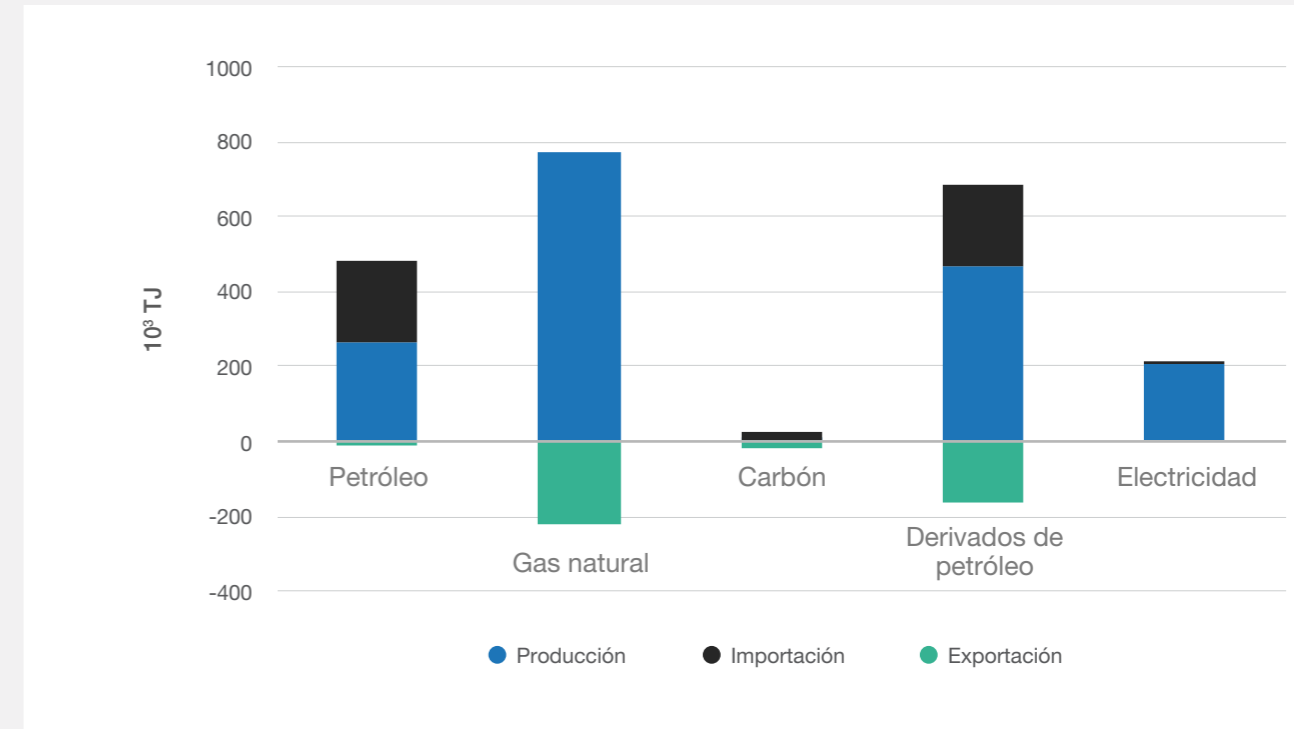
Fuente: sieLAC, OLADE.

Tabla 4 ▶ Recursos eólico y solar

Recursos		
Eólico (10% de las áreas con más viento)	Solar (promedio)	Solar (10% mayor producción)
		
6,05	1.789	1.967
m/s	kWh/kWp	kWh/kWp

Fuente: Elaboración propia con base en Global Solar Atlas y el Atlas Eólico Mundial.

Gráfico 8 ▶ Producción, importación y exportación por principales fuentes, 2019, 10³ TJ



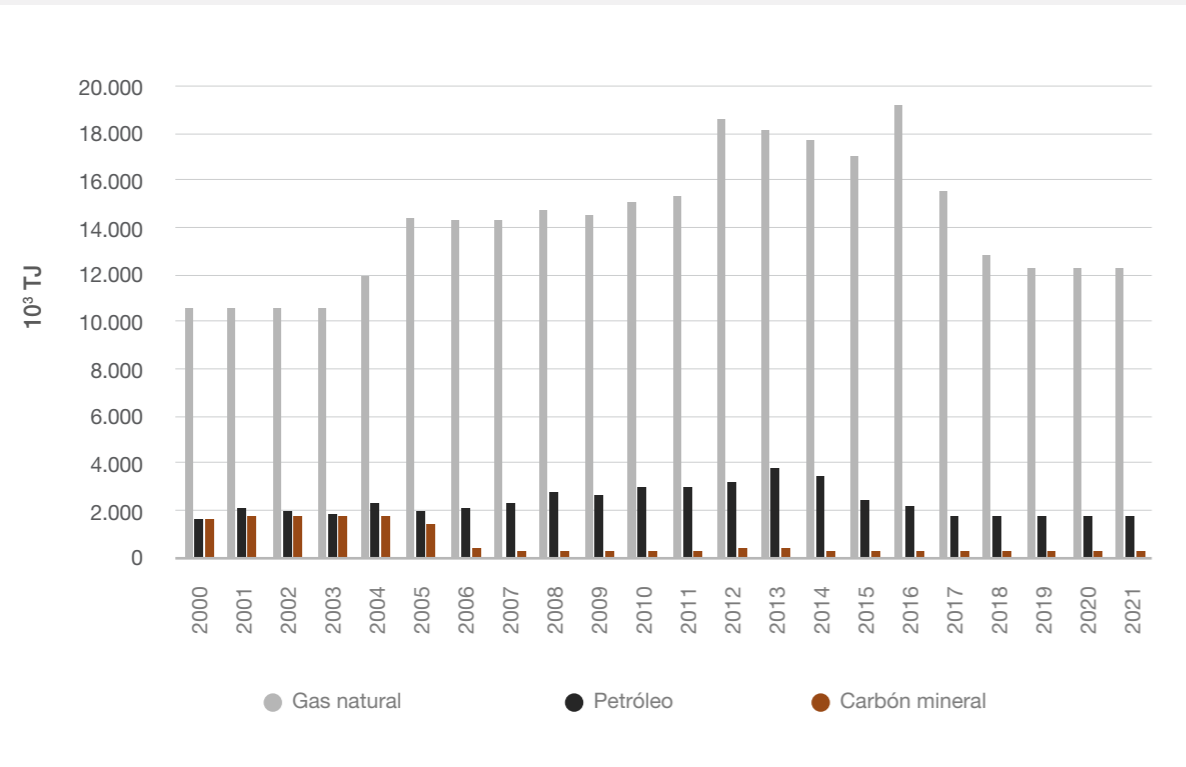
Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

En 2019, Perú fue el séptimo productor de gas natural de América Latina y el Caribe (por detrás de Argentina, Trinidad y Tobago, México, Brasil, Venezuela y Bolivia). En cuanto a la producción de petróleo, se ubicó en la misma posición, detrás de Brasil, México, Venezuela, Colombia, Argentina y Ecuador. Importa una gran cantidad de petróleo (un promedio de 80 % durante el período de estudio; fue de 84 % en 2019). En cuanto al gas natural, exportó aproximadamente el 30 % de la producción desde 2011 a 2019.

Las reservas probadas de gas natural y petróleo de Perú se mantuvieron altas en los últimos años, mientras que las reservas de carbón mineral disminuyeron levemente. En 2020, el alcance de las reservas de petróleo, gas natural y carbón mineral fue de 8, 16 y 47 años, respectivamente.

Gráfico 9

► Evolución de las reservas probadas de petróleo, gas natural y carbón, 10³ TJ



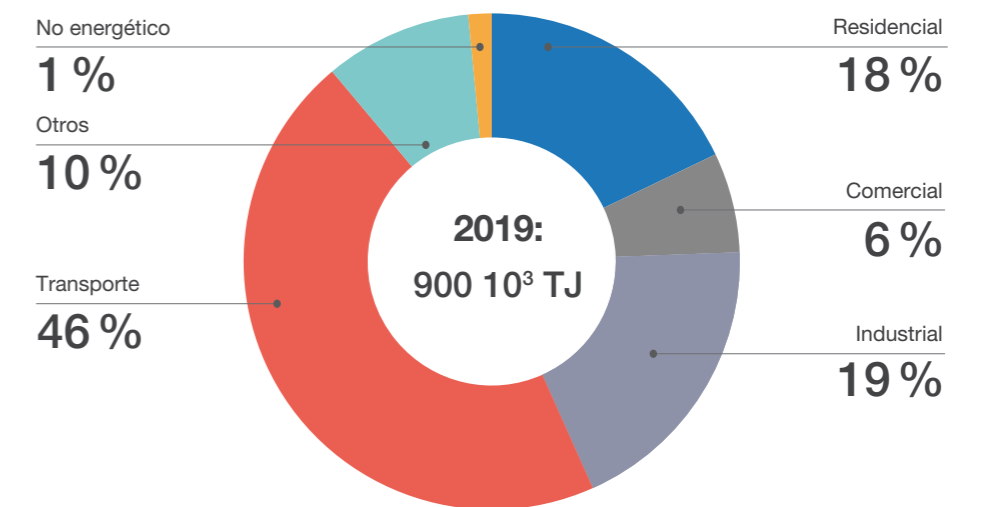
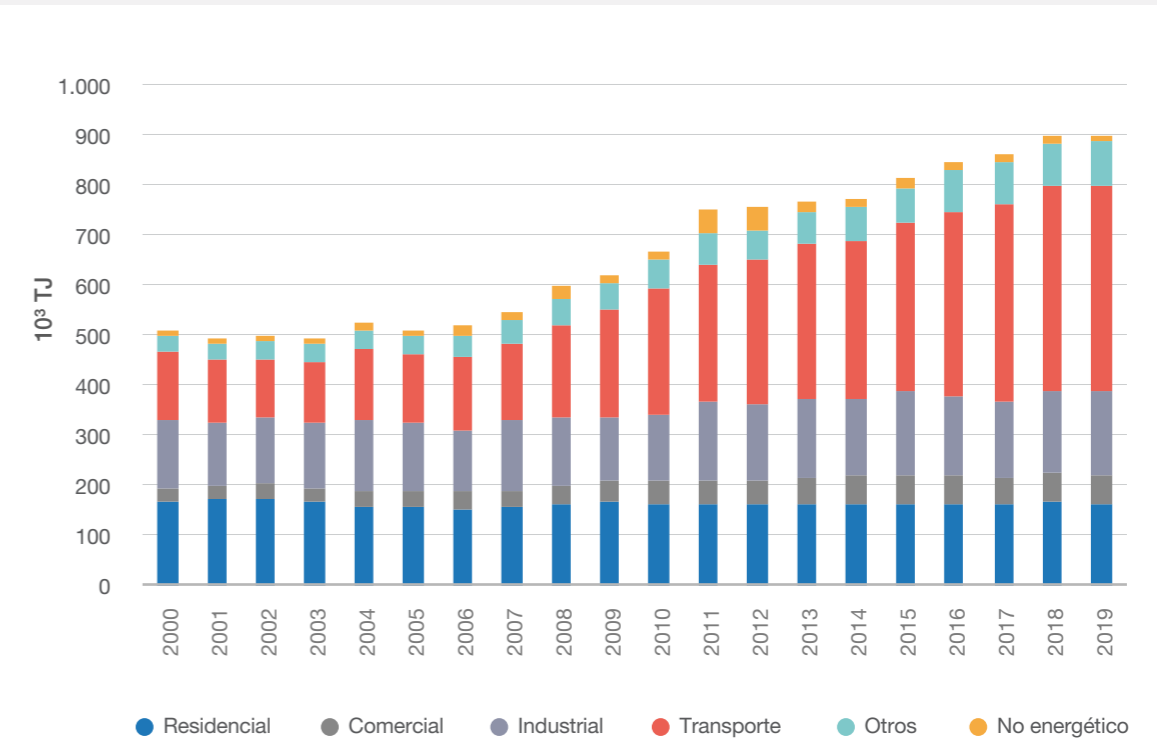
Fuente: sieLAC, OLADE.

Consumo final por fuentes y sectores

El transporte fue el sector con mayor consumo en 2019 y su peso relativo aumentó significativamente en los últimos 20 años (de 27 % a 46 %). Por otro lado, la demanda residencial permanece bastante estable e incluso disminuye levemente. Si se focaliza en su participación, se nota un fuerte decrecimiento desde el 36 % en 2000 al 18 % en 2019. El sector industrial crece a un ritmo del 1,2 % promedio anual.

Gráfico 10

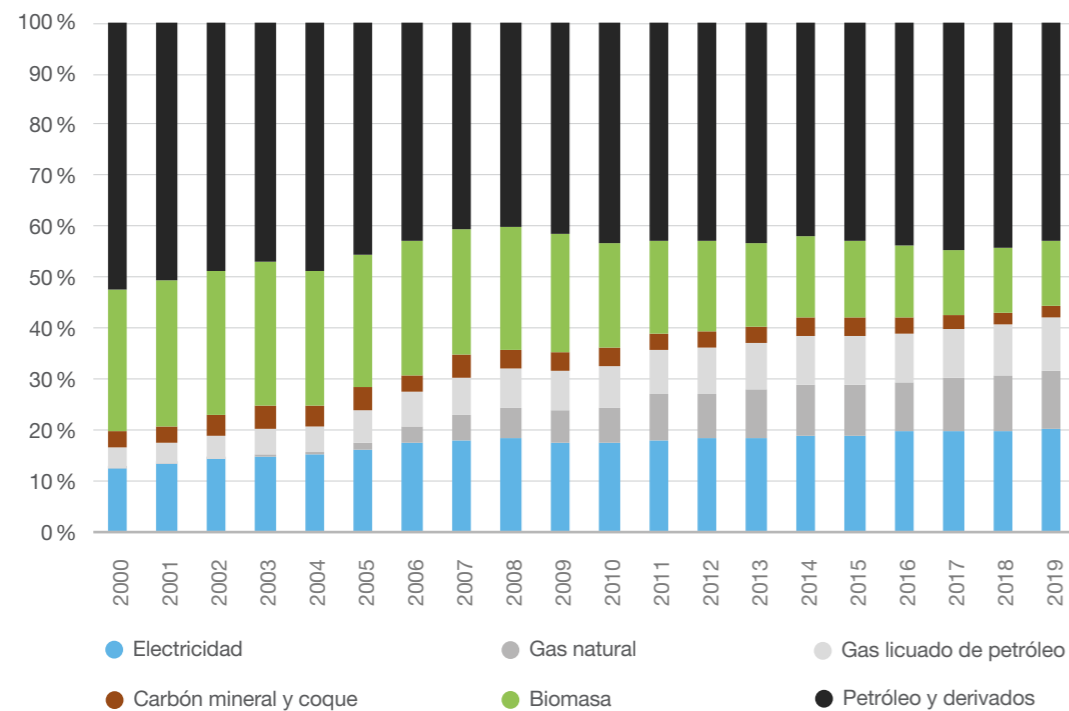
► Consumo final por sectores, 10³ TJ



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

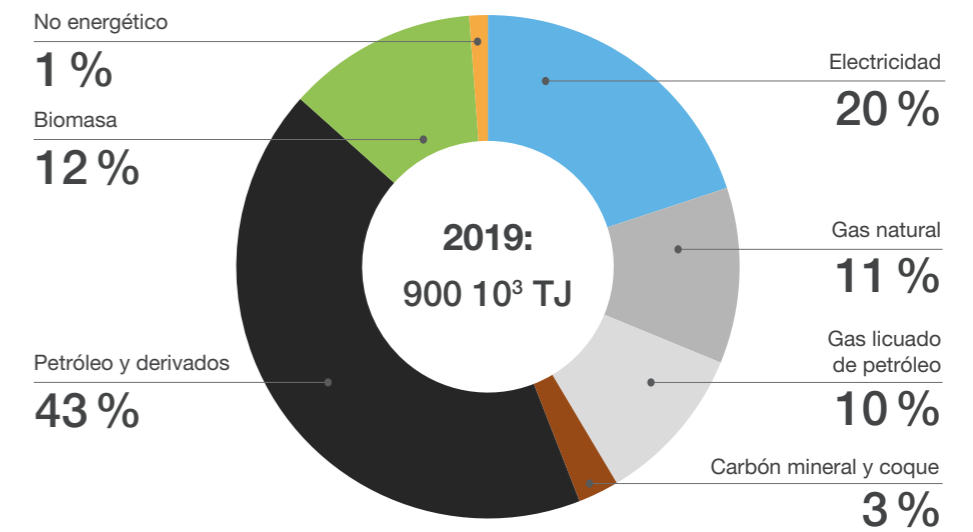
Por fuente, la electricidad, el gas natural y el gas licuado de petróleo (GLP) son los que más importancia ganan en la matriz, en detrimento de la biomasa, el petróleo, los derivados de petróleo, el carbón mineral y el coque. El papel del gas natural creció desde el inicio de operaciones del yacimiento de Camisea, en 2004.

Gráfico 11 A ▶ Consumo final por fuentes



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE. La categoría "no energético" no está incluida en la evolución histórica.

Gráfico 11 B ▶ Consumo final por fuentes



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE. La categoría "no energético" no está incluida en la evolución histórica.



Perfil climático

Escenarios de cambio climático y riesgos para el sector energía

Perú se encuentra ubicado en una región altamente vulnerable a los eventos climáticos extremos⁶. En la temporada de lluvias, entre diciembre y marzo, se

⁶ Además de los eventos extremos asociados a la temporada de lluvias, Perú también es propenso a experimentar sismos debido a su ubicación en el llamado cinturón de fuego del Pacífico. Estos terremotos pueden ser muy destructivos y afectar tanto a las estructuras como a las personas.

producen fuertes precipitaciones que pueden generar inundaciones en varias zonas del país, especialmente en la costa y las regiones amazónica y andina.

En el estudio *La economía del cambio climático en el Perú*⁷, se analizó el efecto del cambio climático en la producción hidroeléctrica del país. El análisis se realizó sobre gran parte de las centrales hidroeléctricas existentes, algunas de las cuales aumentan su factor de producción, mientras que otras lo disminuyen. En dicho estudio, se establece que “los efectos agregados muestran que el cambio climático ocasionaría una menor producción de electricidad debido a una menor disponibilidad de agua en las cuencas”.

Asimismo, otros riesgos potenciales asociados al cambio climático para el sector energético incluyen un aumento de la demanda de energía para climatización, una reducción eventual de la producción solar y eólica en algunas regiones del país y riesgos eventuales para la infraestructura energética relacionados con eventos climáticos extremos (tormentas, inundaciones, etc.), entre otros.

El índice de riesgo climático global (IRC)⁸ indica el nivel de exposición y la vulnerabilidad a los fenómenos climáticos extremos. En el período entre 2000 y 2019, Perú ocupó el lugar 45 de 180 países (1 es la posición de mayor exposición y vulnerabilidad).

Contribución GEI año base

Según el último Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), las emisiones totales netas fueron de 205 MtCO₂e en 2016, de las cuales una porción menor (28 %) correspondió al sector energía (es decir, emisiones correspondientes a quema de combustibles y emisiones fugitivas

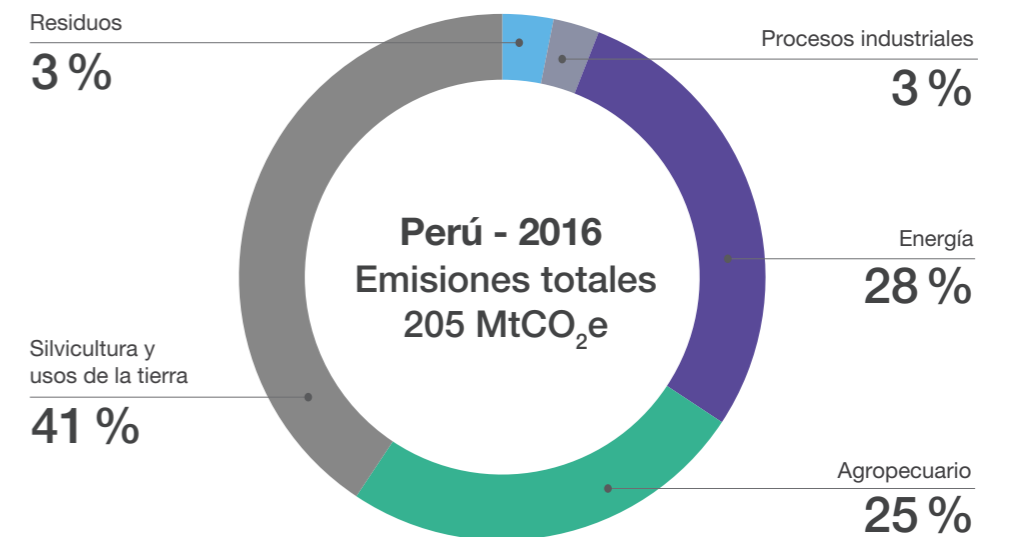
⁷ https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37419/1/S1420992_es.pdf

⁸ El IRC está compuesto por cuatro indicadores: número de muertes; número de muertes por cada 100.000 habitantes; suma de las pérdidas en USD en paridad de poder adquisitivo, y pérdidas por unidad de producto interno bruto. El *ranking* final considera estos indicadores con diferentes pesos y en un período de 20 años. <https://www.germanwatch.org/en/19777>

correspondientes a fugas de combustible), el 25 % correspondió al sector agropecuario y el 41 % a silvicultura y otros usos de la tierra.

Gráfico 12

► Emisiones totales netas, MtCO₂e

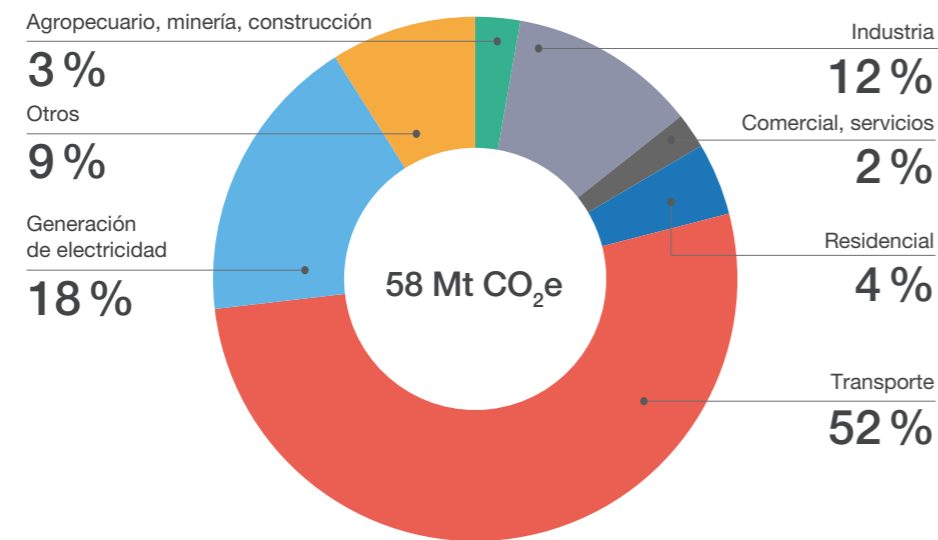


Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI (MINAM, 2016).

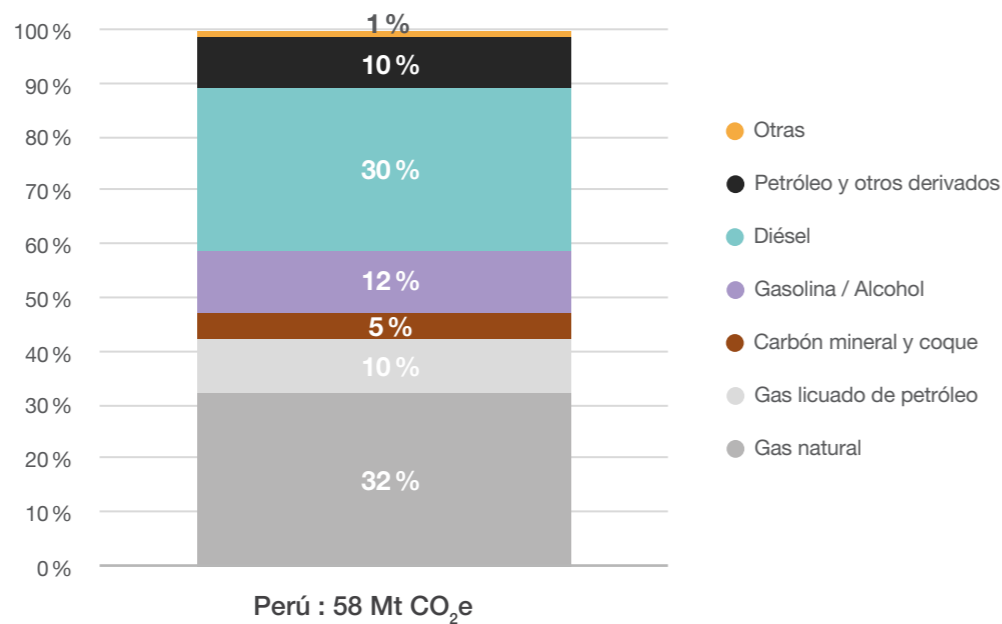
Al observar específicamente el sector energía (emisiones resultantes de la quema de combustibles y emisiones fugitivas), se pueden analizar las emisiones por sector y por fuente. Los datos del gráfico 13 provienen de una estimación de emisiones de CO₂ realizada por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) (sleLAC).

Gráfico 13

► Emisiones del sector energía estimadas, por sector y por fuente, MtCO₂e, 2019



Emisiones por fuente



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

El sector transporte explica, por sí, la mitad de las emisiones de origen energético. Los principales combustibles que el sector consume son diésel y gasolina. En segunda y tercera posición, la generación de electricidad y la industria explican el 18% y el 12% de las emisiones del sector, principalmente por la quema de gas natural (y carbón mineral para la industria).

Compromisos nacionales (NDC y Acuerdo de París)

Con respecto a los compromisos de reducción de emisiones de CO₂, se destacan dos elementos.

- El Estado peruano se compromete a que sus emisiones netas de gases de efecto invernadero no excedan 208,8 MtCO₂e (meta no condicionada, contribuciones determinadas a nivel nacional [NDC, por sus siglas en inglés] 2030)⁹ ni 179 MtCO₂e (meta condicionada) en el año 2030, en función de la disponibilidad de financiamiento externo internacional y de la existencia de condiciones favorables.
- Perú firmó el Acuerdo de París, por lo cual se compromete a “reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global en este siglo a 2 °C y esforzarse para limitar este aumento a incluso más de tan solo el 1,5 °C”.

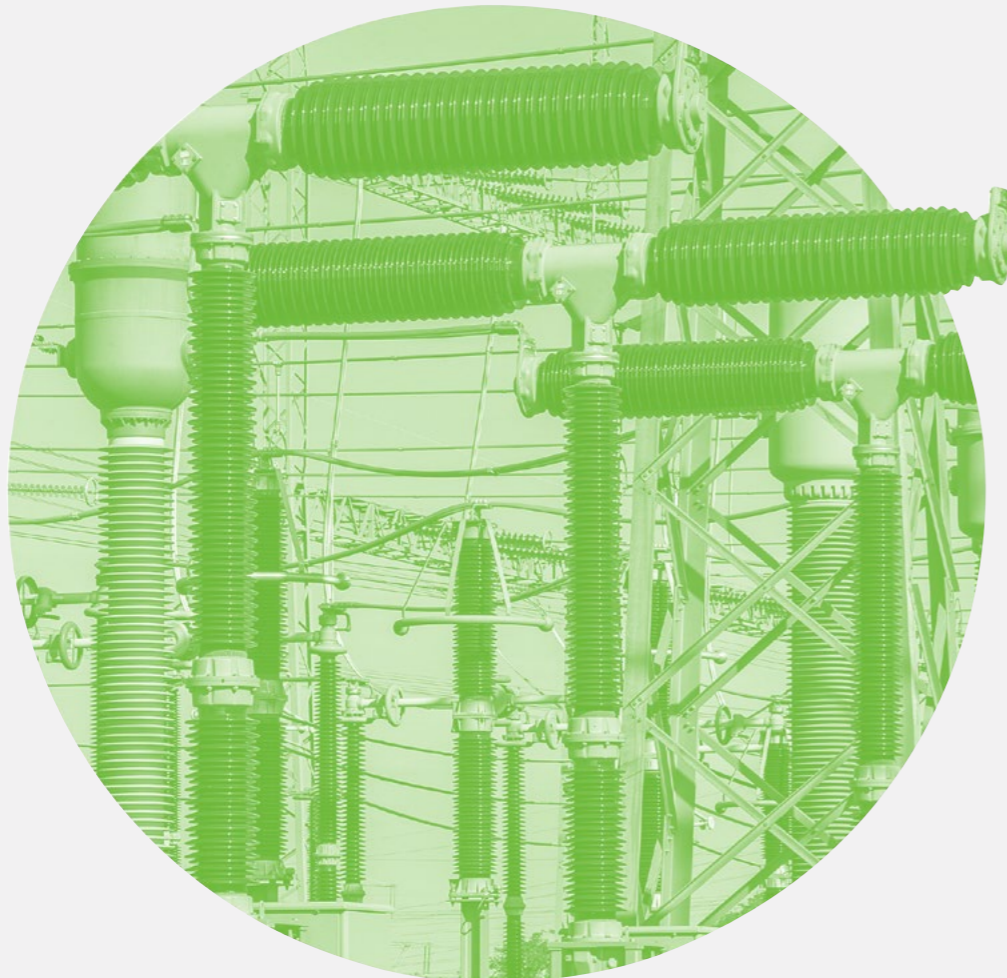
La política climática en Perú conoce algunos altos y bajos.

- La participación de las energías renovables sigue en aumento, a pesar de las nuevas inversiones en combustibles fósiles. El Gobierno preparó nuevas subastas renovables y, en 2022, acordó implementar el primer proyecto de hidrógeno verde del país.

⁹ NDC por país (<https://unfccc.int/NDCREG>)

- Sin embargo, el Gobierno aprobó también un nuevo contrato de licencia para el activo de extracción de petróleo más importante de Perú, que está ubicado en el centro de la región amazónica. Las inversiones en extracción de petróleo están en desacuerdo con la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) con un objetivo neto cero para 2050.

El sector silvicultura y usos de la tierra continúa siendo la mayor fuente de emisiones del país. En 2021, el Programa Forestal Nacional reportó la tasa de deforestación más alta de las últimas dos décadas debido, mayormente, a actividades ilegales.



2. Aspectos institucionales, regulatorios y de políticas públicas



Gobierno sectorial

La tabla 5 incluye una lista de las principales instituciones del sector energético.

Tabla 5

► Mapeo de instituciones del sector energético

Institución	Función
Ministerio de Energía y Minas (MINEM)	<ul style="list-style-type: none"> Definición de políticas y planeamiento para los sectores petróleo, gas y electricidad
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)	<ul style="list-style-type: none"> Expansión del sector gas y electricidad Regulación de los sectores petróleo, gas y electricidad
Comité de Operación Económica del Sistema (COES)	<ul style="list-style-type: none"> Administrador del mercado eléctrico

Fuente: Elaboración propia.



Principales conceptos regulatorios

La tabla 6 indica si existe regulación de precios y un mercado competitivo y de libre acceso para cada sector energético y cada segmento.

Tabla 6

► Principales conceptos regulatorios por sector y segmento

Sector	Segmentos	Regulación de precios	Mercado
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Generación Distribución Transmisión 	<ul style="list-style-type: none"> Transmisión Distribución y comercialización minorista 	<ul style="list-style-type: none"> Competitivo en la generación Libre acceso en todos los segmentos de la cadena
Gas natural	<ul style="list-style-type: none"> Exploración y explotación Distribución Transmisión 	<ul style="list-style-type: none"> Existe regulación del precio de la producción de gas, transmisión, distribución y comercialización minorista. 	<ul style="list-style-type: none"> Libre acceso
Petróleo	<ul style="list-style-type: none"> Exploración y explotación Refinación Distribución y comercialización 	<ul style="list-style-type: none"> Precios referenciales para toda la cadena 	<ul style="list-style-type: none"> Competitivo en la refinación y el almacenamiento de GLP
Carbón	<ul style="list-style-type: none"> Explotación Comercialización 		<ul style="list-style-type: none"> Libre fijación de precios

Fuente: Elaboración propia.



Aspectos de políticas públicas

Políticas de eficiencia energética

En 2000, la Ley 27345 (Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía) declara la promoción del uso eficiente de la energía (UEE) de interés nacional para asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de los energéticos.

Las principales políticas, las medidas y los programas de eficiencia energética se describen brevemente en la tabla 7.



Tabla 7 ▶ Eficiencia energética en Perú

Aspecto	Concepto	Avance del país
Reglamentación de etiquetados	Sector	Comercio e industrial.
	Programa	La ley contempla que los equipos y artefactos que requirieren el suministro de energéticos deben incluir información sobre el consumo energético en relación con estándares de eficiencia energética en sus etiquetas, envases, empaques y publicidad.
	Estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS, por sus siglas en inglés)	No dispone de MEPS.
Políticas sectoriales	Sector público	✓
	Transporte	✓
	Residencial	✓
	Comercio e industria	✓
Fondo de eficiencia energética	Tipo	
	Nombre	
	Otros	Recursos financieros específicos para la implementación de políticas de eficiencia energética.
Promoción y cambio cultural	Etiquetado	✓
	Programas y talleres de capacitación para el sector público y privado	
	Fomento de programas y campañas de divulgación y demostración	✓
	Participación social, consultas y acceso a la información del público	
	Inclusión de la eficiencia energética en los programas de estudio	✓
	Premios, distinciones y/o reconocimientos de eficiencia energética	✓

Fuente: Documento *Leyes de eficiencia energética en América Latina y el Caribe*, OLADE.

Políticas de precios, subsidios e incentivos

Subsidios e impuestos a los precios de combustibles

Subsidios

A continuación, se indican los subsidios existentes que se deben considerar.

a. Electricidad. La Ley 27510 crea el Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE) a fin de aplicar descuentos a los usuarios eléctricos con consumos menores o iguales que 140 kWh por mes e incorporar criterios de exclusión para la aplicación del FOSE por parte de las empresas distribuidoras de electricidad. El FOSE es un subsidio cruzado creado para beneficiar a los usuarios regulados de menores ingresos. Puntualmente, el FOSE busca favorecer el acceso al servicio eléctrico y la permanencia en el mismo a todos los usuarios residenciales del servicio público de electricidad cuyos consumos mensuales sean iguales o menores que 100 kWh por mes y que se encuentren dentro de las opciones tarifarias residenciales.

El FOSE se financia mediante un recargo en los recibos de luz de aquellos usuarios del servicio público de electricidad de los sistemas interconectados que no califican como usuarios beneficiarios del FOSE.

b. Gas natural y GLP. El acceso al GLP de sectores vulnerables y la conexión a las redes de gas natural se subsidia a través del Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) creado por la Ley 29852. Los recursos económicos del FISE provienen de los grandes consumidores de electricidad, el servicio de transporte de gas natural (gas de Camisea), la producción e importación de combustibles.

c. Gasolinas. Si bien el mercado establece los precios, en Perú, existe el Fondo de Estabilización de los Precios de los Combustibles (FEPC). En la actualidad, el gas licuado de petróleo (GLP) destinado al envasado (uso

doméstico), el diésel vehicular, la gasolina de 84 y de 90 octanos, el GLP a granel y el gasohol de 84 octanos están incorporados en dicho fondo.

Impuestos

A continuación, se indican los impuestos que se aplican a los precios de los combustibles.

- a. Impuesto al rodaje.** Ese impuesto grava el consumo de combustibles utilizado en el sector de transporte automovilístico, a excepción del diésel. El porcentaje asciende al 8 % sobre el precio neto ex-refinería del combustible.
- b. Impuesto selectivo al consumo.** Este impuesto grava diferenciadamente el consumo de cada combustible a través de una alícuota por unidad (soles por galón).
- c. Impuesto general a las ventas (IGV).** Este es un impuesto al consumo general, que grava los bienes muebles, la importación de bienes, la prestación o utilización de servicios en el país, etc. La tasa general del IGV corresponde a un 18 %. A partir de julio de 2003, el IVA corresponde a un 19 %.

Incentivos para las energías renovables

Principales leyes

A partir del año 2008, con la promulgación del Decreto 1002, existe una regulación específica que busca promover la inversión en proyectos de energía renovable en pequeña escala (RER) que ofrece prioridad de despacho y tarifas preferenciales adjudicadas mediante subastas públicas¹⁰, entre otras cosas.

¹⁰ Subastas de largo plazo: desde la implementación del régimen promocional para proyectos RER en 2008, Osinergmin realizó cuatro licitaciones públicas: 2009, 2011, 2013 y 2015, y anunció 2 subastas para el año 2022.

Reconocimiento de capacidad

El Decreto 144/2019 autoriza el reconocimiento de la capacidad firme para las energías renovables. Este reconocimiento otorga ventajas económicas a las energías renovables no convencionales y permite la celebración de contratos con usuarios libres y regulados sin necesidad de suscribir un contrato de respaldo con otro generador para la compra de capacidad firme.

Generación distribuida

La primera vez que se contemplaron medidas para la promoción de la generación distribuida fue en 2006, a través de la Ley 28832, a fin de asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica. Sin embargo, la ley no ha sido implementada.

Creación de un mercado de carbono

Además del impuesto al carbono, el Estado peruano está desarrollando un conjunto de instrumentos económicos y de mercado.

Desarrolló diferentes bloques técnicos de su sistema nacional de gestión de datos de GEI y sistemas de monitoreo, reporte y verificación (MRV), y lanzó su programa de huella de carbono nacional.

Actualmente, no cuenta con un instrumento de precio al carbono.

3. Balance energético, 2019 y 2022

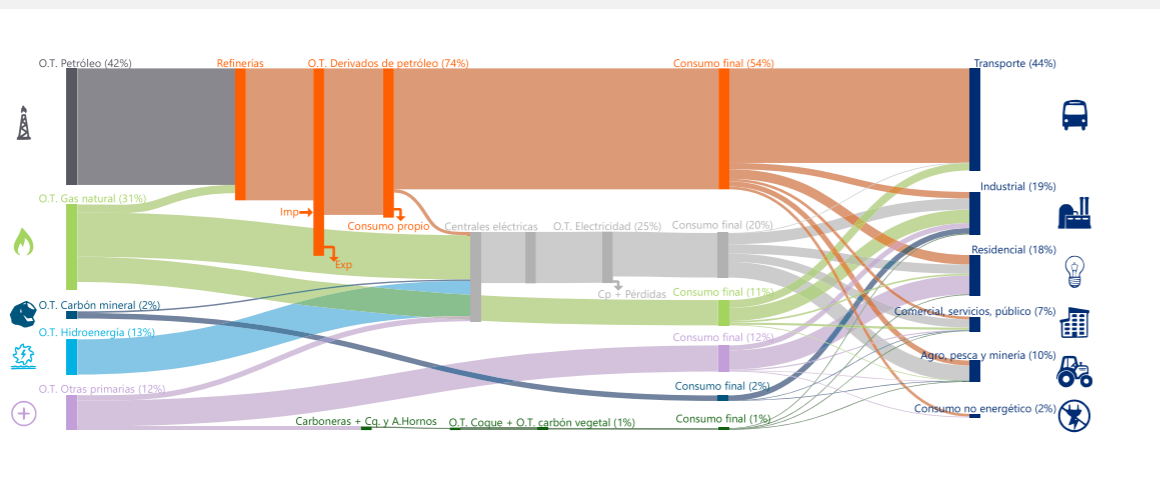
El balance energético registra los flujos de energía desde la producción, exportación e importación de energía, transformación hasta los consumos finales en los diferentes sectores socioeconómicos para un período determinado (un año). El gráfico es un diagrama de Sankey del 2019, considerado como año base para este estudio.

- el papel preponderante del petróleo (42 %) y del gas natural (31 %);
- gran parte de la energía eléctrica se genera con gas natural o hidroenergía;
- el papel de la electricidad en el consumo final todavía es limitado (20 %);
- los sectores de mayor consumo final son transporte (44 %), industrial (19 %) y residencial (18 %).

Se presenta también el último balance energético disponible (año 2022), que muestra algunas diferencias leves con respecto al balance energético del año 2019:

- un mayor peso del gas natural (33 % versus 31 %) y un menor peso del petróleo (35 % versus 42 %) en términos de oferta energética primaria;
- un mayor peso del sector residencial (20 % versus 18 %) y un menor peso del sector industrial (17 % versus 19 %) en términos de consumo final.

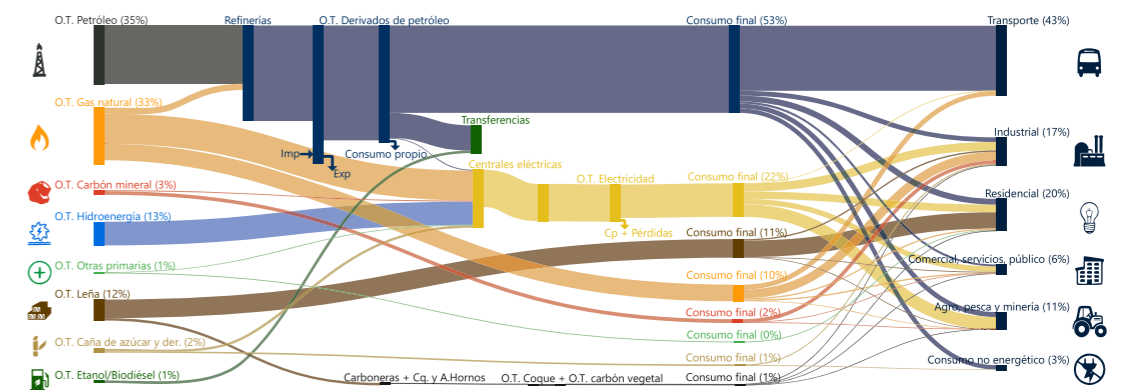
Gráfico 14 ▶ Balance energético, año 2019



Fuente: Panorama energético de América Latina y el Caribe 2020, OLADE, noviembre de 2020.

El balance energético permite ver algunas de las principales características del sector energético peruano de forma sintética:

Gráfico 15 ▶ Balance energético, año 2022



Fuente: Panorama energético de América Latina y el Caribe 2023, OLADE, diciembre de 2023.

4. Evolución de la demanda energética por sector y fuentes

El balance energético nacional permite ver la dinámica del sector energético a lo largo del tiempo mediante el análisis de series temporales de las principales variables que integran la matriz energética del país y la comparación de las estructuras e indicadores en distintos años en un período histórico.

Los próximos párrafos incluyen, además de la demanda energética por fuente, datos adicionales necesarios para la caracterización de esta demanda, tales como la repartición de la demanda por usos (balance de energía útil), la descripción del parque de vehículos, la intensidad energética sectorial, etc.



Sector residencial

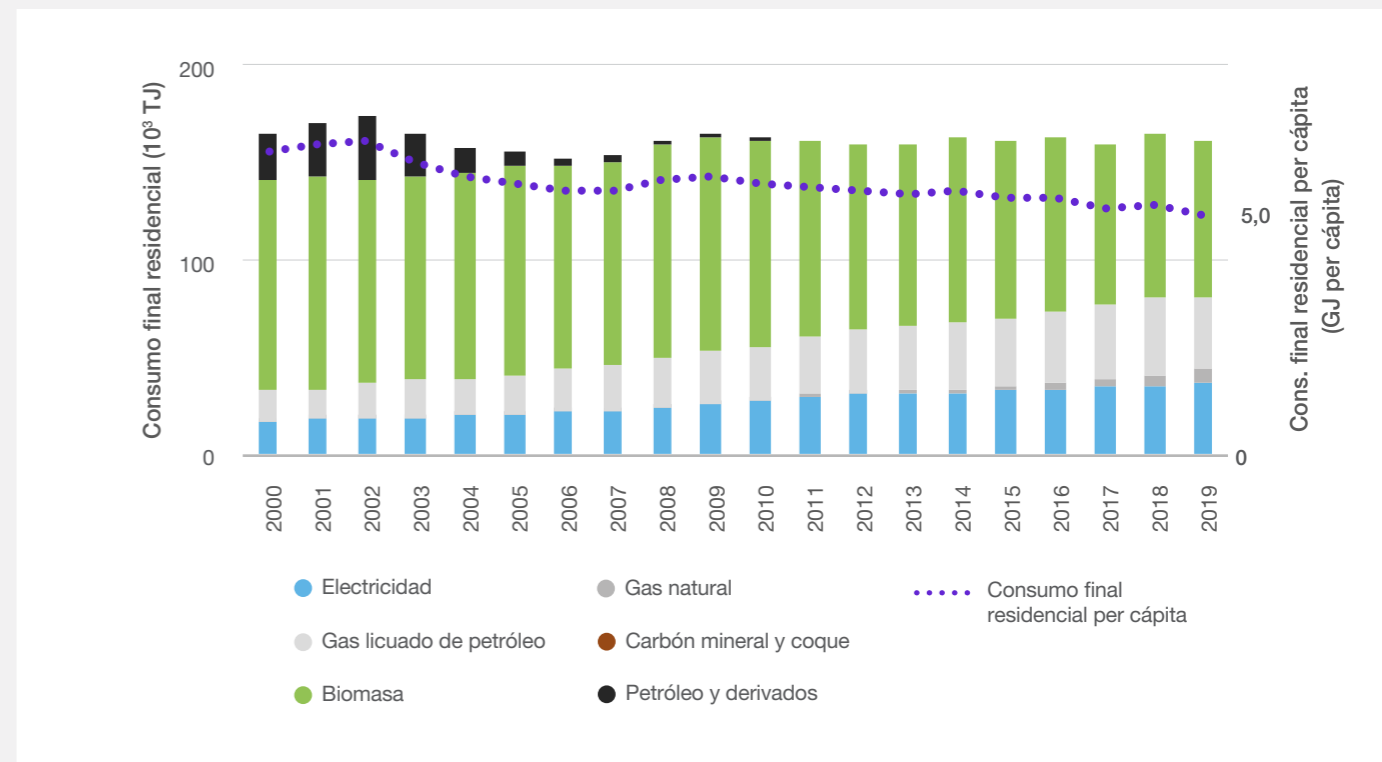
El consumo final residencial se mantuvo relativamente constante en los últimos 20 años. Se observa una marcada disminución de 1,2 % promedio anual per cápita que refleja los cambios de fuentes de energía que permiten un uso

menor de energía final para un mismo uso. Por fuente, se pueden destacar las características siguientes:

- alto consumo de biomasa (leña), aunque su volumen y su proporción disminuyeron significativamente en las últimas dos décadas. En 2000, el consumo de biomasa ascendía a 108 PJ y representaba el 65 % del consumo total, mientras que dichos valores fueron 80 PJ y 49 % en 2019;
- aumento del consumo final de electricidad y del GLP, que pasó de 18 PJ y 15 PJ en el año 2000 a 37 PJ y 38 PJ en 2019, respectivamente.

Gráfico 16 A

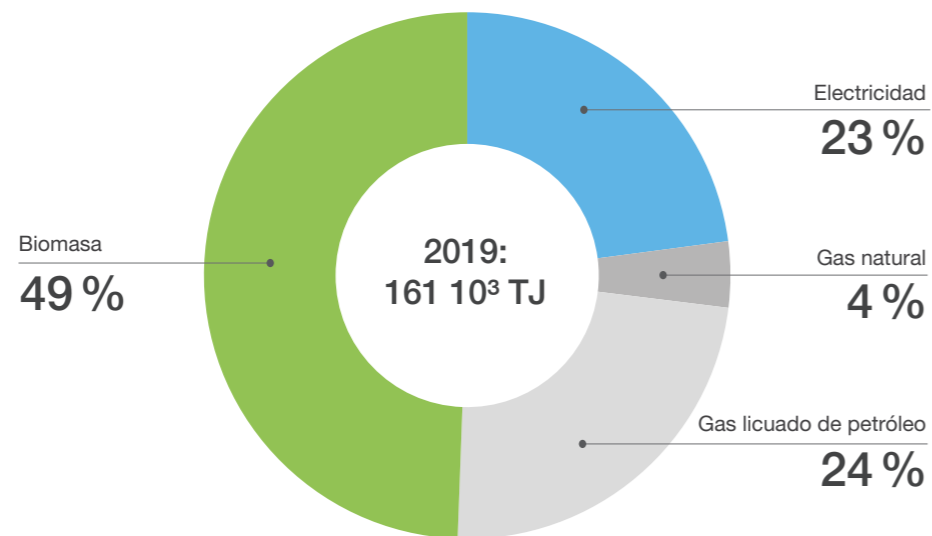
Sector residencial: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

Gráfico 16 B

Sector residencial: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ

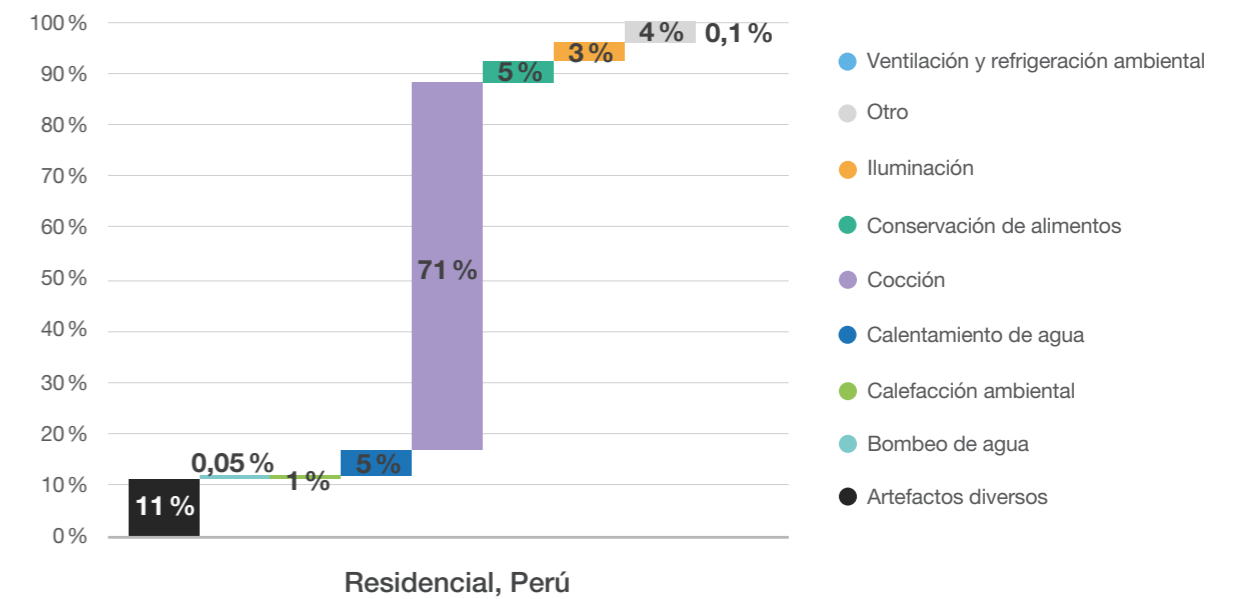


Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

En términos de consumo de energía por usos finales, el 71 % del total corresponde a cocción realizada, en especial, a base de leña y GLP. Los usos donde se utiliza exclusivamente energía eléctrica son iluminación, conservación de alimentos y artefactos diversos.

Gráfico 17

Sector residencial: consumo de energía por usos finales, 2013



Fuente: Elaboración propia con base en datos del balance de energía útil, 2015, ENERINTER-Mercados energéticos consultores, Datum Internacional.



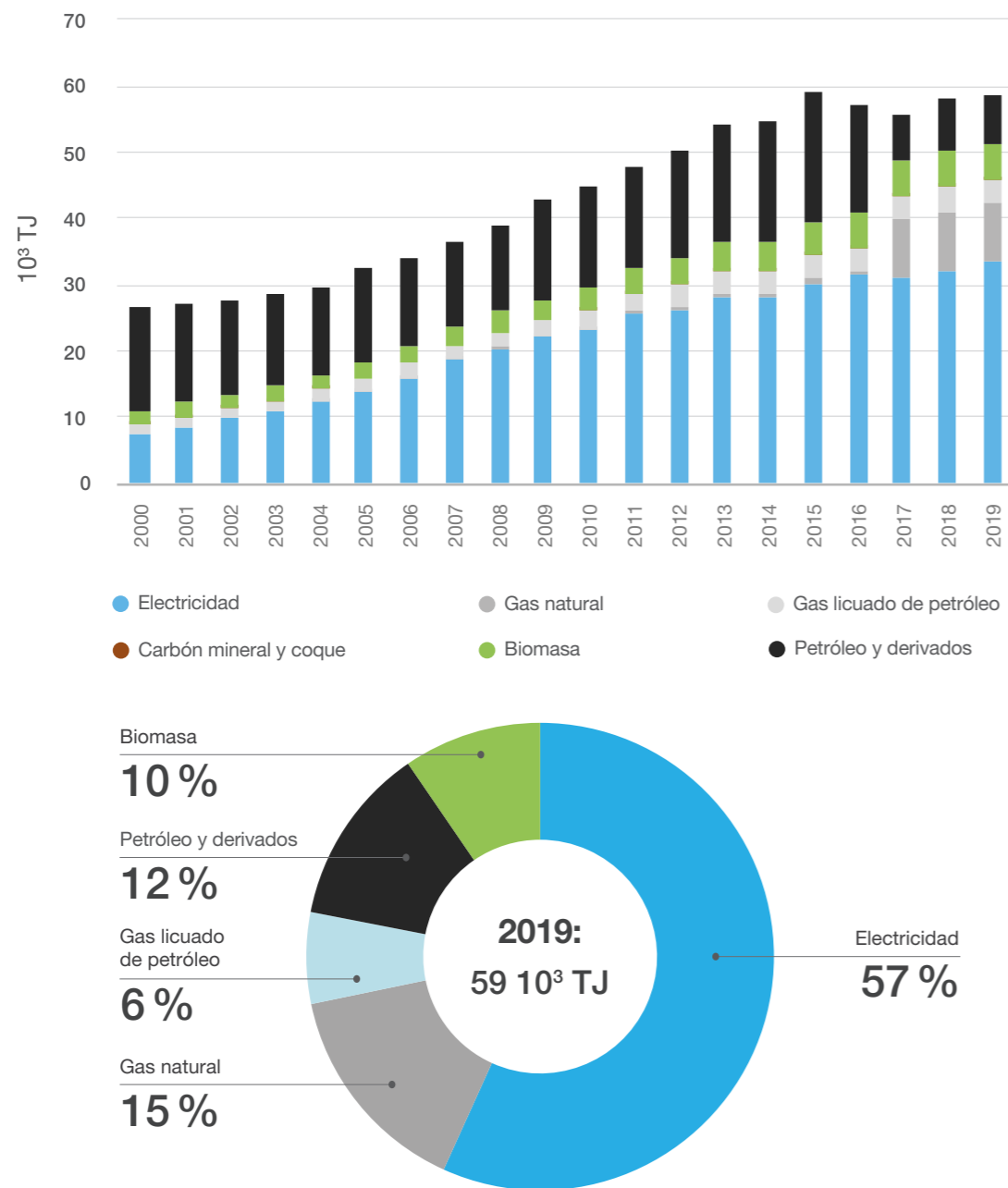
Sector comercial, servicios y público

El consumo final del sector comercial, servicios y público aumentó en los últimos 20 años (4,2 % promedio anual). Por fuente, se pueden destacar las características siguientes:

- alta participación de la electricidad en el consumo total (57 % en 2019);
- el suministro del resto de la demanda es por medio del gas natural, petróleo y sus derivados, biomasa y GLP. El consumo de gas natural ha aumentado fuertemente desde 2017, en reemplazo del petróleo y derivados.

Gráfico 18

Sector comercial y público: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ

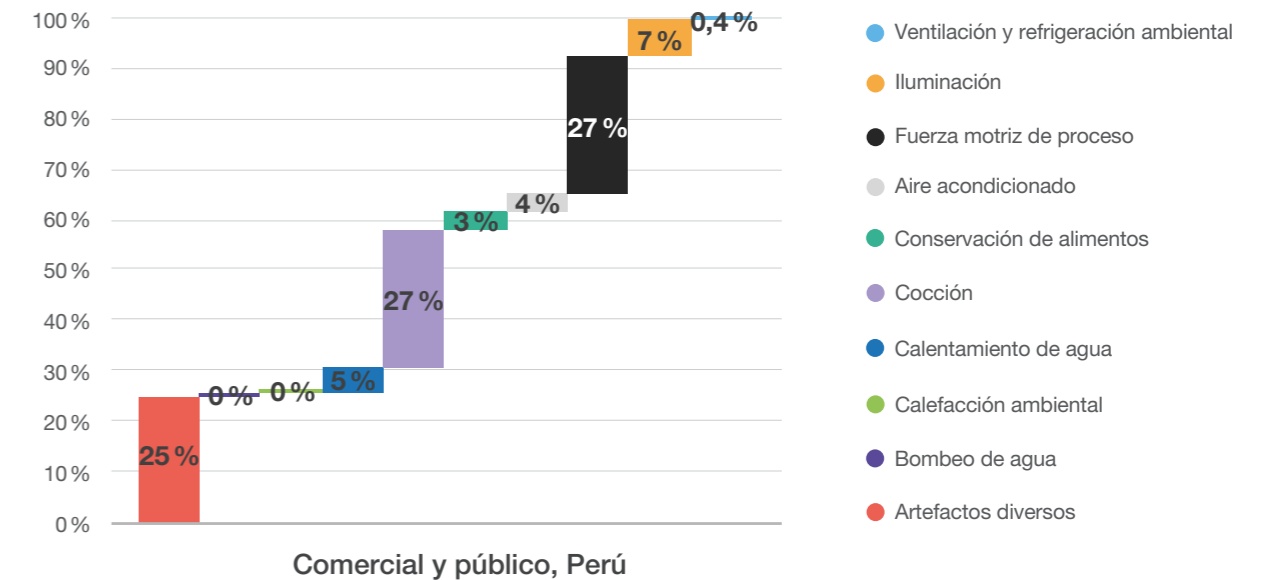


Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

En términos de consumo de energía por usos finales, los usos fuerza motriz, cocción y artefactos diversos son los de mayor consumo. En fuerza motriz, predomina el sector público donde se utiliza principalmente gasohol, turbo y gasolina. El uso artefactos diversos presenta un consumo exclusivamente eléctrico y cocción de alimentos predomina en el sector comercial con un consumo principalmente de gas por red, GLP y leña.

Gráfico 19

Sector comercial y público: consumo de energía por usos finales, 2013



Fuente: Elaboración propia con base en datos del balance de energía útil, 2015, ENERINTER-Mercados energéticos consultores, Datum Internacional.



Sector industrial

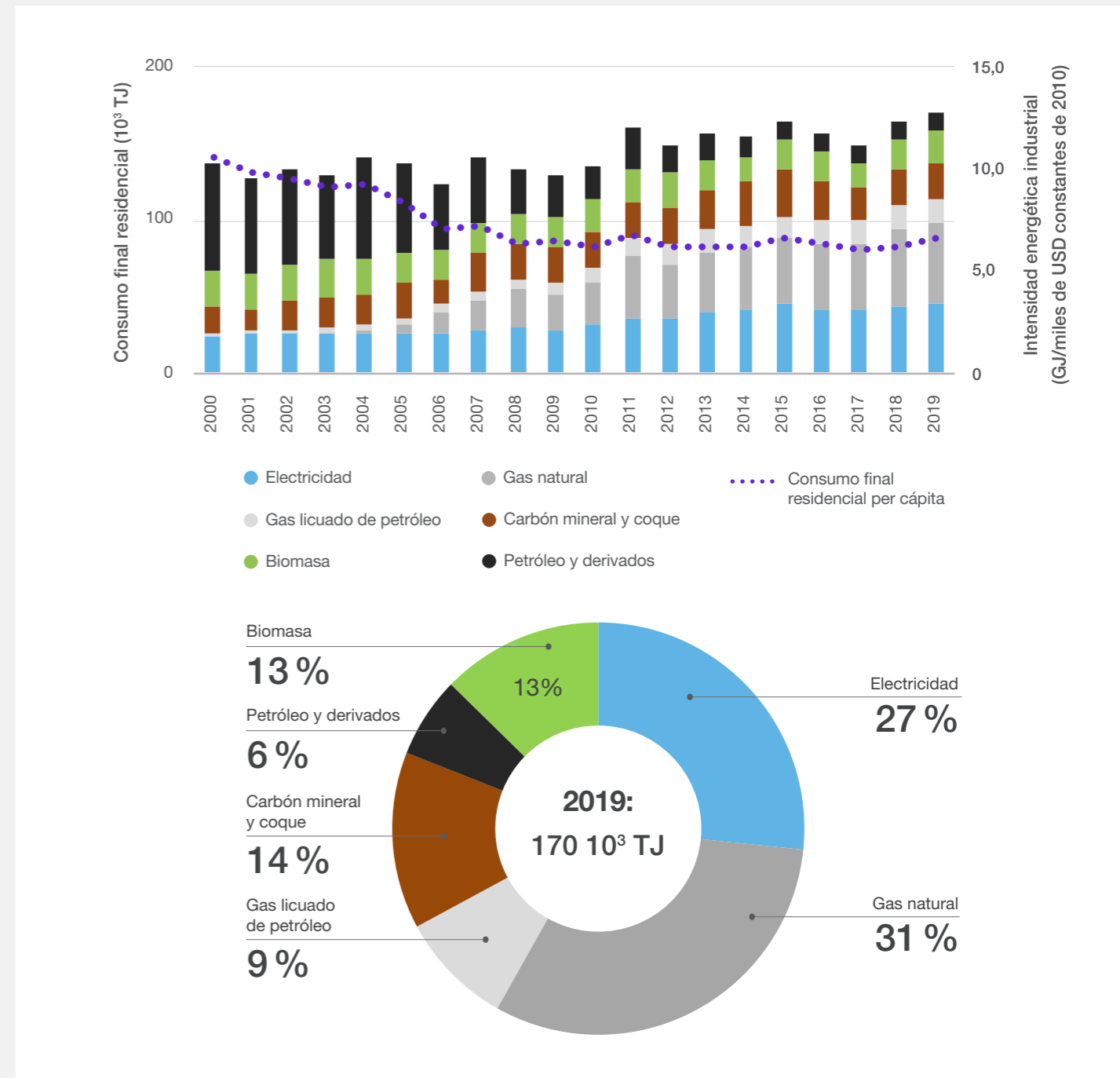
El consumo final industrial aumentó en los últimos 20 años (1,2 % promedio anual). Por unidad de PIB, la intensidad energética del sector industrial disminuyó drásticamente en el período, en especial, durante el período entre 2000 y 2008, año desde el cual se mantuvo relativamente constante. Por fuente, se pueden destacar las características siguientes:

- la participación del gas natural es relevante, empezó a crecer a partir de 2004 y alcanzó el 31 % de la energía final consumida hoy día;
- el uso del petróleo y derivados es menor y disminuyó;
- el uso de la electricidad aumentó y alcanzó el 27 % en 2019, partiendo del 18 % en 2000.



Gráfico 20

► Sector industrial: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ

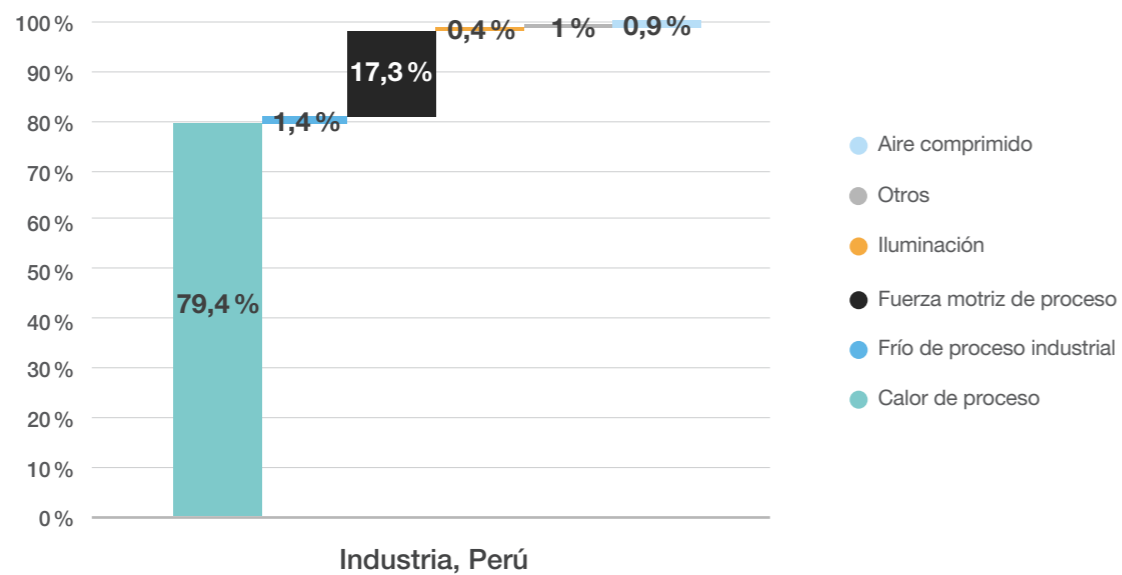


Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

En términos de consumo de energía por usos finales, calor de proceso presenta gran parte del consumo (79,4%), seguido por fuerza motriz con 17,3%.

Gráfico 21

Sector industrial: consumo de energía por usos finales, 2013



Fuente: Elaboración propia con base en datos del balance de energía útil, 2015, ENERINTER-Mercados energéticos consultores, Datum Internacional.



Sector transporte

Demanda por fuente

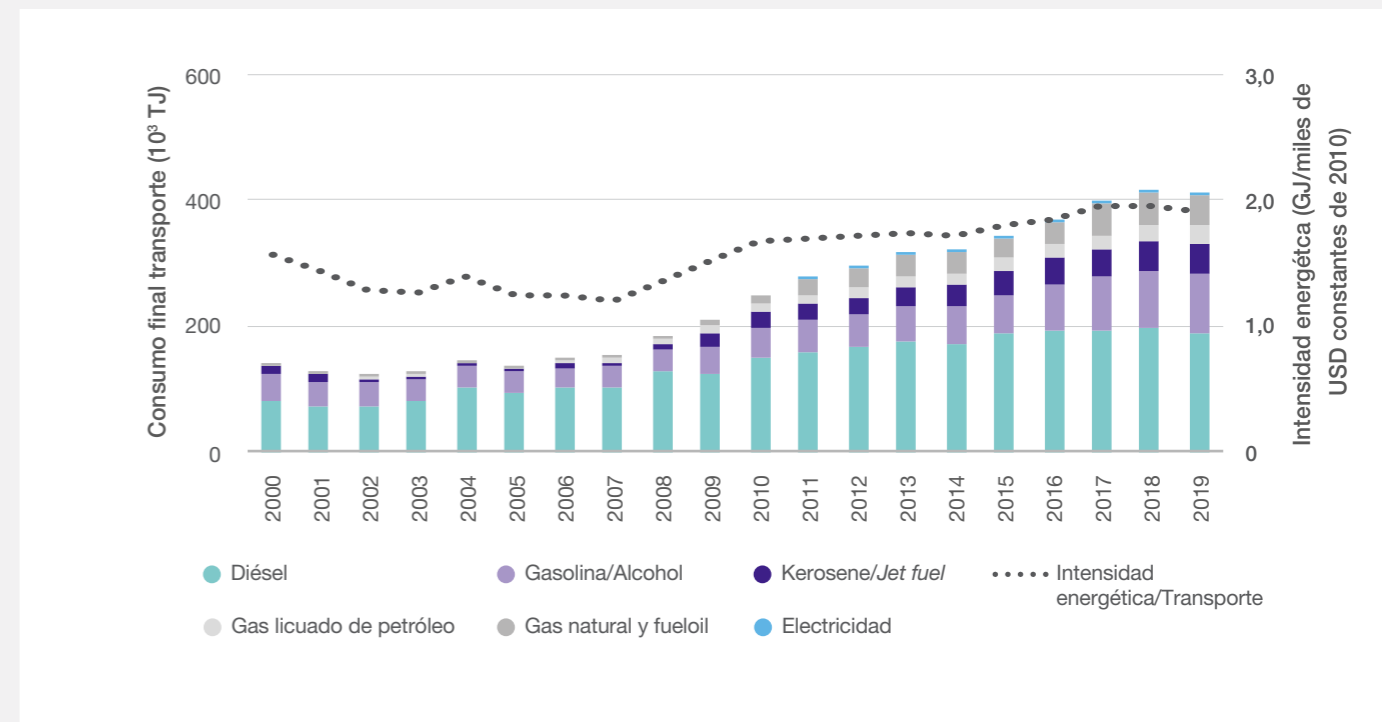
El consumo final para el sector transporte aumentó de manera sostenida en los últimos 20 años (5,9% promedio anual). Por unidad de PIB, la intensidad

energética del sector transporte¹¹ aumentó en el período, aunque de forma menos significativa. Por fuente, se pueden destacar las características siguientes:

- alto consumo de diésel (46%) seguido por gasolina/alcohol (22%);
- aumento del consumo de kerosene/*jet fuel* y gas natural/fueloil, alcanzado 12% en ambos casos.

Gráfico 22 A

Sector transporte: evolución del consumo final por fuentes y año 2019, 10³ TJ

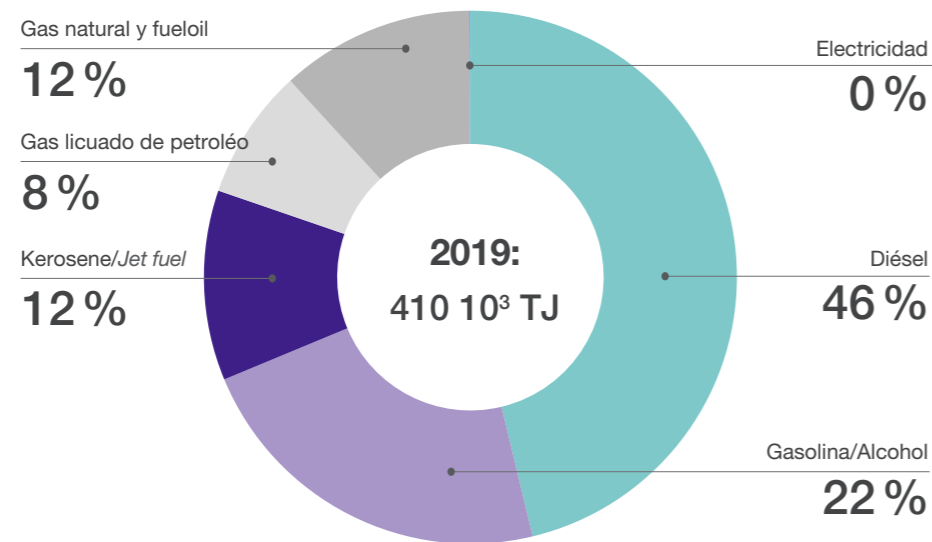


Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

¹¹ La intensidad energética del sector transporte se calcula como consumo energético transporte/PIB total. No se considera el PIB del sector transporte únicamente. El consumo en transporte lo realiza toda la economía.

Gráfico 22 B

► **Sector transporte: evolución del consumo final por fuentes y año 2019, 10³ TJ**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

Parque automotor y consumos por tipo

La tabla 8 muestra el total de vehículos carreteros y la repartición por tipo. La flota de automóviles y camionetas alcanza el 78 % de la flota total, contra 9 % de motos y 7 % de carga.

Tabla 8

► **Cantidad de vehículos carreteros total y por tipo, 2019**

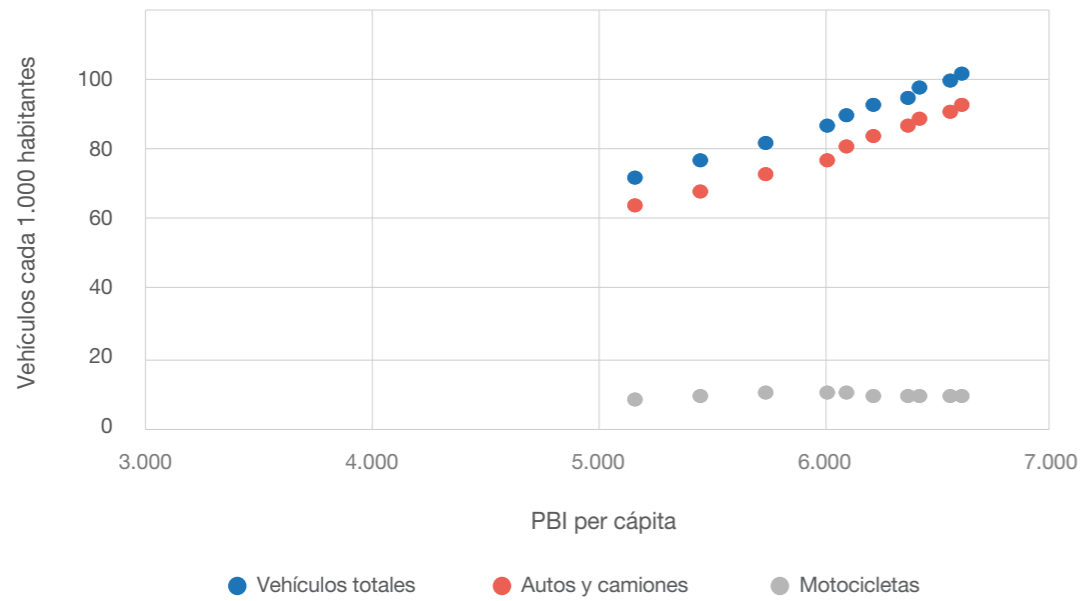
	2019
Automóviles	55 %
Camionetas	23 %
Motos	9 %
Ómnibus	3 %
Carga	7 %
Máquinas pesadas + volteo	4 %
Total	3.287.413

Fuente: Elaboración propia con base en datos del balance de energía útil, 2013, ENERINTER-Mercados energéticos consultores, Datum Internacional.

Perú desarrolla su parque de vehículos con el aumento de PIB per cápita; en particular, el número de autos y camionetas crece más que el de las motocicletas que parece mantenerse constante.

Gráfico 23

► Parque de vehículos versus PIB per cápita, entre 2010 y 2019



Fuente: Elaboración propia a partir del *Anuario Estadístico 2019*, Ministerio de Transportes y Ministerio de Comunicaciones.

La tabla 9 muestra el consumo de combustibles por tipo de transporte y por combustible.

Tabla 9

► Consumo por tipo de transporte y por tipo de combustible, 10³ TJ y %, 2019¹²

	Consumo total (10 ³ TJ)	Diésel	Gasohol	Gasolina	Gas licuado	Gas por red	Turbo	Electricidad	Petróleo
Pasajeros	156	31 %	32 %	3 %	16 %	18 %	-	-	-
Carga	180	77 %	16 %	1 %	4 %	1 %	-	-	-
Aéreo	16	-	-	-	-	-	100 %	-	-
Naval	24	67 %	-	29 %	1 %	-	-	-	3 %
Ferrovionario	2	89 %	-	-	-	-	-	11 %	-

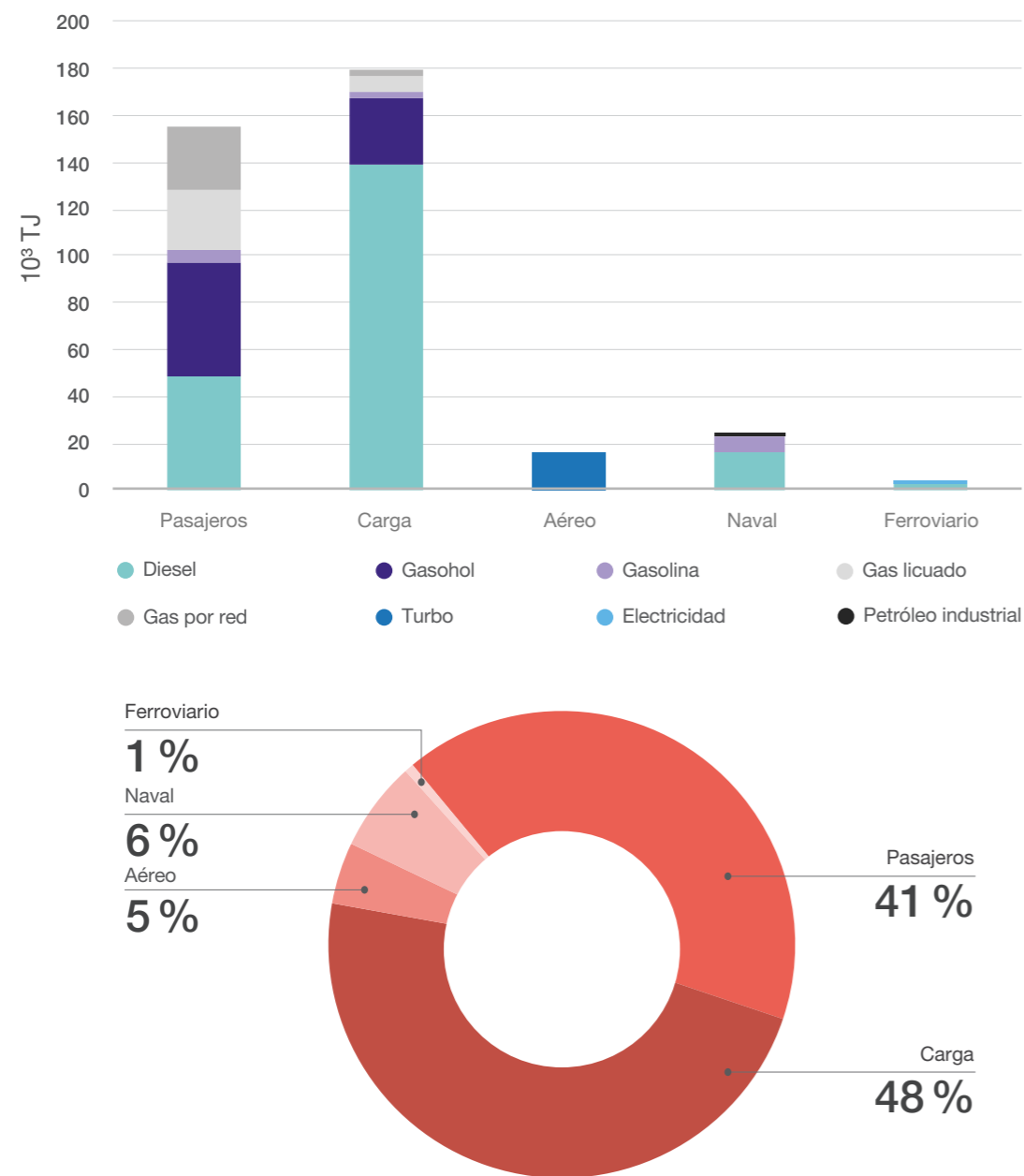
Fuente: Elaboración propia con base en datos del balance de energía útil, 2013, Mercados energéticos consultores, Datum Internacional.

El transporte de carga es el que más energía consume (48 % del total) y utiliza principalmente diésel, seguido por el transporte de pasajeros (41 %). En términos de consumo por combustible, el transporte de pasajeros consume mayormente gasohol, diésel, gas por red y GLP.

¹² Las diferencias observadas entre el balance energético publicado por la OLADE y el balance energético nacional se deben a la contabilización de los consumos energéticos del transporte internacional. Para las proyecciones energéticas del capítulo siguiente, se utilizaron los datos del balance energético nacional.

Gráfico 24

Sector transporte: consumo final por tipo y por combustible, 10³ TJ



Fuente: Elaboración propia con base en datos del balance de energía útil, 2013, Mercados energéticos consultores, Datum Internacional.



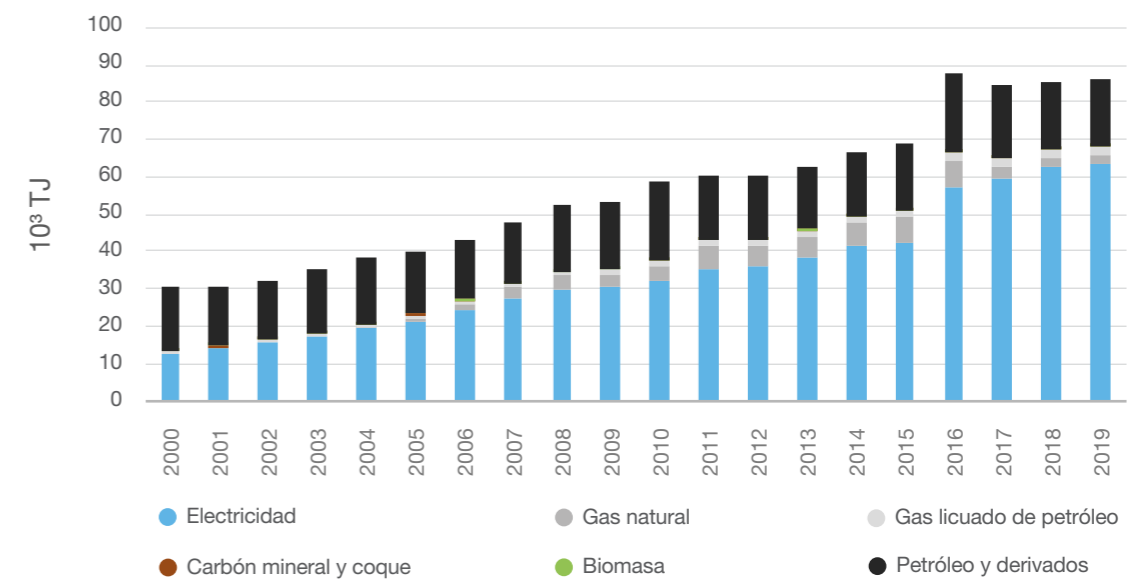
Sector agropecuario, pesca, minería y construcción

El consumo final del sector aumentó de forma irregular en los últimos 20 años (5,7 % promedio anual)¹³. Por fuente, se pueden destacar las características siguientes:

- gran participación de la electricidad (74 %);
- participación del petróleo y sus derivados (cercana al 21 %);
- suministro de GLP y gas natural en el resto de la demanda.

Gráfico 25 A

Otros sectores: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ

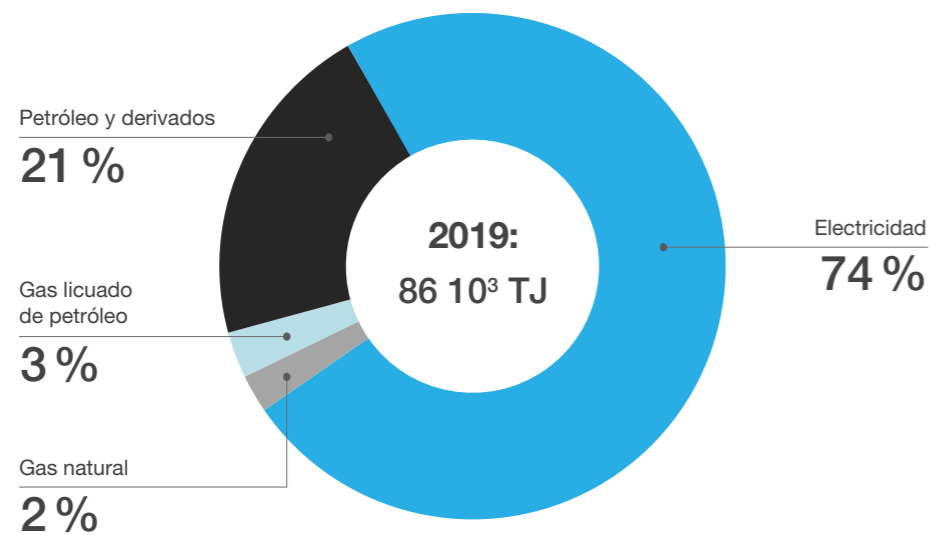


Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

¹³ El aumento del consumo de electricidad a partir del año 2016 podría ser el resultado de un cambio en la metodología de conteo estadístico o una nueva demanda adicional del sector.

Gráfico 25 B

▶ Otros sectores: evolución del consumo final por fuentes, 10³ TJ



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

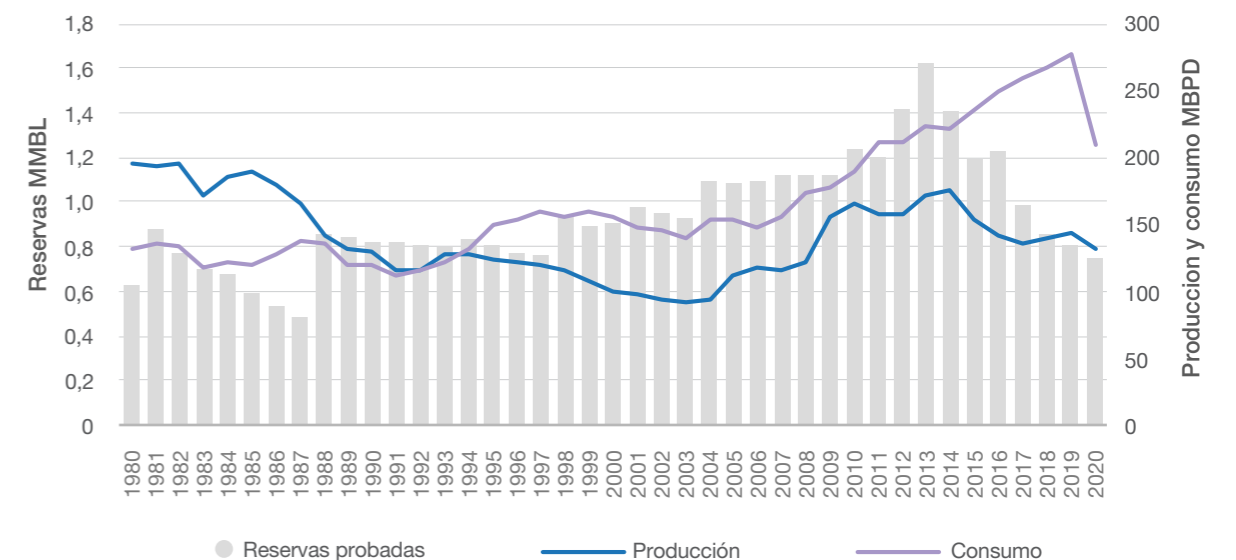
Por subsector, se puede mencionar que el sector minería suma la mayoría (89 %) de la demanda, y que los sectores agropecuario y pesca cubren el remanente (8 % y 4 %, respectivamente).

5. Comercio exterior

Perú es importador neto de petróleo desde 1990, si bien en la década de los ochenta fue exportador neto -producía excedentes sobre la carga requerida en sus refinerías. Esto pese al crecimiento de sus reservas, que comenzaron a declinar rápidamente a partir de 2013.

Gráfico 26

▶ Reservas, producción y consumo de petróleo, MMBL

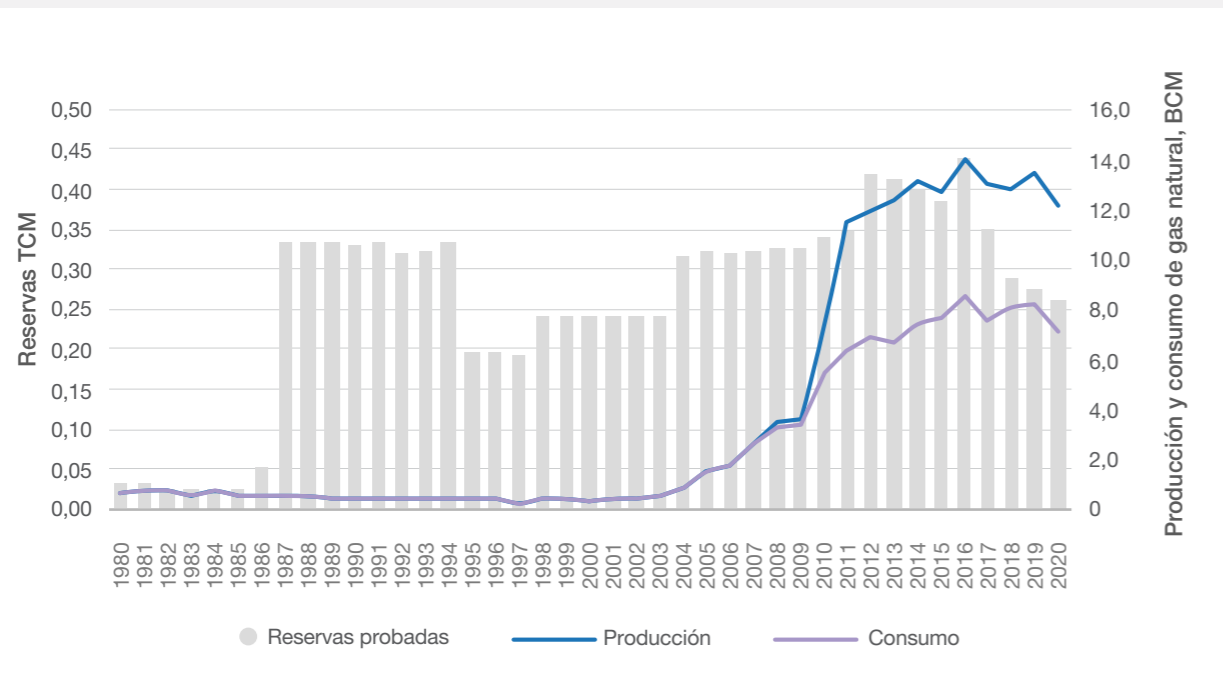


Fuente: Elaboración propia con base en datos del BP Statistical Review of World Energy 2022.

En gas natural, el desarrollo del campo de Camisea produjo un punto de inflexión que condujo a la caracterización del país como exportador neto de gas natural.

Gráfico 27

► Reservas, producción y consumo de gas natural, TCM



Fuente: Elaboración propia con base en datos del BP Statistical Review of World Energy 2022.

6. Sector eléctrico

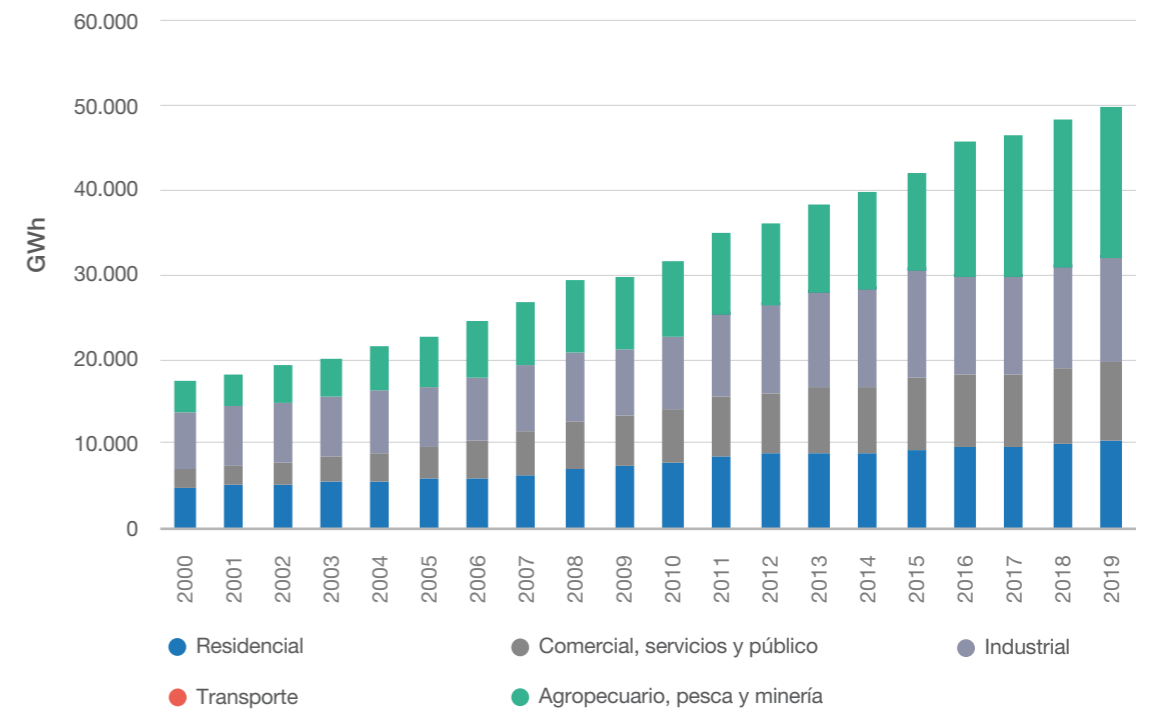


Demanda eléctrica

El gráfico 28 muestra el consumo final eléctrico, distinguido entre los distintos sectores de la economía.

Gráfico 28 A

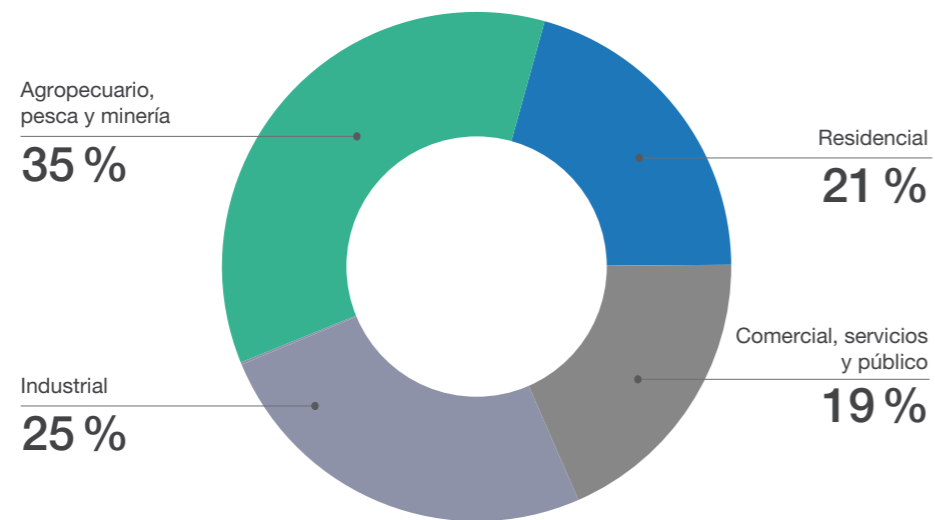
► Consumo final eléctrico por sector, entre 2000 y 2019, y el año 2019, GWh



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

Gráfico 28 B

► Consumo final eléctrico por sector, entre 2000 y 2019, y el año 2019, GWh



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE.

Históricamente, en Perú, la demanda de electricidad conservó una relación directa con el crecimiento económico, que se explica mayormente por el sector industrial (minería, construcción) y el crecimiento poblacional. Las tendencias de crecimiento de corto y largo plazo fueron:

- 5,7 % a largo plazo (entre 2000 y 2019);
- 4,6 % a corto plazo (entre 2014 y 2019).

En 2019, la composición promedio del consumo eléctrico en Perú estuvo representada por el sector agropecuario, pesca y minería (35 %) en primer lugar, seguido por el sector industrial (25 %) y el sector residencial (21 %). Durante los últimos 20 años, la participación del sector residencial en el consumo total de electricidad disminuyó de 28 % en 2000 a 21 % en la actualidad.

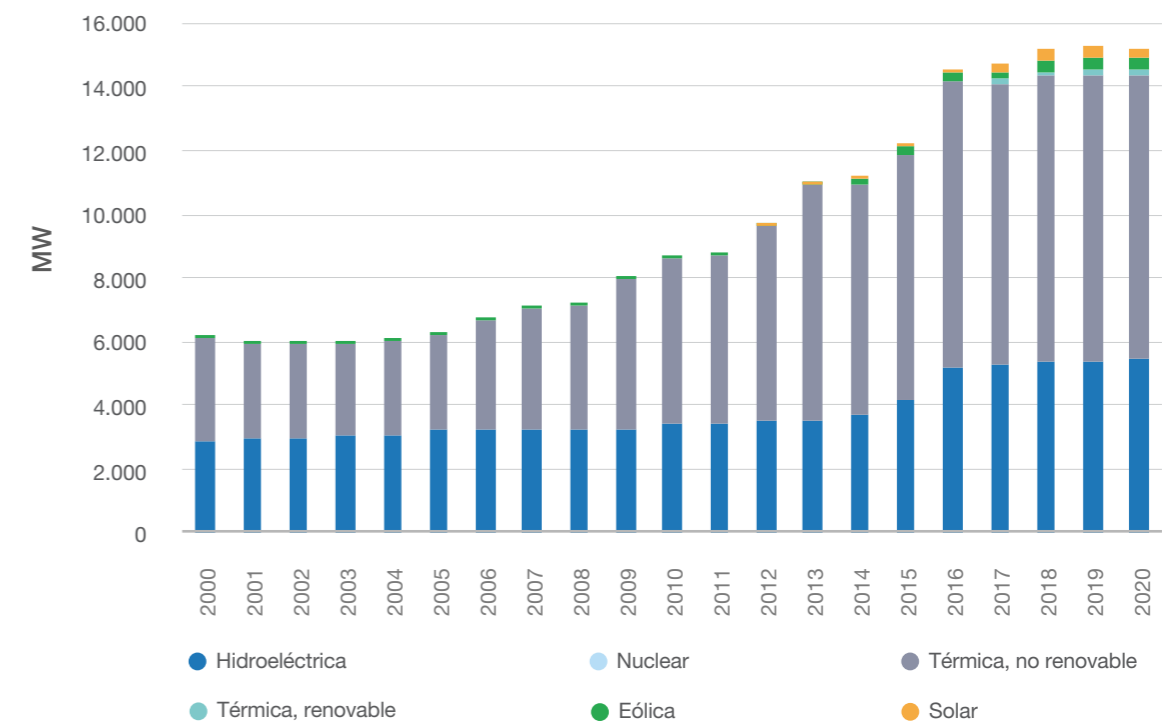


Capacidad instalada

La capacidad instalada en Perú era cerca de 15 GW en 2019 (incluidos los sistemas aislados). Alrededor del 59 % de esa capacidad correspondía a centrales térmicas no renovables (mayormente, a gas o combustibles líquidos), mientras que las centrales hidroeléctricas representaban el 36 % de la capacidad instalada.

Gráfico 29

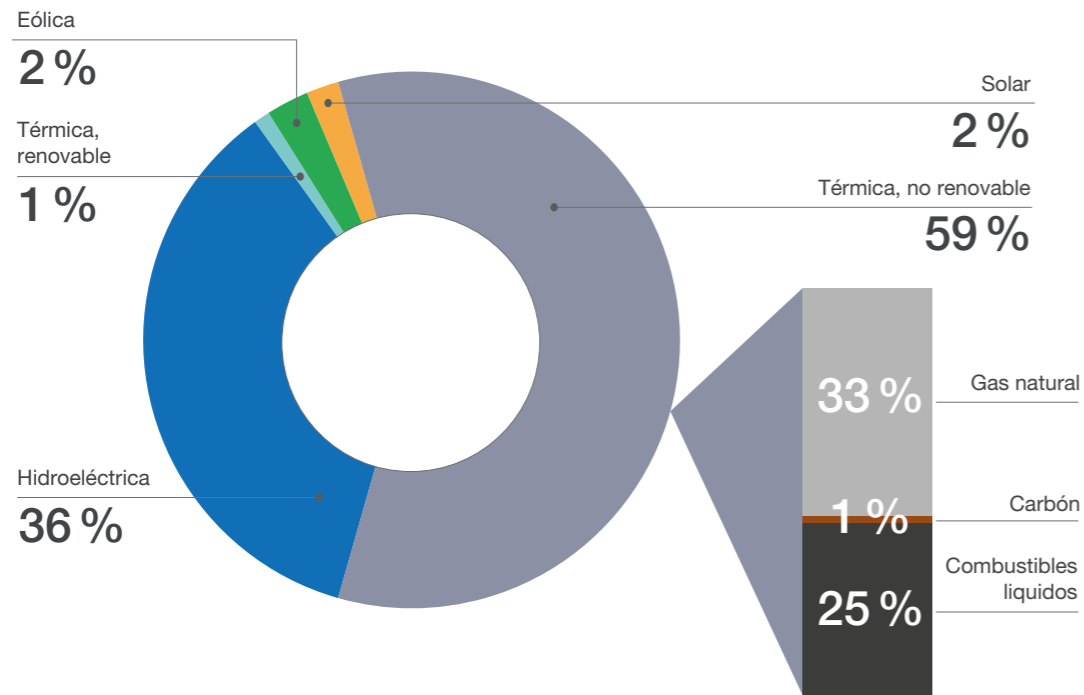
► Capacidad instalada entre 2000 y 2020, MW



Fuente: Elaboración propia con base en datos del sieLAC, OLADE. Incluye sistemas aislados (SS. AA.).

Gráfico 30

► Capacidad instalada por fuente, 2019, %



Fuente: Elaboración propia según datos del COES y MINEM. Incluye sistemas aislados (SS AA).

En la última década, se instalaron muchas centrales a gas (alrededor del 40 % del total actual), lo que coincide con un parque de generación joven. En los años recientes, se empezaron a desarrollar proyectos eólicos y solares para diversificar la matriz de generación; se instalaron 1.655 MW de energía eólica y 763 MW de energía solar para 2019.

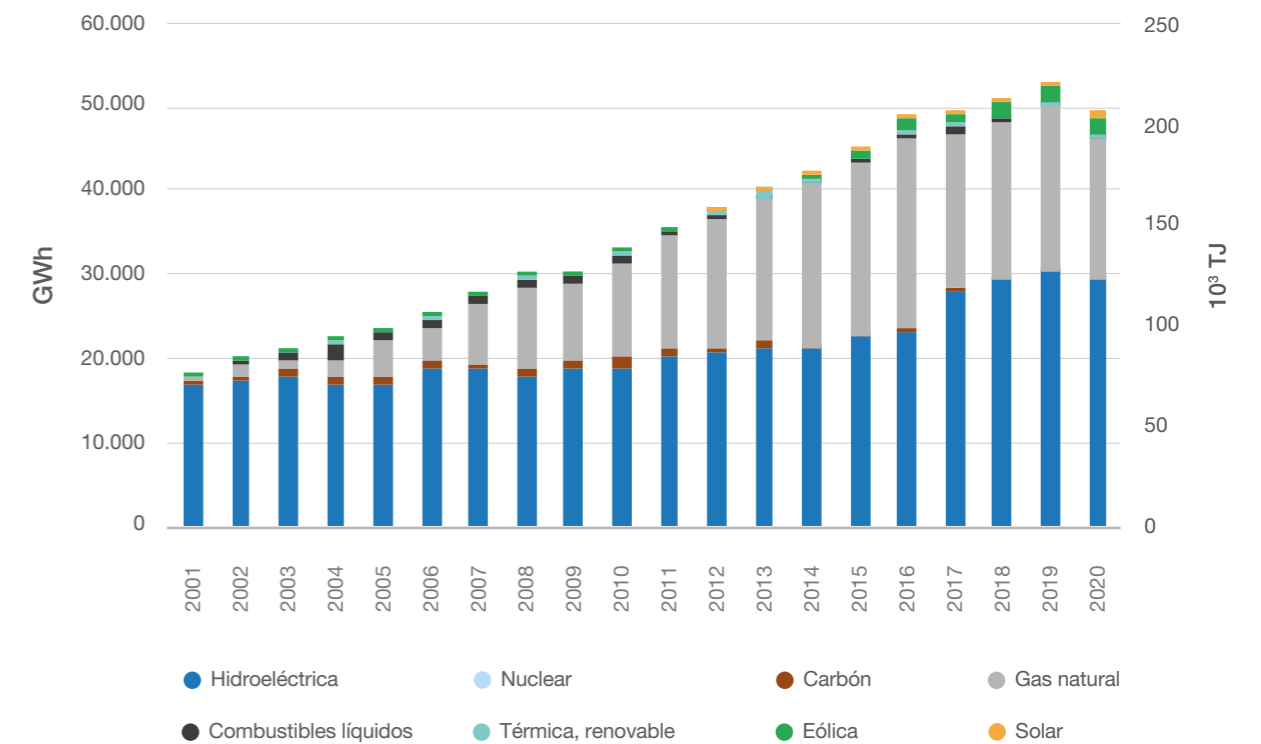


Generación eléctrica

En el período, se observa un gran aumento de la generación a partir del gas natural, el cual alcanzó una participación del 37 % en 2019 y se ubicó solo por detrás de la hidroelectricidad (57 %). El gas natural se introdujo en 2004 con el inicio de las operaciones del yacimiento de Camisea¹⁴. Los derivados del petróleo (búnker y diésel) tienen actualmente una participación muy baja. La generación hidroeléctrica muestra una tendencia en aumento en el período, a una tasa promedio anual del 3,3 %.

Gráfico 31

► Generación de electricidad por fuente entre 2001 y 2020, GWh y 10³ TJ

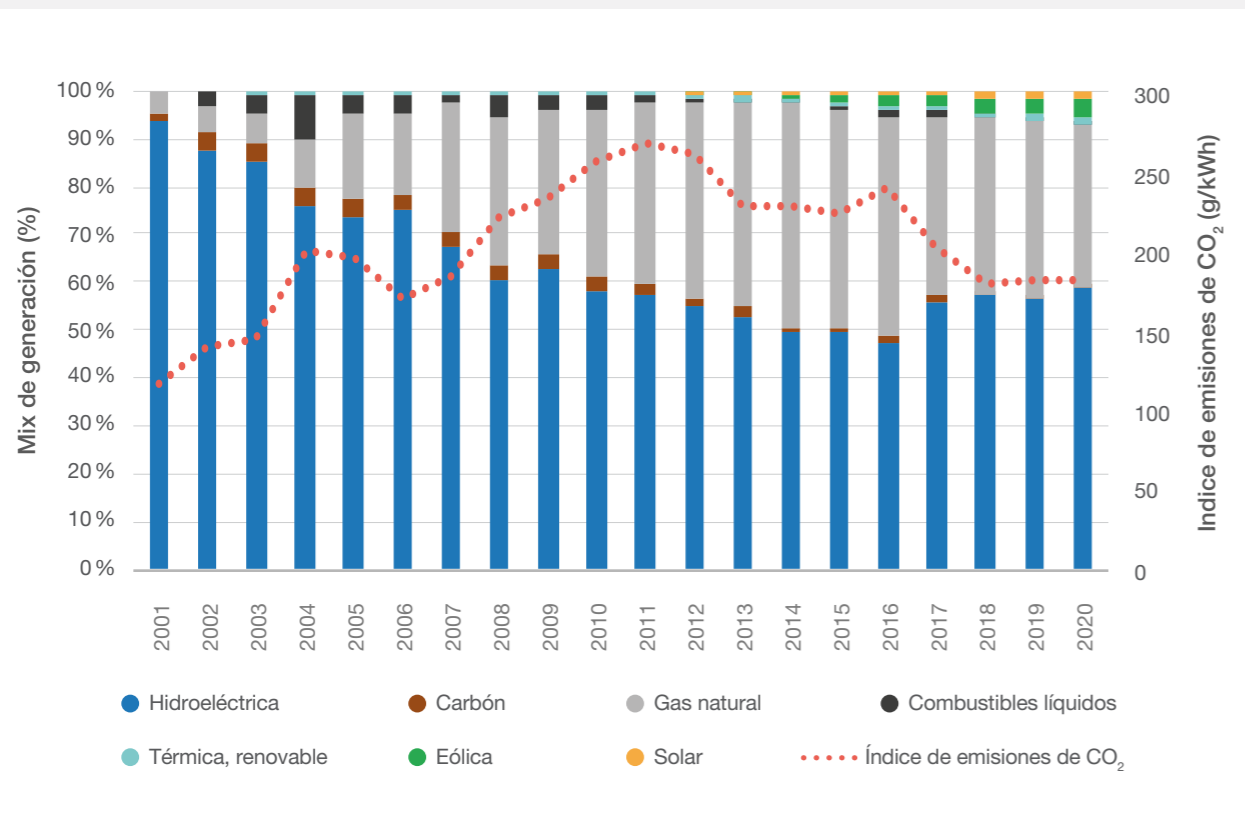


Fuente: Elaboración propia con base en datos del COES (operador del sistema) y sieLAC, OLADE.

¹⁴ Camisea es uno de los reservorios de gas natural convencional más importante de Sudamérica.

Gráfico 32

► Generación de electricidad por fuente entre 2001 y 2020, %, e índice de emisiones de CO₂ del sector eléctrico, g/kWh



Fuente: Elaboración propia con base en datos del COES y sieLAC, OLADE.

El gas natural abasteció gran parte del aumento de la demanda, lo cual condujo a un aumento en el índice de emisiones de CO₂ en el período.

Finalmente, debido a la participación significativa de la hidroelectricidad en la composición de la generación, los precios de la Bolsa reflejan una cierta volatilidad en el sistema peruano. También presentan estacionalidad (temporada lluviosa de mayo a noviembre y seca de diciembre a abril). Recientemente, los precios son bajos debido a la relativa sobreoferta del mercado.

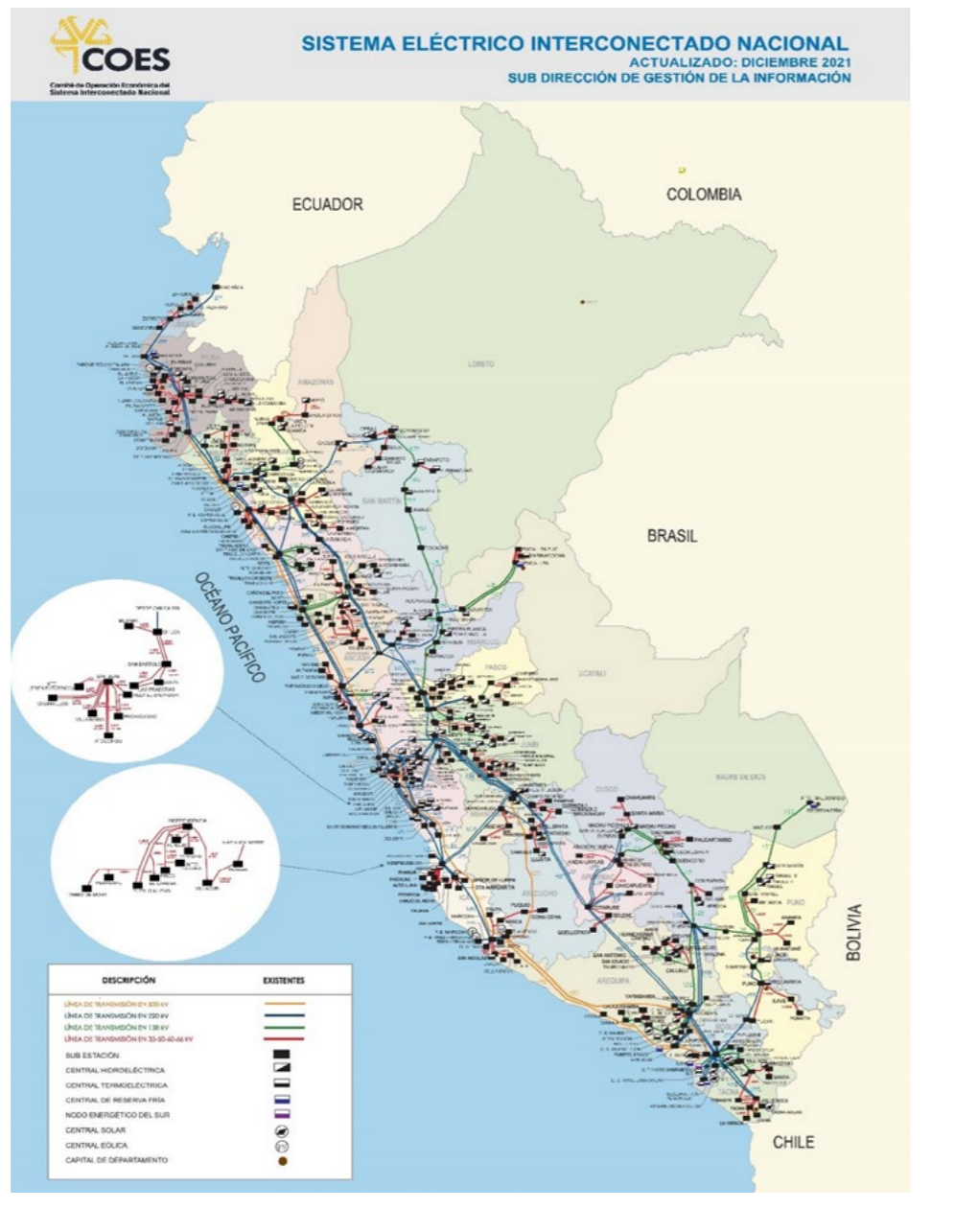
7. Redes eléctricas y de gasoductos existentes

En la actualidad, Perú tiene 29.900 km de líneas de transmisión eléctrica (2020, COES) y 730 km de red de transporte de gas (2022, OSINERGMIN).



Gráfico 33

Sistema Eléctrico Interconectado Nacional 2021, Perú



Fuente: COES.

Gráfico 34

Red de transporte de gas natural de Lima y Callao, 2022, Perú



Fuente: OSINERGMIN.

Perú tiene gran potencial hidroeléctrico, eólico onshore y offshore, solar y geotérmico, todos recursos favorables para el desarrollo de un parque de generación eléctrica con bajas emisiones. El sur del país goza de uno de los mejores índices de radiación solar del mundo.

8. Conclusiones

Perú presenta una realidad actual que denota ciertas características relevantes como línea base para encarar la transición energética hacia la carbono neutralidad.

- El desempeño de la economía peruana mostró un crecimiento económico histórico sostenido que puede favorecer un proceso de transición energética.
- No obstante, pese al crecimiento económico, hay que considerar que existe un alto grado de informalidad en el país, con una fracción muy importante de la población fuera del circuito económico.
- Incluso cuando la incidencia de la pobreza y pobreza extrema es elevada, el abatimiento de esta, que necesariamente deberá suceder como parte de la transición (la definición de sostenibilidad de las Naciones Unidas se refiere a tres ejes: social, económico y ambiental), conllevará un crecimiento de la demanda de energía. Este crecimiento de la demanda de energía no solo aumentará los requerimientos de inversión, sino que —al mismo tiempo— permitirá ampliar los mercados, lo cual puede mejorar la competitividad a fin de introducir nuevas tecnologías bajas en emisiones.
- El país tiene un potencial hidroeléctrico de unos 70 GW, explotado solo en alrededor del 8 %, lo que permite expandir su aprovechamiento. La mayor parte de este potencial hidroeléctrico provendría de la cuenca del Atlántico, que requiere reservorios en la selva, lo cual puede conllevar problemas ambientales.
- También tiene un gran potencial eólico *onshore* (20 GW) y *offshore*, solar (25 GW) y geotérmico (3 GW), todos recursos favorables para el desarrollo de un parque de generación eléctrica con bajas emisiones. En particular, el sur de Perú se beneficia de uno de los mejores índices de radiación solar del mundo.

- Perú tiene importantes reservas de gas natural; es un país exportador neto y cuenta con un horizonte de una relación reservas/producción de unos 25 años. Este es un aspecto positivo para el país dado que el gas natural es un combustible aceptado internacionalmente como sustentable para la transición energética a mediano plazo, tal como lo estableció el Parlamento Europeo.
- Los precios de los energéticos están altamente subsidiados mediante un subsidio cruzado (precio de la electricidad) y subsidios directos (GLP). Actualmente, se subsidia el precio del diésel y de ciertas gasolinas.
- No existe una regulación detallada para la generación distribuida.
- Se han desarrollado diversas políticas asociadas a la transición energética, tales como:
 - subastas de energía renovables para generar electricidad y
 - legislación RER para las energías renovables no convencionales en la generación eléctrica.



Metodología de
proyección energética

1. Año base y horizonte de planeamiento

El año base considerado para la proyección es el 2019, descrito previamente en el capítulo “Diagnóstico y línea base”. El horizonte de planeamiento se inicia en 2019 y termina en 2060.



2. Modelado de proyección



Descripción general

Para la realización del estudio se utilizó el modelo de la plataforma de análisis de bajas emisiones (LEAP), desarrollado por el Instituto Ambiental de Estocolmo (SEI, por sus siglas en inglés). El modelo LEAP es una herramienta (software) utilizada para el análisis de políticas energéticas y la evaluación de la mitigación del cambio climático. En este caso, se lo utilizó para la modelización de las emisiones del sector energía relacionadas con la quema de combustibles en Perú.

En términos de metodologías de modelado, el modelo LEAP es particularmente versátil.

- El modelo LEAP parte de la información de los balances energéticos que garantizan la integridad de la información que se está utilizando.
- La demanda energética se puede proyectar utilizando metodologías:
 - *bottom-up* (de abajo hacia arriba), a partir de datos específicos detallados para llegar a una proyección total, o
 - *top-down* (de arriba hacia abajo).

En este trabajo, se optó por un modelado *bottom-up* y se dividió la demanda en sectores (residencial, industrial, transporte, etc.) que, a su vez, fueron subdivididos según ramas y usos.

- La oferta energética ofrece una amplia gama de metodologías de simulación que permiten estimar un despacho anual de generación de electricidad o incorporar los resultados de otros modelos de optimización más especializados.

Los sectores de demanda modelados se proyectan según un nivel de actividad y una variable explicativa, los cuales se resumen simplídicamente en el gráfico 35.

Gráfico 35

Sectores, niveles de actividad y variables explicativas

Sector	Nivel de actividad	Variable explicativa
Residencial	Población	Consumo per cápita
Transporte carretero	Variable objetivo, parque automotor	Consumo promedio por vehículo
Transporte no carretero	PIB total	Intensidad energética
Industrial	PIB sectorial	Intensidad energética por rama y usos
Comercial, servicios y público	PIB sectorial	Intensidad energética
Agropecuario, pesca, minería y construcción	PIB sectorial	Intensidad energética

Fuente: Elaboración propia.

El PIB sectorial es uno de los principales motores de crecimiento de la demanda de energía, en particular, para los sectores productivos, mientras que la evolución de la población desempeña un papel preponderante en el crecimiento de la demanda de energía del sector residencial. El sector transporte carretero depende de la evolución de la cantidad de vehículos que, a su vez, está relacionada con el PIB per cápita en el caso del transporte de pasajeros y PIB para el transporte de cargas. El transporte no carretero se proyecta en función del PIB global.



Demanda por sector

Sector residencial

Para analizar y proyectar el consumo energético del sector residencial, se estima la **proyección de la población y del consumo unitario** por uso y por fuente per cápita.

El **consumo residencial** presenta dos tipos de usos: los usos de calor (mayormente, cocción, agua caliente sanitaria [ACS], calefacción) que utilizan distintos combustibles con potencial de sustitución y los usos eléctricos (iluminación, refrigeración, etc.). Los siguientes análisis se aplican a cada grupo.

- **Usos de calor**

- **Cocción.** Se analizan las tendencias históricas de consumo en términos de energía útil¹⁵ por 1.000 habitantes, que se usan para la proyección a futuro. Se plantean supuestos de sustituciones de combustibles por escenario (que corresponden al reemplazo de la leña por artefactos de cocción eléctricos o a gas natural).

¹⁵ Según (OLADE, BID, 2017), la energía final “es la cantidad de fuente energética que se consume en cada uno de (los) sectores económicos y sociales del país”. Por otra parte, la energía útil “es la cantidad de energía realmente utilizada para cumplir la tarea productiva del equipo o aparato consumidor, por ejemplo, el calor necesario que deban absorber los alimentos para cocinarse”.

- **ACS y calefacción.** Dado que estos sectores son incipientes y este tipo de consumo ocurre con el incremento del PIB per cápita, se transponen los consumos actuales observados en España y Portugal (países con condiciones climáticas parecidas a las de la región) como consumos objetivo¹⁶. Se plantea también una mayor implementación de medidas de eficiencia energética y supuestos de tipo de combustibles a usar.
- **Otros usos eléctricos.** Los usos eléctricos (iluminación, refrigeración, aire acondicionado, bombeo de agua, electrónicos, etc.) se proyectan a partir de una regresión histórica contra el PIBpc, que refleja el aumento de los usos eléctricos con el nivel de vida. Adicionalmente, se consideran mejoras en la eficiencia energética.

Sector comercial, servicios y público

Para estimar el consumo energético del sector comercial, se partió del consumo del año 2019 y se proyectó **a partir del crecimiento del PIB y la intensidad energética obtenida para el año base**, por fuente, sin diferenciar por uso final. Se plantean diferentes premisas en cuanto a eficiencia energética y sustitución entre combustibles.

Sector industrial

La industria se proyectó con información de consumos energéticos del año 2019 desagregada con un dígito de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) adicional al del PIB sectorial, es decir, **por rama de actividad**. Se modelaron ocho ramas, de las cuales alimenticia, cemento y otras industrias, son las de mayor peso a nivel de consumo energético. A su vez, para cada rama

¹⁶ Se asume que el aumento del poder adquisitivo (PIB per cápita) conlleva un aumento en la demanda por mayores niveles de comodidad y confort por parte de los individuos. Esto implica un incremento de los consumos actuales a niveles internacionales compatibles con un nivel de vida digna.

industrial, el consumo se desagrega por usos finales (calor directo, calor indirecto, fuerza motriz, etc.) y por fuentes.

Para la **proyección** del consumo energético se utiliza el **crecimiento esperado del PIB, en conjunto con la intensidad energética por rama y uso** obtenida para el año 2019, principalmente, a partir de los balances de energía final y útil disponibles. Se tomó como premisa que las ramas de actividad mantendrán su participación sobre el total del PIB industrial durante el horizonte de planeamiento¹⁷. La eficiencia energética se modela a través de una reducción de la intensidad energética mientras las sustituciones entre combustibles se realizan en términos de energía útil, con tasas de participación anuales.

Sector transporte

El sector transporte se proyecta conforme a la siguiente estructura para reflejar los principales motores que varían para cada segmento:

- transporte carretero de pasajeros (autos, motos, ómnibus, etc.);
- transporte carretero de cargas (camiones, tractocamiones);
- otros (aéreo, marítimos y fluvial, ferroviario).

Transporte carretero de pasajeros

Para determinar el nivel de consumo energético o nivel de actividad del sector transporte carretero de pasajeros, se estimó:

- la **evolución del parque automotor** (cantidades de motos, autos, camionetas, ómnibus, etc.) y

¹⁷ Esta premisa implica que no se modelan cambios estructurales dentro del sector industrial; se aplica la misma tasa de crecimiento del PIB para todas las ramas de actividad.

- el **consumo promedio por vehículo** calculado como recorrido medio anual dividido el rendimiento en km por unidad de energía.

Proyección del parque automotor de pasajeros

- Transporte privado (motos, autos, camionetas)

En primer lugar, se realizó una identificación de países con alto grado de desarrollo y se estimó la cantidad promedio de autos y motos por cada 1.000 habitantes en estos países. Dicho promedio se utilizó como **punto de saturación** a largo plazo (2060) y se realizaron proyecciones utilizando una función logística¹⁸ para estimar la cantidad de vehículos de transporte privado a futuro.

Adicionalmente, para estimar la cantidad de vehículos por tipo (motos/autos), se utilizaron las conclusiones de Law (Law, 2015) sobre la relación entre la **cantidad de motos por cada 1.000 habitantes y el PIB per cápita** en forma de “**U**” **invertida**¹⁹. Esto último implica que, en un principio, la cantidad de motos por cada 1.000 habitantes tiene una relación positiva con el PIB per cápita hasta un máximo a partir del cual, conforme aumenta el nivel de desarrollo de los países, la cantidad de motos comienza a decrecer y aumenta la cantidad de autos.

- Transporte público (*ómnibus*)

De igual manera que el transporte privado, se tomó el promedio de la cantidad de vehículos de pasajeros cada 1.000 habitantes en países desarrollados como punto de saturación esperado de los países en desarrollo a largo plazo y también se utilizó una función logística.

¹⁸ La función *logit* o curva logística o curva en forma de S es una función matemática que se utiliza en modelos de crecimiento de poblaciones, introducción de productos y otros. Dicha función constituye un refinamiento del modelo exponencial para el crecimiento de una magnitud. El crecimiento en la introducción de productos es inicialmente exponencial; al cabo de un tiempo, la tasa de crecimiento disminuye y, finalmente, en la madurez, el crecimiento se detiene.

¹⁹ Law, Hamid & Goh (2015), *The motorcycle to passenger car ownership ratio and economic growth: A cross-country analysis*.

Transporte carretero de cargas

Para determinar el nivel de consumo energético o nivel de actividad del sector transporte de cargas, se estimó:

- la **evolución del parque automotor** (cantidades de camiones + tractocamiones) y
- el **consumo promedio por vehículo** calculado como recorrido medio anual dividido el rendimiento en km por unidad de energía.

Proyección del parque automotor de cargas

Para estimar la evolución futura del parque automotor de cargas, se proyectaron las flotas de transporte de carga con el método de regresión lineal utilizando el PIB total (medido en paridad del poder adquisitivo [PPP] de 2017) como variable independiente.

El transporte de carga se segmenta en dos tipos de camiones: camiones y tractocamiones; estos últimos son aquellos de carga pesada que transportan acoplados. Las participaciones de cada tipo de camión se proyectaron constantes.

Sector aéreo, marítimo y fluvial, y ferroviario

El consumo energético para el sector se proyectó a partir del crecimiento del PIB global y la intensidad energética obtenida para 2019, para cada tipo de transporte, por fuente y sin diferenciar por uso final.

Sector agropecuario, pesca, minería y construcción

El consumo energético para este sector se **proyectó a partir del crecimiento del PIB y la intensidad energética** obtenida para el año 2019, por fuente y sin diferenciar por uso final. Las medidas de transición consideradas fueron mejoras en términos de eficiencia energética y sustitución entre combustibles.



Sector eléctrico

Se partió de la composición actual de la capacidad instalada y la generación. Para cubrir el crecimiento del sector en el corto y mediano plazo, el desarrollo del sector eléctrico considera los proyectos en construcción, que ya tienen un muy alto grado de certeza y avance.

A futuro, la expansión del parque de generación dependerá de:

- la competitividad relativa de las opciones de expansión (se considera que los proyectos renovables, en particular solar y eólico, se vuelven cada vez más competitivos por la reducción proyectada de sus costos de construcción y desarrollo);
- el potencial máximo de desarrollo de proyectos por tecnologías que se considera como límite máximo, tal como se publica a nivel nacional;
- decisiones de políticas energéticas indicadas en el plan de expansión de la generación;
- el contexto local de desarrollo de proyectos por tipo.

La expansión del parque de generación considera aspectos tales como:

- el factor de producción medio, por tecnología y por país, para los proyectos de energías renovables;
- la capacidad o energía firme que puede aportar cada tecnología;
- el factor de producción mínimo a partir del cual se desarrollan nuevos proyectos térmicos;
- la estimación de la demanda eléctrica²⁰, incluyendo pérdidas y consumo propio.

El análisis se realiza en forma anual (es decir, no se trata de un ejercicio de simulación horaria detallada, sino de una estimación “de alto nivel”, como primera estimación en el contexto de un análisis de transición energética a largo plazo).

Si bien en la mayoría de los países se necesitarán medios de flexibilidad (almacenamiento, gestión de la demanda) para acompañar el desarrollo de energía renovable no convencional (ERNCC), se realizó una estimación de alto nivel en el capítulo de financiamiento²¹.

²⁰ Las proyecciones presentadas en este informe no incluyen la demanda eléctrica asociada al proceso de electrólisis para producción de hidrógeno verde para consumo local y/o exportación, ni la capacidad eléctrica correspondiente.

²¹ Las tecnologías actuales no son competitivas y se esperan mejoras en su productividad que no hacen posible establecer con certeza el grado de penetración que podrían alcanzar.

“La modelación detallada de la demanda energética, desglosada por sector, ramas, usos finales y tipos de combustibles, junto con la proyección de oferta energética por tecnologías, permite analizar una gran variedad de escenarios de transición.”

3. Escenarios y marco global



Definición de los escenarios

Se estudiaron tres escenarios para caracterizar diferentes caminos hacia una transición energética justa. Véase la descripción detallada en el capítulo “Apartado metodológico y premisas”, informe *Transición Energética Justa / Premisas de proyección*.

El **escenario *Business As Usual (BAU)*** representa la evolución esperada **siguiendo los lineamientos de políticas públicas nacionales y tendencias actuales**. Las premisas se basan en el análisis de las tendencias históricas recientes en términos de transición energética en cada país estudiado, así como del camino recorrido por países más desarrollados, para identificar medidas de mitigación de rápida implementación. Si bien no se esperan cambios disruptivos y no se logra cumplir con el compromiso de emisiones netas cero durante el horizonte de planeamiento en este escenario, cabe destacar que se requieren inversiones de forma de continuar con las políticas de transición energética que ya se han venido desarrollando en Perú.

Por otra parte, los escenarios ***Net Zero 2050 (NZ 2050)*** y ***Net Zero 2060 (NZ 2060)*** se presentan en función de lo establecido en el artículo 4 del Acuerdo de París²². Ambos escenarios se enfocan en disminuir las emisiones de GEI del

²² Acuerdo de París, párrafo 4.1: “alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros en la segunda mitad del siglo”.

sector energía²³ a un mínimo permisible²⁴, de modo que el país logre gestionar la absorción de CO₂ en el balance general del inventario nacional de GEI²⁵.

Son escenarios que requieren importantes inversiones y el abordaje de distintas temáticas para **transformar en profundidad el sector energético actual**. Tales temas incluyen, por ejemplo, el fortalecimiento de las bases tecnológicas, la capacitación de recursos humanos, el planeamiento energético, los habilitadores regulatorios, la expansión de infraestructura e instrumentos para desarrollar el mercado para los nuevos energéticos, así como **cambios** —en algunos casos disruptivos— de la matriz energética, entre otros.



Proyecciones de las variables socioeconómicas



PIB per cápita y PIB

En línea con los fundamentos de una **transición energética justa (TEJ)**, los escenarios planteados se acompañan de un desarrollo socioeconómico similar en la región, **alcanzando niveles de PIB per cápita suficientes para ser considerados países de altos ingresos**. En el caso de Perú, el PIB per cápita

²³ El análisis realizado se centra en las emisiones relacionadas con la quema de combustibles, tanto en los procesos de demanda de energía por sector como en la generación eléctrica. Las emisiones de GEI provenientes de otros sectores (por ejemplo, procesos industriales, desechos, emisiones fugitivas, etc.) no están detalladas en este estudio, pero se las estima a grandes rasgos y sustrae para la estimación del potencial de reducción a nacional.

²⁴ Se entiende que la reducción de emisiones se debe lograr mediante una articulación efectiva de medidas regulatorias, promoción de eficiencias de mercado, transferencia de tecnología e inversiones.

²⁵ Se espera que las absorciones de CO₂ provengan de medidas implementadas en el sector de agricultura, ganadería, forestación y otros usos del suelo (AFOLU) o por la vía de adopción de tecnologías de captura, uso y almacenamiento de CO₂ (CCUS).

alcanza USD 41.500 PPP per cápita en 2060, con una tasa de crecimiento de 2,9 % anual en el período.

Tabla 10

► Indicadores socioeconómicos y TCMC entre 2019 y 2060 (%)

		2019	2030	2040	2050	2060	TCMC período
PIB per cápita	USD per cápita	12.753	18.020	24.297	32.147	41.563	2,9%
PIB total	MUSD	418.610	661.382	965.078	1.350.929	1.807.592	3,6%
Población	1.000 habitantes	32.825	36.702	39.720	42.023	43.490	0,7%

Fuente: Elaboración propia.

El PIB por sector se proyecta suponiendo que se mantiene la proporción de cada sector conforme los valores de 2021. Eso se traduce en una tasa de crecimiento del PIB por sector igual que la tasa de crecimiento del PIB total.

Población

En cuanto a la proyección de la población, se utilizó la información de CEPALSTAT²⁶. En Perú, se espera una desaceleración del crecimiento de la población a futuro.

²⁶ <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?theme=1&lang=es>

4. Principales premisas del sector energía

El marco general del estudio engloba la definición de premisas para **cinco países objetivo**. Si bien cada país tiene sus características propias, el estudio **uniformiza, cuando es posible, las premisas utilizadas** y asume que los países atravesarán procesos similares para la transición energética justa. Se consideraron las particularidades inherentes a cada país; por ejemplo, la industria del carbón en Colombia, los biocombustibles en Brasil, el gas natural a precios muy competitivos en México, el gas en Perú y la escasez de recursos naturales fósiles en República Dominicana, entre otros.

Para alcanzar los objetivos de descarbonización planteados en cada escenario, las premisas consideradas han sido más ambiciosas en el caso de los escenarios cero neto (NZ, por sus siglas en inglés). Las principales premisas se basan en las medidas que se indican a continuación.

- **Mejoras en eficiencia energética.** Esto se aplica en todos los sectores, con reemplazos de equipamientos, mayor eficiencia térmica de las

viviendas, optimización del uso de energía en los procesos industriales y recambio tecnológico hacia aparatos e instalaciones más eficientes, mayor eficiencia de los vehículos de transporte, etc.

- **Cambios de conductas.** Esto se refiere, en particular, a la reducción de los recorridos medios por vehículos (km/vehículo) como consecuencia de la digitalización de la sociedad (teletrabajo, etc.), del desarrollo del transporte público, de mejoras logísticas y transferencia del transporte de carga de camiones al sistema ferroviario.
- **Sustitución de combustibles.** En la mayoría de los sectores, se tiende a una mayor electrificación de los usos, a excepción de los usos o ramas industriales donde hay baja posibilidad de electrificación. En estos casos, la opción proyectada es el reemplazo de los combustibles con mayores emisiones de CO₂ por gas natural o el uso de tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂. El hidrógeno y derivados de bajas emisiones pueden también contribuir a la descarbonización del sector industrial (fertilizantes, refino) y transporte terrestre pesado, marítimo y aéreo (combustibles sintéticos).
- **Matriz de generación eléctrica con tecnologías no fósiles.** Se incentiva un desarrollo muy significativo de las energías renovables y, en algunos casos, nuclear, y el cierre de centrales a carbón y combustibles líquidos. Es importante recordar que la composición de la generación eléctrica es clave en escenarios donde se plantea una fuerte electrificación de la matriz de consumo para garantizar que esta sustitución tenga el efecto esperado en términos de reducción de GEI. Esta integración de energías renovables deberá acompañarse del desarrollo de infraestructuras de red, redes inteligentes y baterías para facilitar la integración de la generación eléctrica variable.

Las premisas detalladas por sector se presentan en el apartado “Resultados y premisas por sector”. Es de notar que los sectores con más potencial de reducción de emisiones en valor absoluto son los sectores transporte e industrial que hoy en día son responsables de cerca de dos tercios de las emisiones del sector energía.



Escenarios de transición

1. Resultados globales

Los resultados globales presentados a continuación reflejan la suma de las premisas adoptadas por cada sector.

Emisiones por sector

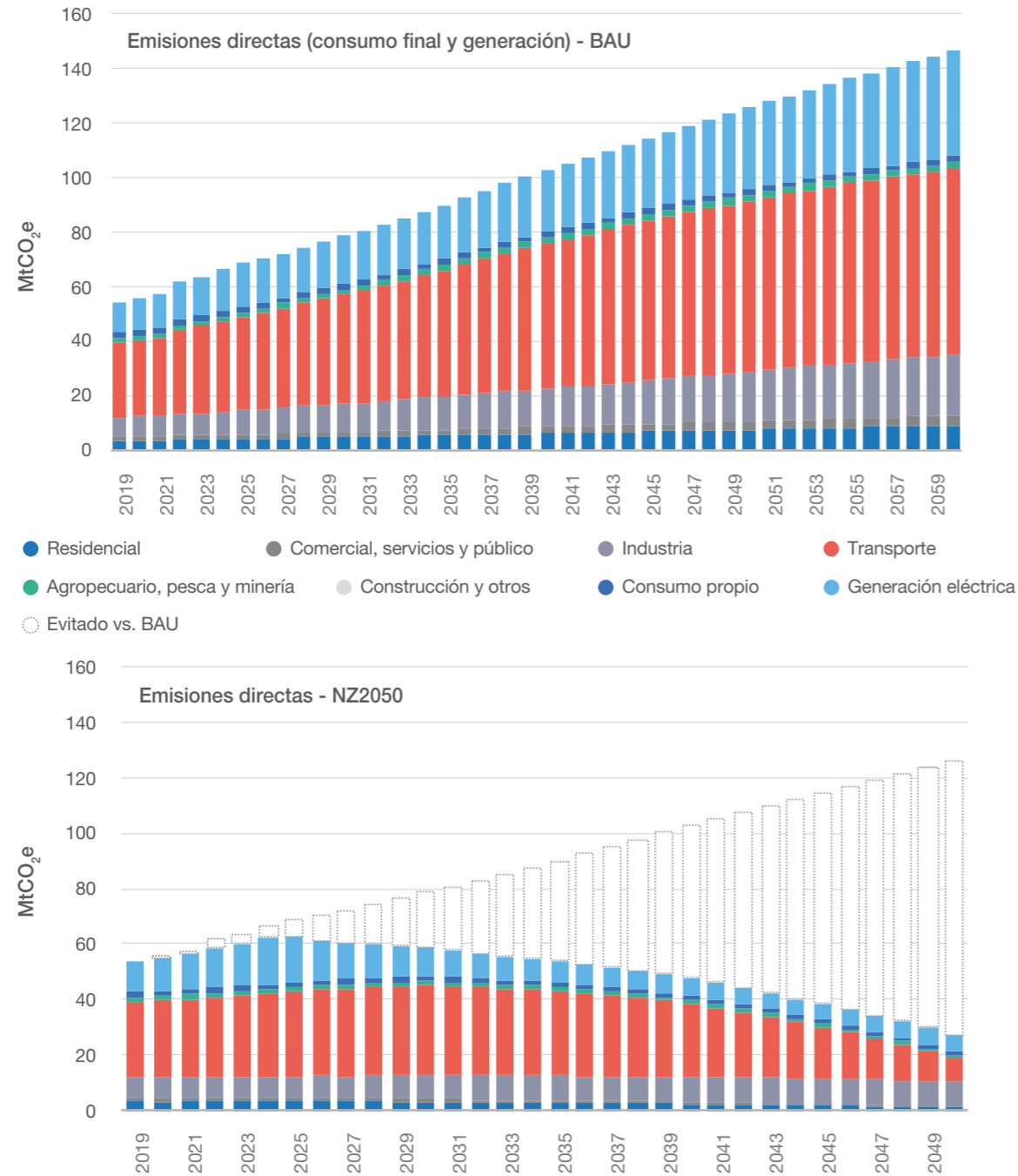


En el **escenario BAU**, las emisiones relacionadas con la quema de combustibles crecen a un ritmo promedio anual de 2,5 %, pasando de 54 MtCO₂e en 2019 a 147 MtCO₂e en 2060. Si bien este **aumento** es sostenido, es **menor que el crecimiento esperado del PIB**, lo cual demuestra una cierta mejora ambiental de la economía. El sector transporte sigue siendo el mayor contaminador en Perú, seguido por el segmento generación eléctrica y la industria. Este escenario está muy por encima de la capacidad de absorción de CO₂ del país, que se estima en 37,4 MtCO₂e al año²⁷.

En los **escenarios NZ**, las emisiones bajan hasta 28 MtCO₂e en el año 2050 (escenario NZ 2050) y hasta 33 MtCO₂e en el año 2060 (escenario NZ 2060), lo cual permite cumplir **con el objetivo de emisiones netas cero**. El ritmo promedio anual de baja de las emisiones se ubica en -2,2 % en el escenario NZ 2050 y -1,2 % en el escenario NZ 2060. Los sectores industria y transporte son los de mayores emisiones.

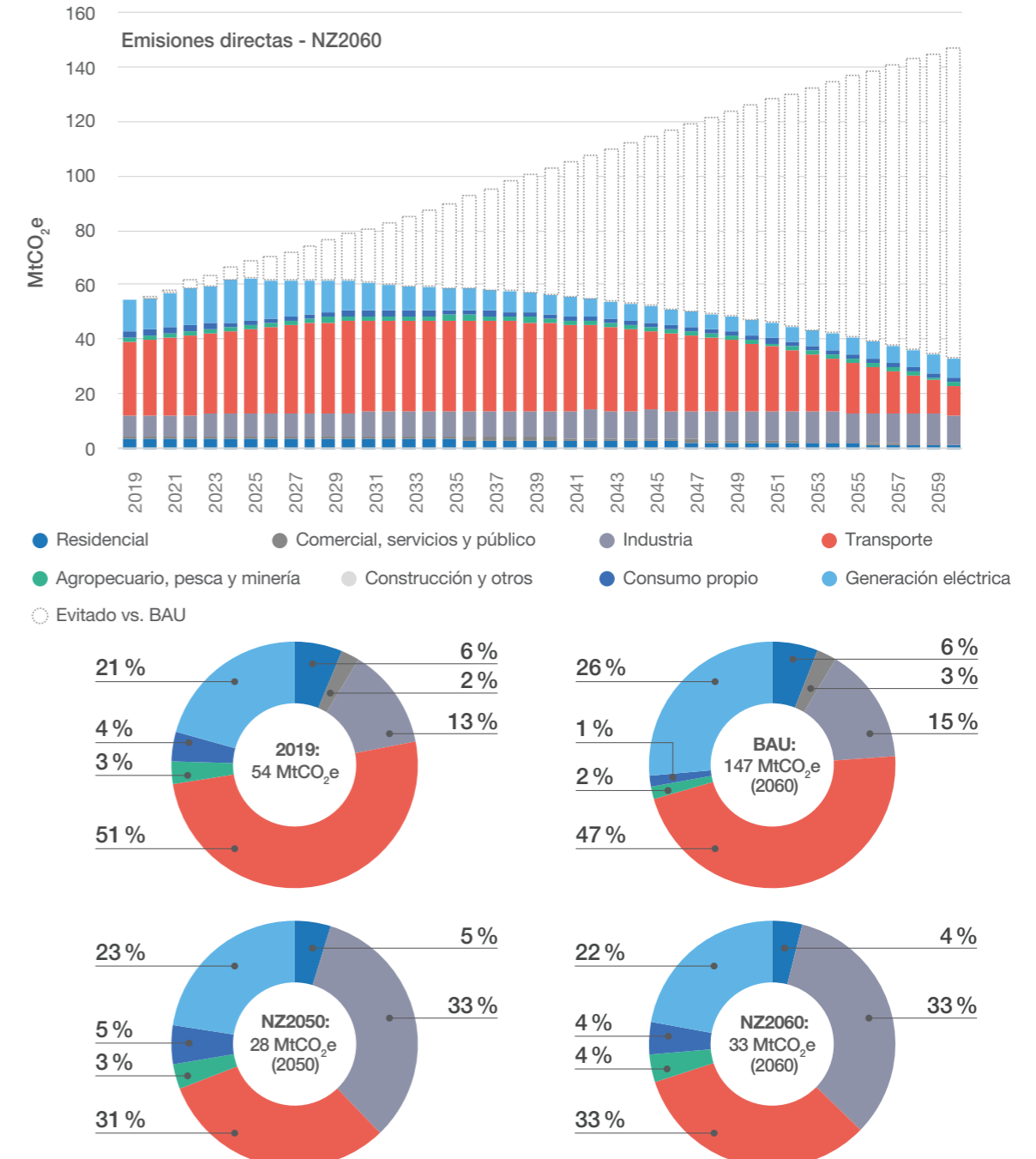
²⁷ <https://climateactiontracker.org/countries/peru/>. Las absorciones deben cubrir no solo el sector energético, sino también los sectores procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés), desechos, etc.

Gráfico 36 A ▶ Emisiones directas (consumo final y generación) por sector (MtCO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 36 B ▶ Emisiones directas (consumo final y generación) por sector (MtCO₂e)



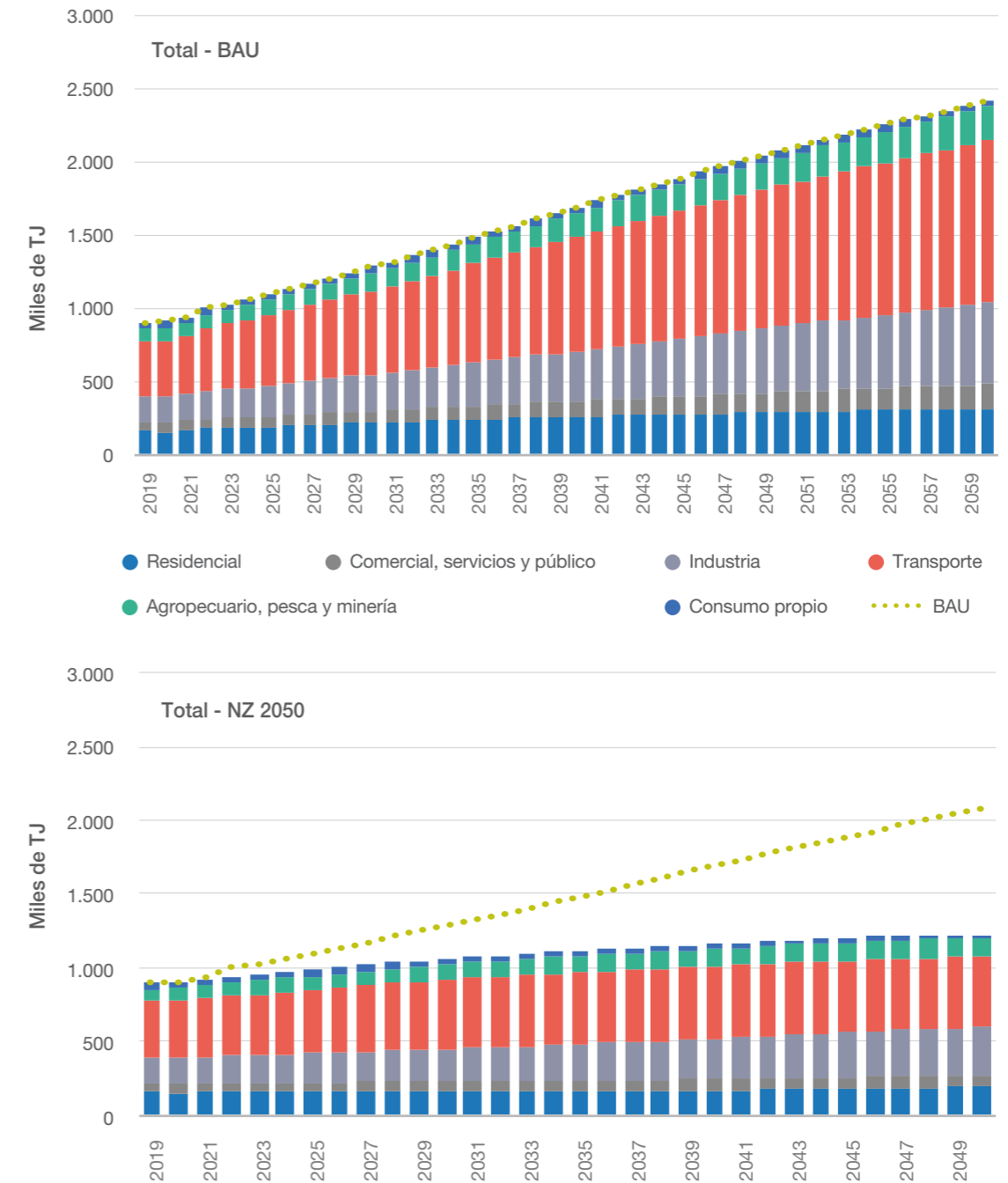
Fuente: Elaboración propia.



Demanda energética por sector

Para el escenario BAU, la demanda crece un 168 % en el período de estudio y alcanza alrededor de 2.400 miles de TJ en 2060. En los escenarios NZ, la demanda crece de forma más leve debido a los mayores efectos de eficiencia y sustitución de combustibles. En todos los escenarios, **el crecimiento de la demanda es mayor que el de las emisiones de GEI.**

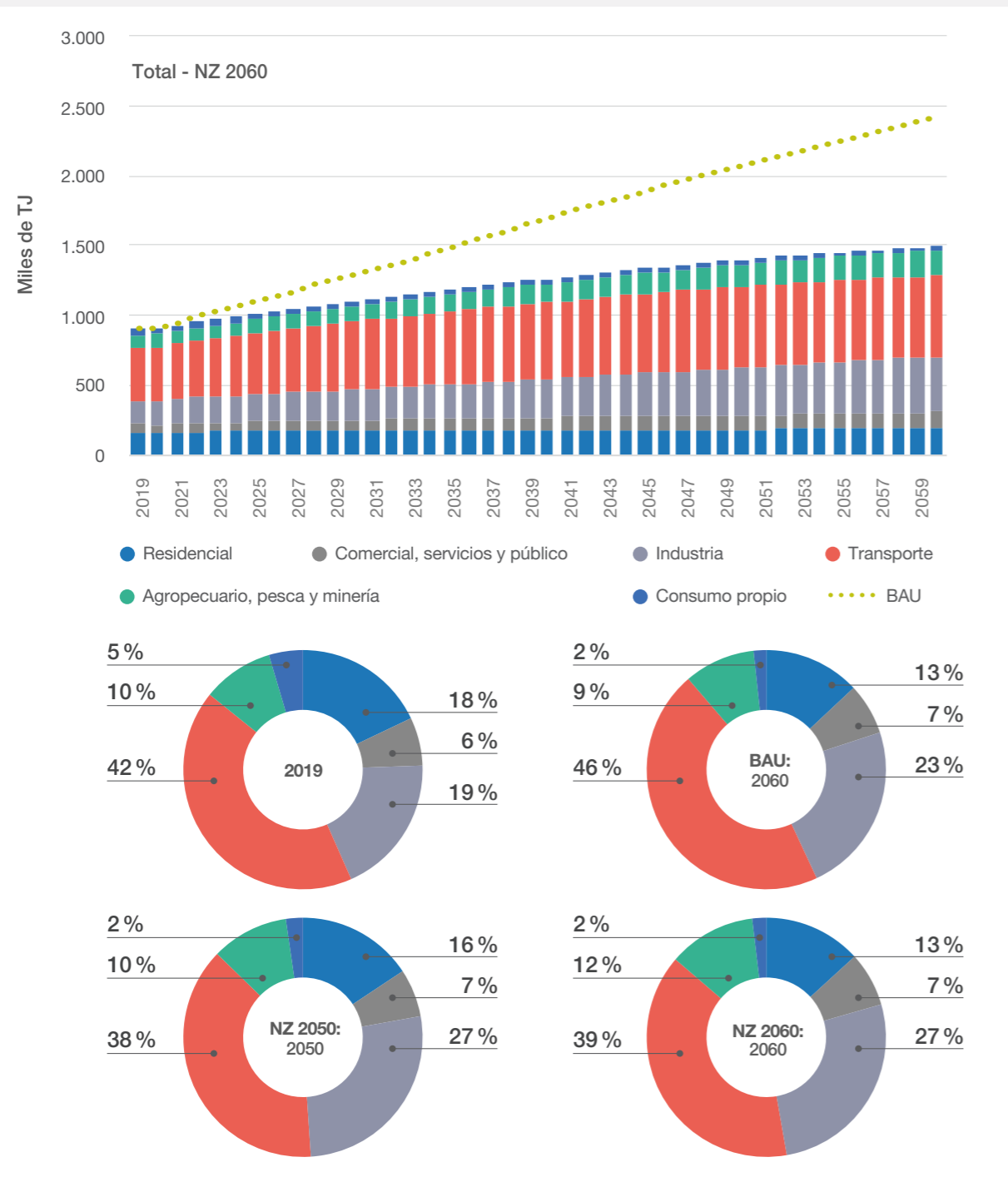
Gráfico 37 A ▶ Consumo final y propio, por sector y escenario (miles de TJ)



Fuente: Elaboración propia. Consumo no energético no incluido.

Gráfico 37 B

Consumo final y propio, por sector y escenario (miles de TJ)



Fuente: Elaboración propia. Consumo no energético no incluido.

Tabla 11

Consumo final y propio por escenario, miles de TJ y TCMC (%)

Demanda (miles de TJ)	2019	2030	2040	2050	2060	TCMC (%)
BAU	898	1.284	1.692	2.074	2.416	2,4%
NZ 2050	898	1.063	1.158	1.226		1,0%
NZ 2060	898	1.104	1.260	1.394	1.489	1,2%

Fuente: Elaboración propia. Consumo no energético no incluido.

En todos los escenarios, el peso relativo de la demanda por sector no varía mucho y los sectores transporte, industria y residencial siguen sumando cerca del 80 % de la demanda. La mayoría de los sectores tienen tasas de crecimiento similares, lo cual refleja que **todos los sectores participan de los esfuerzos de transición**.

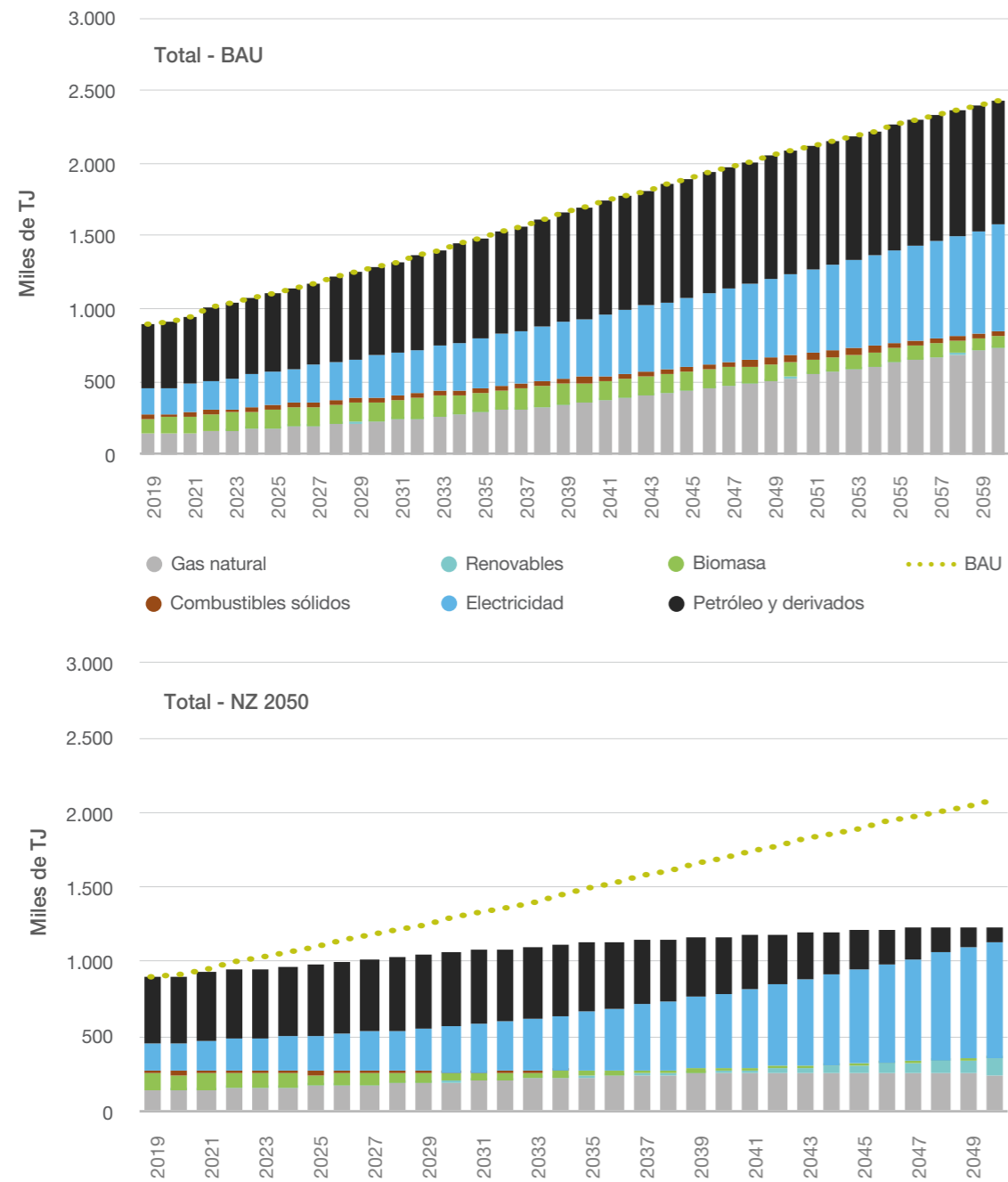


Demanda energética por fuente

Por combustible, se observa una **tendencia hacia la electrificación** de la demanda para todos los escenarios, la cual es más marcada en los escenarios NZ. El escenario BAU refleja una estabilidad en los consumos de carbón y biomasa, mientras que el aumento de la demanda es cubierto por la electricidad, el gas natural y, en menor medida, el petróleo y sus derivados (mayormente, GLP). Los escenarios NZ presentan hipótesis de electrificación más acentuadas (62 % del consumo final total) y un reemplazo total tanto del carbón como de la biomasa. Los derivados del hidrógeno y el solar térmico se desarrollan a largo plazo sobre el final del horizonte de planeamiento.

Gráfico 38 A

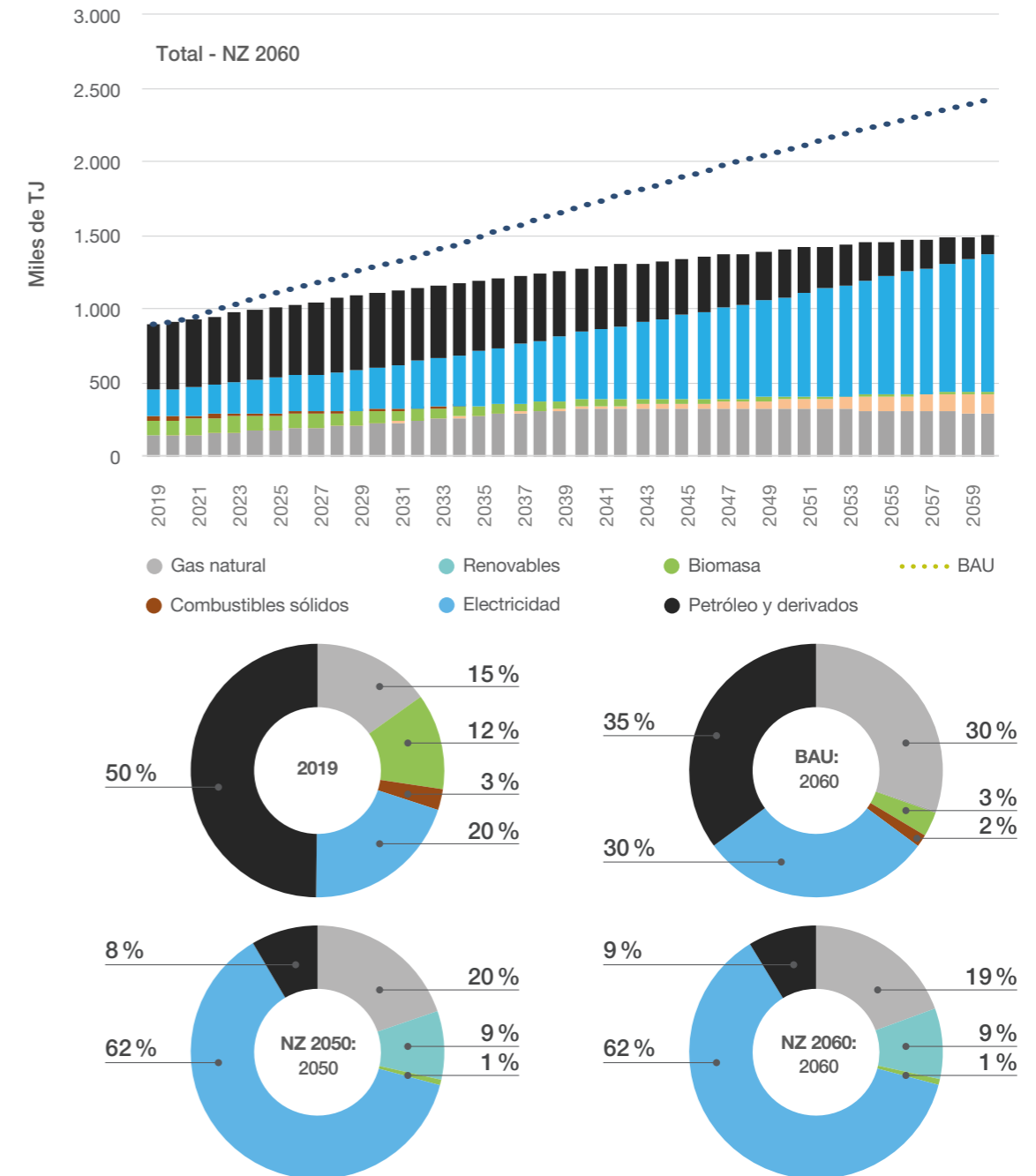
Consumo final y consumo propio, por fuente y escenario (miles de TJ)



Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a solar térmico o derivados del hidrógeno. La categoría petróleo y derivados incluye GLP.

Gráfico 38 B

Consumo final y consumo propio, por fuente y escenario (miles de TJ)



Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a solar térmico o derivados del hidrógeno. La categoría petróleo y derivados incluye GLP.



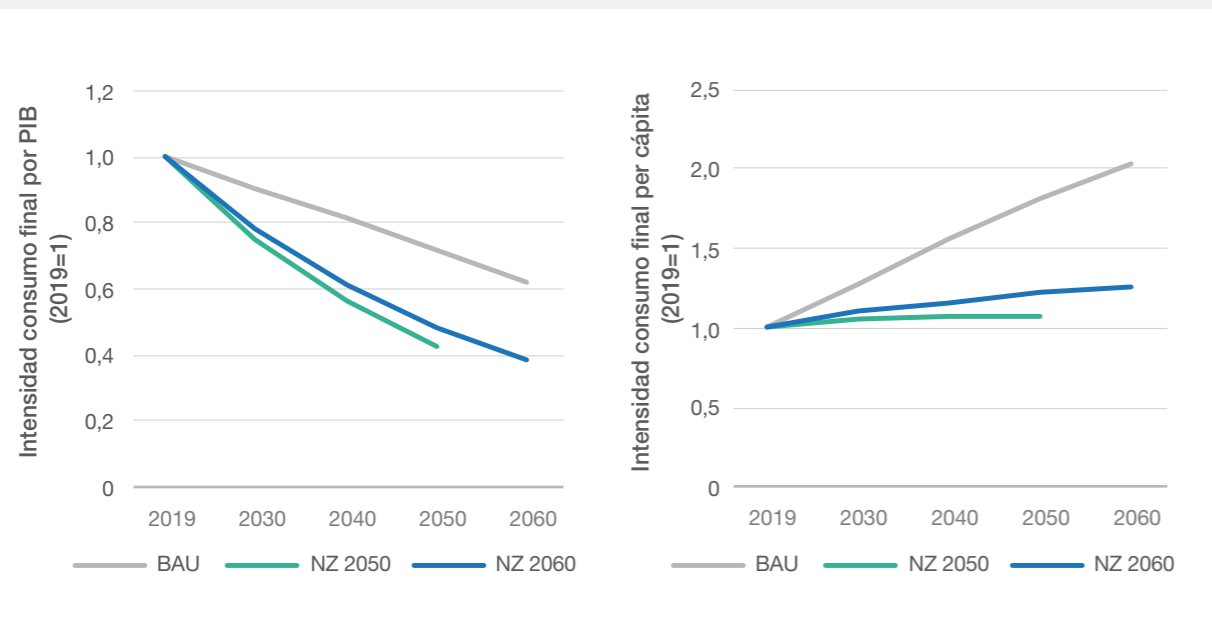
Intensidad energética y ambiental

En el escenario BAU, la intensidad energética medida en términos económicos (consumo final/PIB total) se reduce en cerca del 40 % en el período (-1,1 % anual), mientras que en los escenarios NZ 2050 y NZ 2060, se reduce en más del 60 % (-2,7 % y -2,3 % anual, respectivamente).

Medido en términos de población (consumo final per cápita), el consumo unitario total crece en cerca del 100 % en el escenario BAU mientras que permanece bastante estable en los escenarios NZ. Estas evoluciones reflejan la evolución necesaria del consumo final para cumplir con el desarrollo económico del país y cubrir las brechas de consumo actuales.

Gráfico 39

► Intensidad energética unitaria (2019=1), miles de TJ/MUSD PPP 2017 (izquierda) y miles de TJ/cápita (derecha)

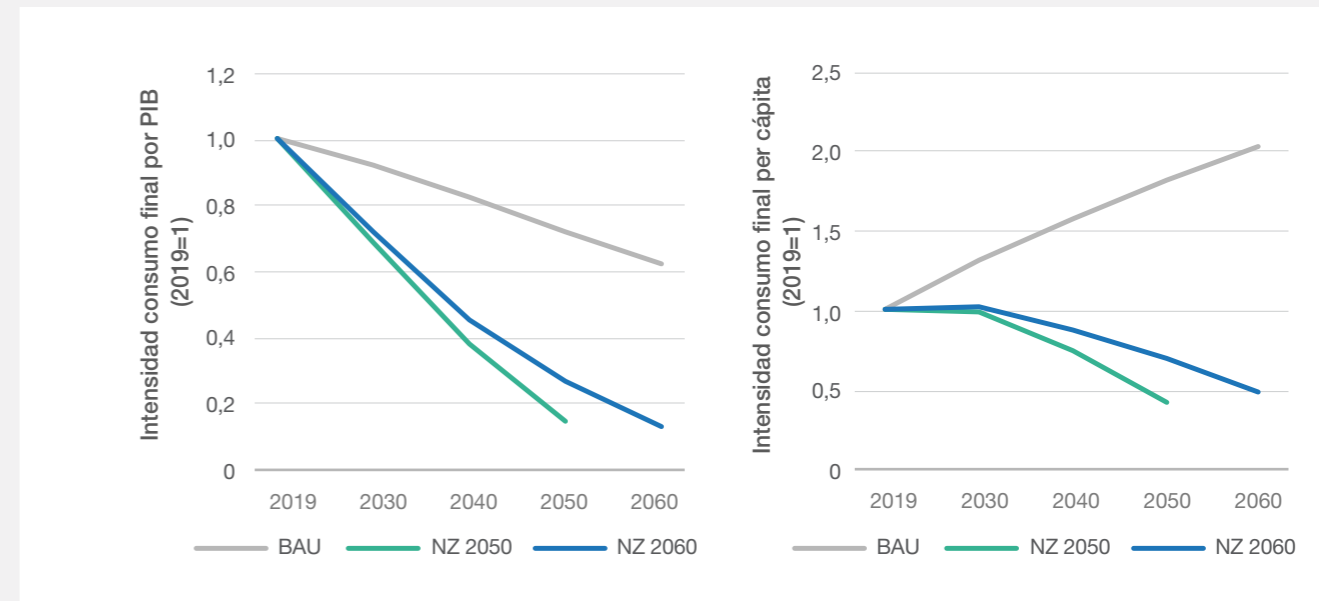


Fuente: Elaboración propia.

Se necesita una reducción de la intensidad energética significativa para lograr cumplir con los objetivos del Acuerdo de París. Esta reducción refleja el **desacople entre crecimiento económico y consumo energético**. Las premisas adoptadas para implementar las soluciones propuestas (véase el informe *Transición Energética Justa / Premisas de proyección*) para la transición energética en Perú permiten alcanzar un elevado nivel de descarbonización a futuro e **impulsar una economía más desarrollada y eficiente**.

Gráfico 40

► Intensidad ambiental unitaria (2019=1), tCO₂e/miles de USD PPP 2017 (izquierda) y tCO₂e per cápita (derecha)



Fuente: Elaboración propia.

La intensidad ambiental unitaria, medida en términos de economía (emisiones de GEI/PIB total) se reduce de forma más significativa que la intensidad energética para todos los escenarios y refleja la reducción de las emisiones por unidad de energía consumida. Para cumplir con las emisiones netas cero, se deben reducir las emisiones por unidad de PIB del año base en un 85 %. La intensidad ambiental unitaria, medida en términos de población (emisiones de GEI/cápita), tiene una evolución muy similar a la intensidad energética medida per cápita en el escenario BAU y decrece en los escenarios NZ.

2. Resultados y premisas por sector



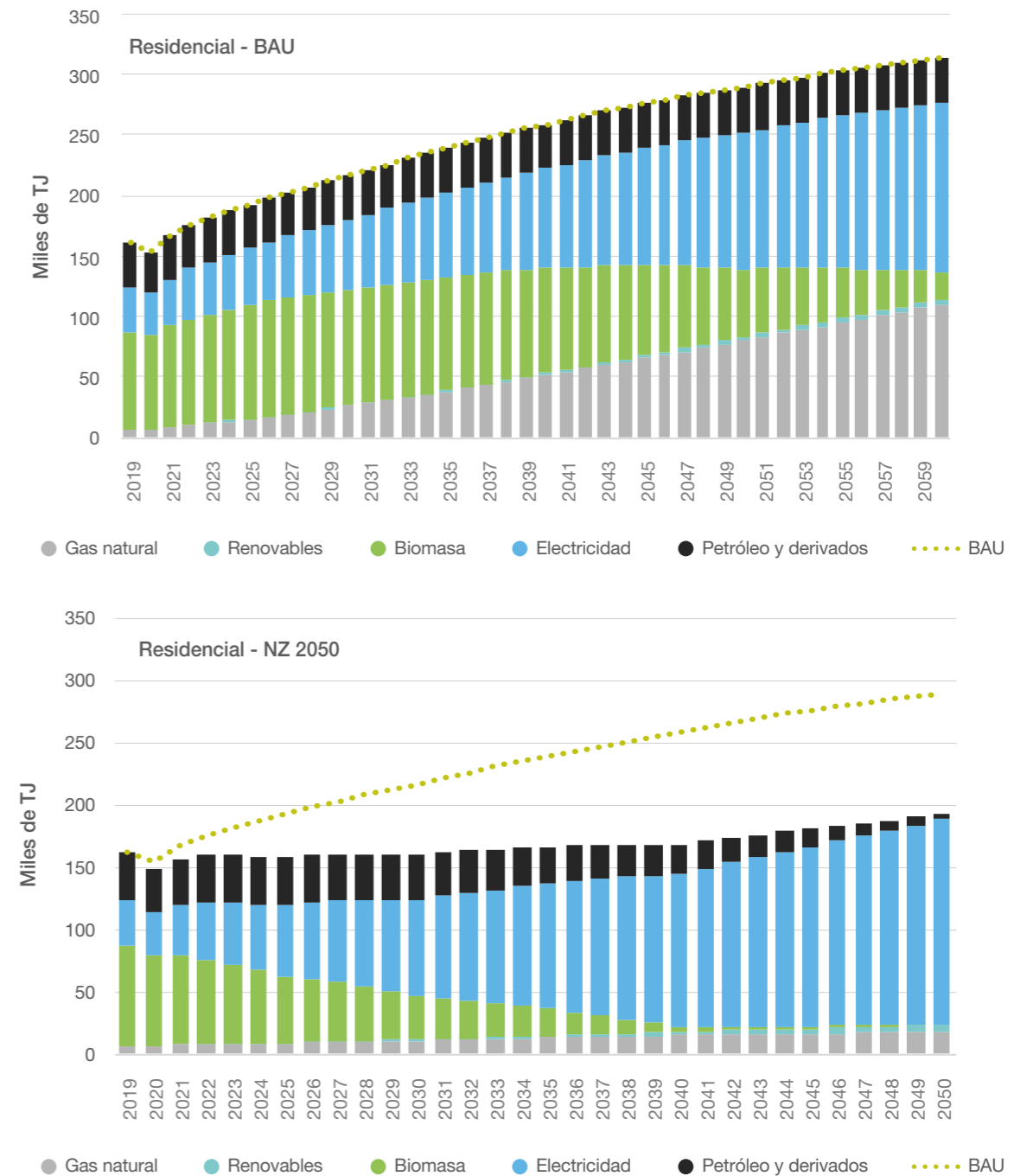
Sector residencial

El sector residencial es el tercer sector en términos de demanda energética (18% en 2019). Es responsable de un volumen limitado de emisiones de GEI (3 MtCO₂e), pero existe potencial para reducirlas todavía más, con medidas de transición energética. Este sector se caracteriza por:

- un alto consumo de biomasa, con gran potencial de electrificación (y, a su vez, grandes ganancias en eficiencia²⁸). Este consumo de biomasa (49% del consumo final del sector) corresponde a sectores de la población más vulnerables; es decir, su reemplazo es posible en un contexto de incremento del nivel de vida y programas de acompañamiento del sector. El uso de cocción representa cerca del 70% del consumo final del sector, una de las mayores tasas en la región;
- otros usos (ACS, electrodomésticos, aire acondicionado, etc.) con potencial de crecimiento a medida que aumente el nivel de vida y en línea con lo observado en países desarrollados.

²⁸ Se estima que el uso de electricidad o gas natural en vez de leña para la cocción permite un ahorro de energía final muy significativo.

Gráfico 41 A ► Sector residencial: resultados por combustible y por escenario (10³ TJ)

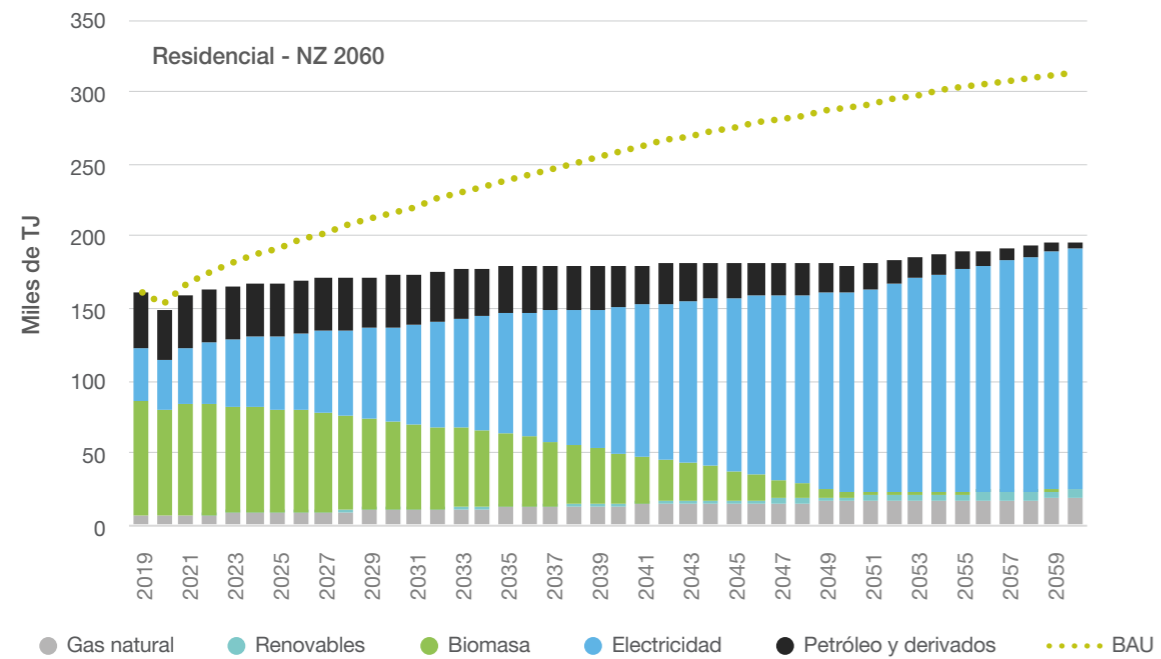


Fuente: Elaboración propia.

NB: La categoría renovables se refiere a solar térmico. La categoría petróleo y derivados incluye GLP.

Gráfico 41 B

► **Sector residencial: resultados por combustible y por escenario (10³ TJ)**



Fuente: Elaboración propia.

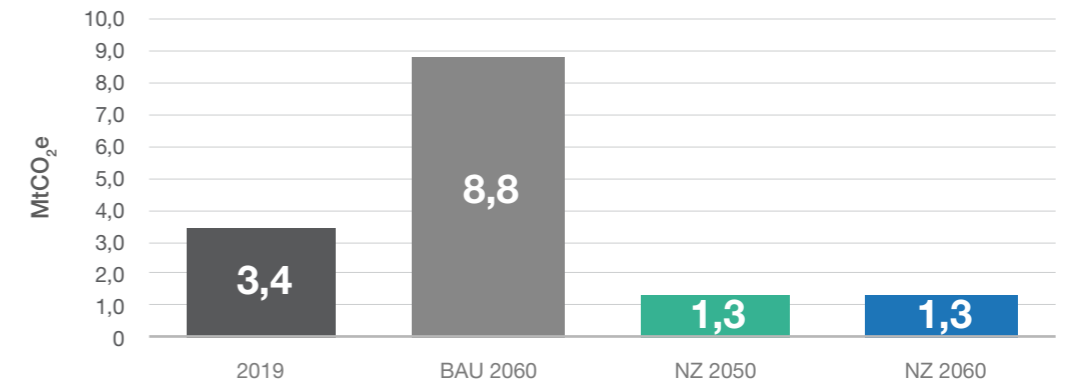
NB: La categoría renovables se refiere a solar *térmico*. La categoría petróleo y derivados incluye GLP.

En el escenario BAU, se observa un aumento de la demanda energética residencial del 95 % en el período (1,6 % anual), principalmente impulsado por los nuevos usos eléctricos (incluyendo aire acondicionado), de calentamiento de agua y calefacción, que se prevén acompañarán el aumento del nivel de vida proyectado. Este crecimiento es mayor que el de la población (32 % en el período). Se reemplaza casi totalmente la leña hacia el final del período, según las tendencias históricas. El consumo de gas natural crece considerablemente, mientras que el GLP se mantiene relativamente constante. El consumo eléctrico crece tanto para cocción eléctrica como para otros usos.

En los escenarios NZ 2050 y NZ 2060, el consumo eléctrico abarca gran parte del consumo final (86 % para ambos escenarios); existe un remanente de gas natural e introducción de solar térmico para calentamiento de agua sanitaria. A su vez, el reemplazo de la biomasa ocurre con mayor velocidad. Mayores esfuerzos de eficiencia energética²⁹, tanto para aparatos como para edificaciones, permiten compensar los nuevos usos que acompañan el aumento del PIB per cápita en gran parte (la intensidad energética del sector, medida como la demanda per cápita, es bastante estable en el período).

Gráfico 42

► **Sector residencial: emisiones directas por escenario (MtCO₂e)**



Fuente: Elaboración propia.

²⁹ Solo existen dos líneas de acción para el aumento de la eficiencia energética en todos los sectores: cambio tecnológico y buenas prácticas de uso de la energía. Por ejemplo, el reemplazo de iluminación con lámparas incandescentes por unidades de descarga (focos ahorradores) y, posteriormente, por focos LED, que se produjo en la mayoría de los países, genera por sí mismo una reducción de la potencia instalada de iluminación de hasta un 80 %. Sin embargo, esto se traduciría en una reducción similar en términos del consumo de energía solamente si se mantienen los mismos patrones de uso previos al reemplazo. En cambio, puede ser mayor si se aumenta el cuidado en el uso de las luces (con sensores de movimiento, por ejemplo) o, al revés, puede ser menor si, al cambiar por LED, se dejan las luces prendidas más tiempo. No basta con cambiar la tecnología, sino que debe aplicarse lo que se suele denominar “buenas prácticas de uso de la energía y del mantenimiento y operación de instalaciones y equipos”.

Las emisiones de CO₂e crecen 159 % en el escenario BAU, mientras que disminuyen 62 % en los escenarios NZ, a largo plazo, como consecuencia de las medidas de eficiencia energética y electrificación a partir de fuentes de generación limpia.

En la práctica, las medidas de transición energética necesarias para limitar las emisiones de GEI en el sector residencial corresponden a tecnologías maduras (cocinas eléctricas, artefactos eléctricos más eficientes, bombas de calor para calefacción o climatización, mayor eficiencia térmica de las viviendas, etc.). Sin embargo, su implementación significa un esfuerzo masivo en todos los hogares y un cubrimiento de las brechas de consumo para los hogares de menores recursos, asegurando así una transición justa.

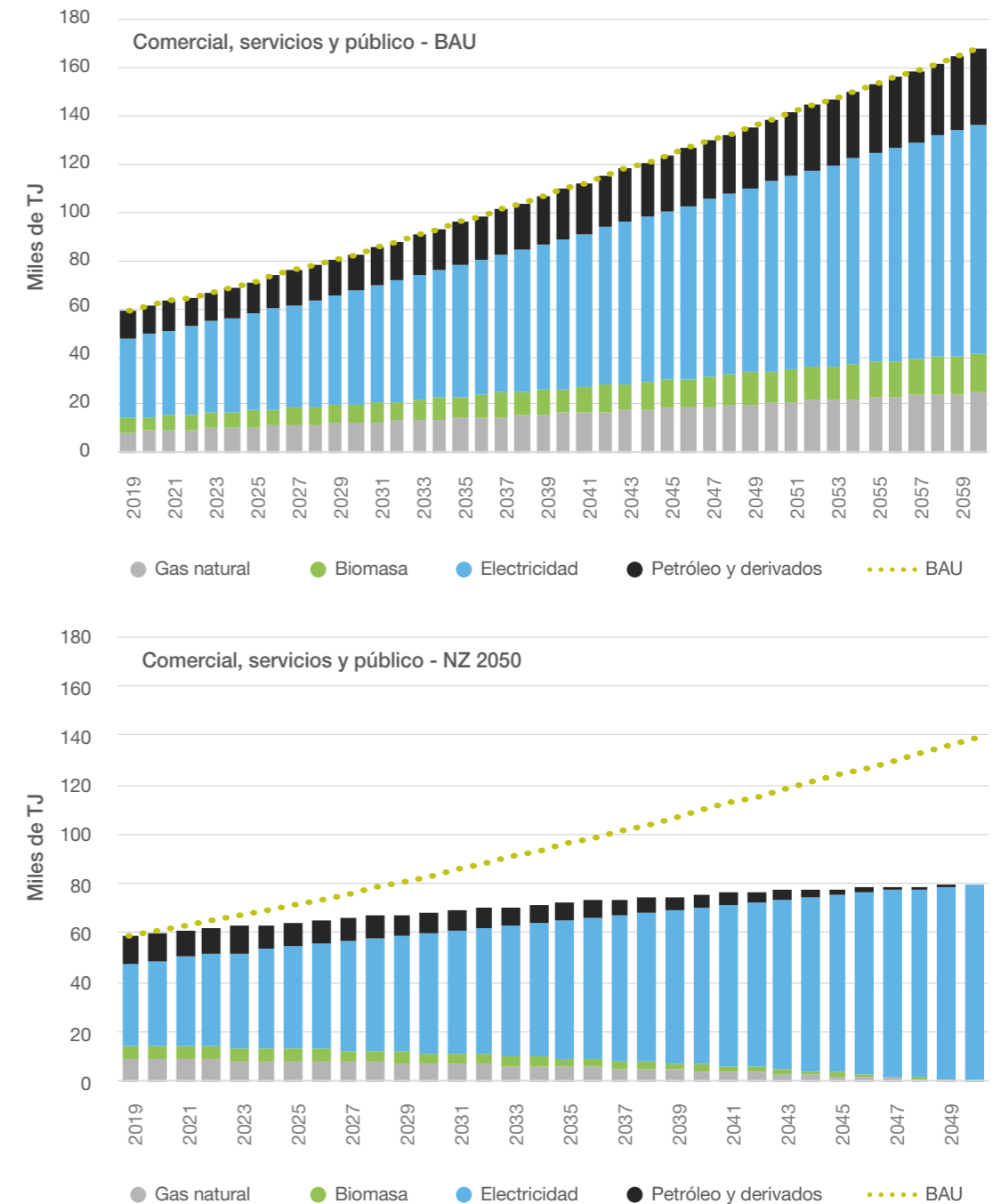


Sector comercial, servicios y público

El sector comercial, servicios y público (CSP) está conformado por la Administración pública, los hospitales, los hoteles, los comercios, etc. Suele ser un sector de poco peso en términos de consumo energético (6 % del total en 2019) respecto de los sectores de transporte, industrial y residencial. Parte de una tasa de electrificación de 57 % en 2019 y usos con potencial de electrificación (ACS, calefacción, fuerza motriz, cocción, etc.), como es el caso del sector residencial. Existe también potencial para mayor eficiencia energética, tanto de los equipamientos como de los edificios en sí (renovación térmica de edificios existentes, aplicación de normativas térmicas estrictas para edificios nuevos).

Gráfico 43 A

Sector CSP: resultados por combustible y por escenario (10³ TJ)

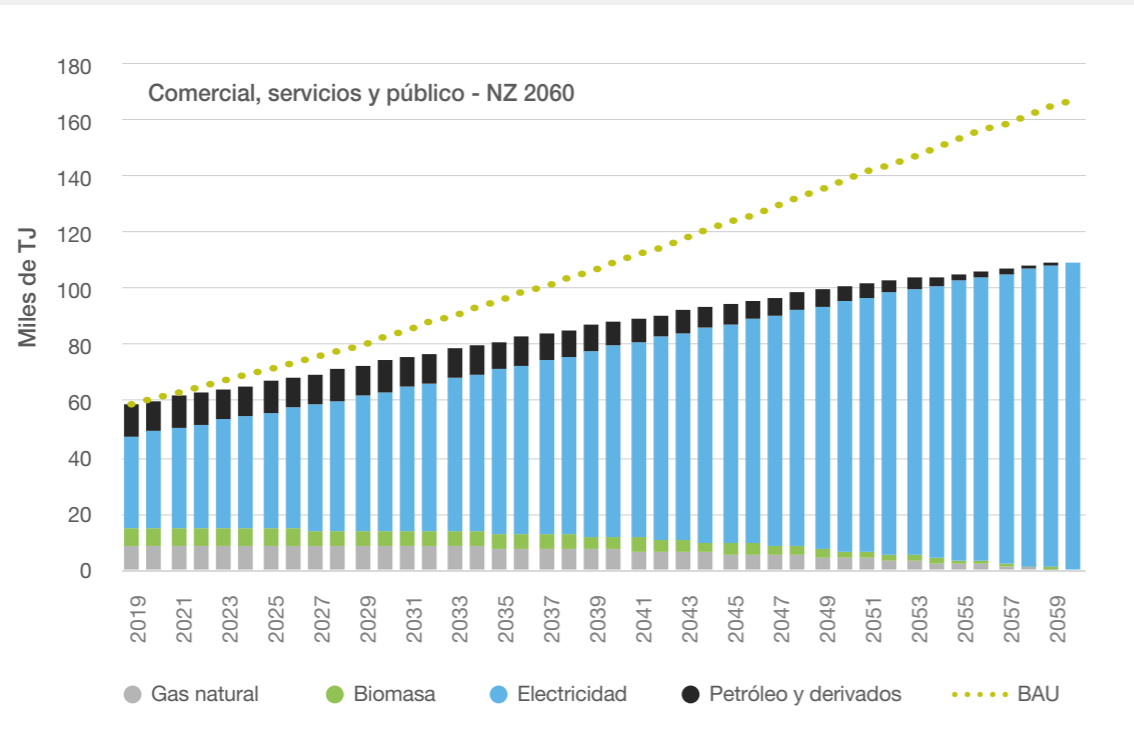


Fuente: Elaboración propia.

NB: La categoría renovables se refiere a solar térmico. La categoría petróleo y derivados incluye GLP.

Gráfico 43 B

Sector CSP: resultados por combustible y por escenario (10³ TJ)



Fuente: Elaboración propia.

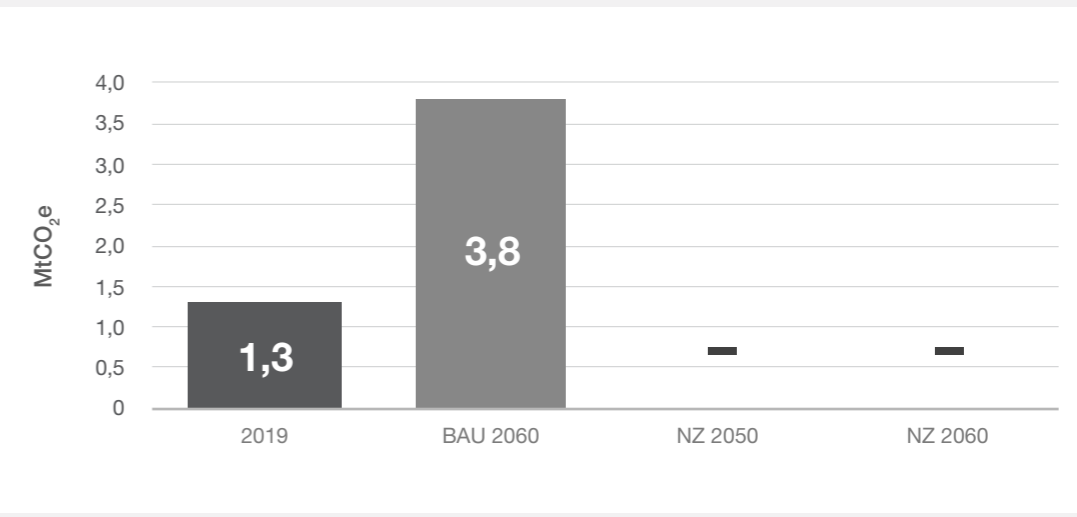
NB: La categoría renovables se refiere a solar térmico. La categoría petróleo y derivados incluye GLP.

En el escenario BAU, la proporción de combustibles se mantiene relativamente constante. Por otra parte, si bien se espera un crecimiento del PIB del sector superior al 300 %, la demanda energética crece en cerca de 185 % debido a las medidas de eficiencia energética.

Para los escenarios NZ, se considera una electrificación total del sector. Se logra un 35 % de reducción en la demanda para 2060 y un 43 % para el año 2050 en el escenario NZ 2050, en comparación con el escenario BAU. Las mejoras de eficiencia energética explican gran parte de este fenómeno.

Gráfico 44

Sector CSP: emisiones directas por escenario (MtCO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de CO₂e crecen en el escenario BAU, pero a un ritmo menor que el del PIB, mientras que son nulas en los escenarios NZ.

Las medidas de transición energética necesarias para limitar las emisiones de GEI en el sector comercial, servicios y público corresponden a tecnologías maduras relacionadas con los usos refrigeración, iluminación y calor directo e indirecto, por lo que se debe priorizar la electrificación y mejorar la eficiencia de los aparatos. El sector en sí, aunque de poco peso en lo que respecta a lo energético, es heterogéneo, con consumos relacionados con el uso cocción y refrigeración en restaurantes, equipos informáticos e iluminación en oficinas, usos mixtos en hospitales o escuelas, etc.



Sector industrial

El sector industrial está conformado por varias ramas industriales y es el segundo de mayor demanda energética (19 % en 2019), detrás del sector transporte. Parte de una baja penetración de energía eléctrica (27 %) condicionada por varios sectores de difícil electrificación, como las industrias del acero y cemento.

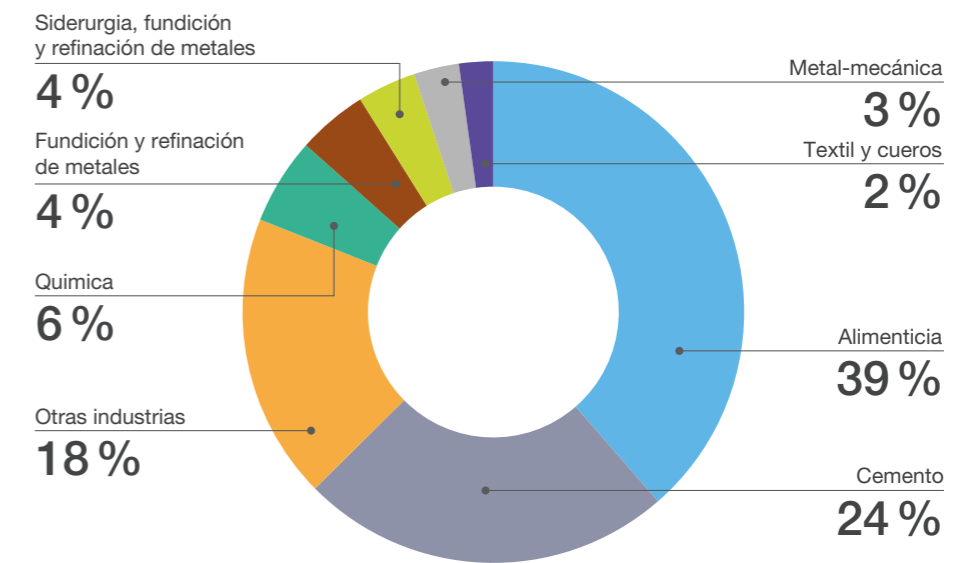
Es importante recordar que las posibilidades de sustitución entre combustibles pueden variar mucho de un subsector industrial a otro, dada la variedad de procesos industriales existentes. Para realizar las proyecciones, los subsectores industriales se agruparon en un número limitado de ramas. El análisis se centró más en detalle en las ramas de mayor consumo y sus usos asociados.

Proyecciones por ramas

El Balance Energético Nacional de Perú presenta la información del sector industrial dividida en ocho ramas.

Gráfico 45

Sector industrial: consumo energético por subsector industrial, 2019 (%)

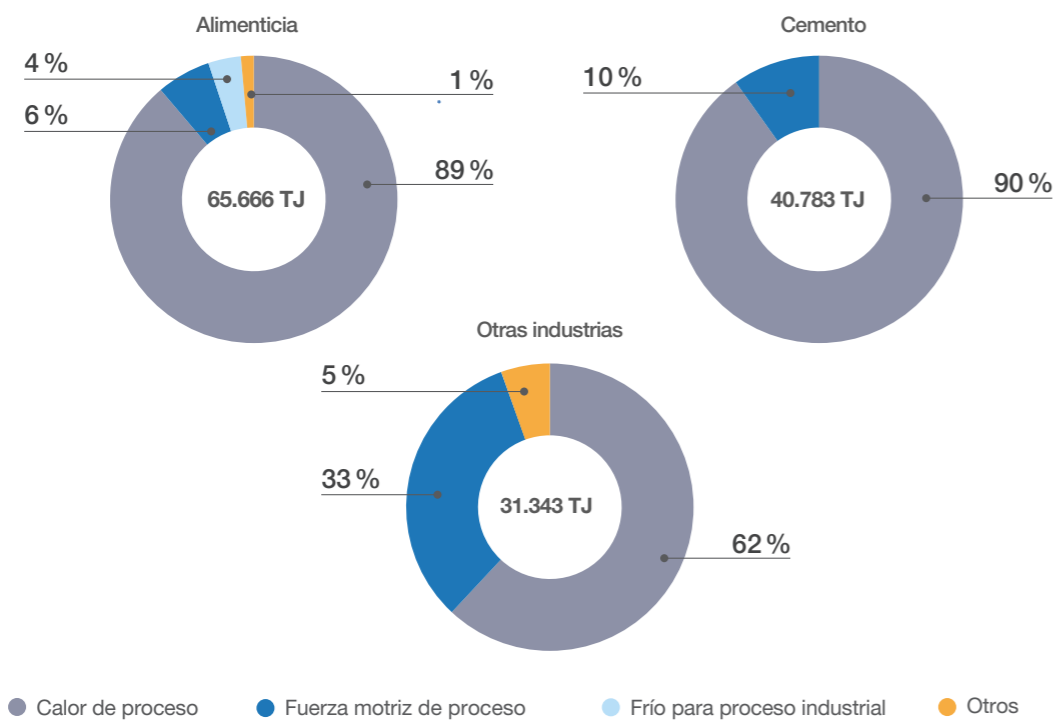


Fuente: Elaboración propia con base en datos del balance energético de Perú.

Las ramas alimenticia, cemento y otras industrias representan el 81 % del consumo de energía del sector. El uso calor de proceso es predominante para las ramas alimenticia, cemento y otras industrias (89 %, 90 % y 62 %, respectivamente).

Gráfico 46

Sector industrial: consumo energético de combustible fósil por uso para principales subsectores (%)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del balance de energía útil de Perú.

Las medidas de transición se centran en **mejoras en términos de eficiencia y sustitución de combustibles**. La eficiencia energética se logra gracias a la optimización del uso de la energía en los procesos industriales y el recambio tecnológico hacia aparatos e instalaciones más recientes y eficientes.

Las premisas de sustitución consideradas para Perú se detallan a continuación.

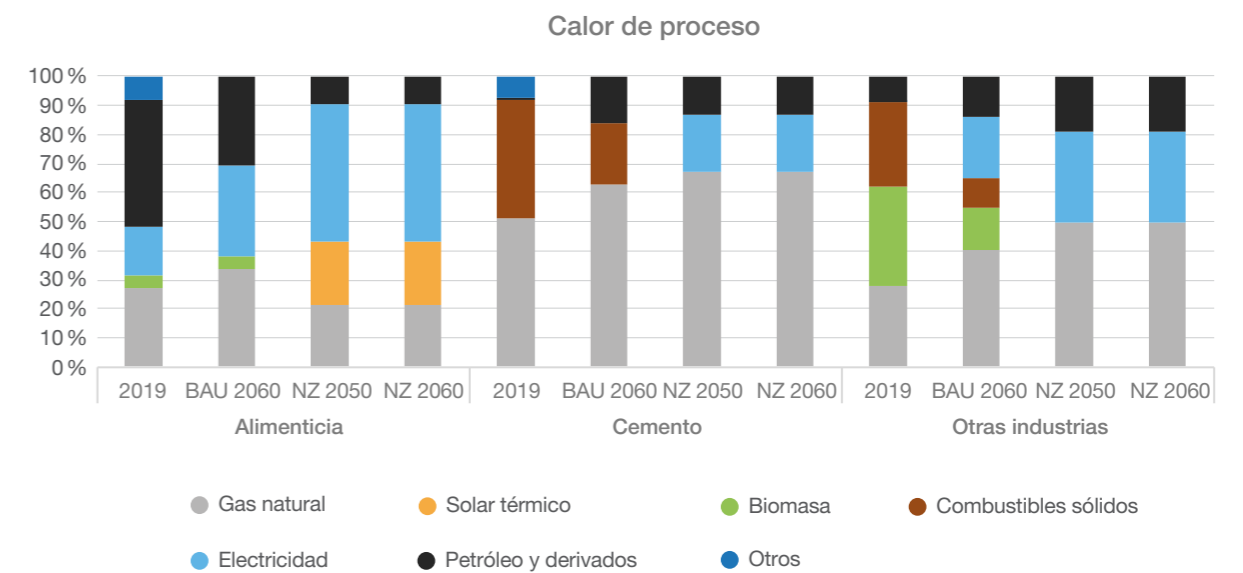
- Se consideró una reducción fuerte del consumo (mayor en los escenarios NZ) para las ramas industriales con alta penetración de carbón y potencial de sustitución. El gas natural sustituye parcialmente el carbón.

- El gas natural y el GLP reemplazan al fueloil y el diésel por completo en la próxima década y se asume, de forma progresiva, una penetración de energía solar térmica en algunos sectores para calor indirecto.

El gráfico 47 muestra la evolución del consumo final por combustibles para los principales usos en los distintos escenarios.

Gráfico 47

Sector industrial: evolución por escenario para principales usos en las ramas más relevantes de la industria (%)



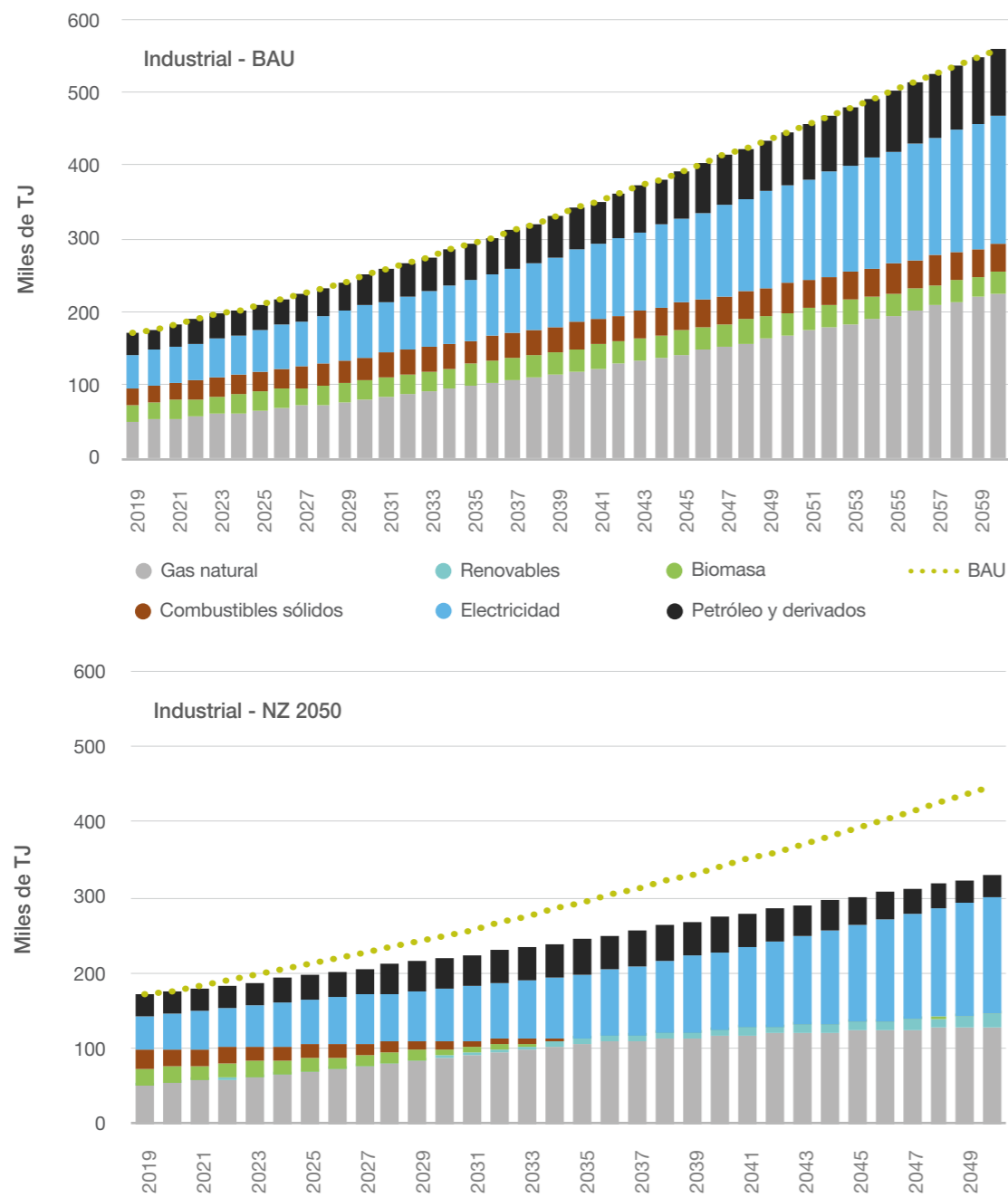
Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a solar térmico.

Resultados

Si bien se proyecta un aumento del PIB del sector superior a un 300 %, la demanda de energía final aumentará un 228 % en el escenario BAU debido a la sustitución de combustible y medidas de eficiencia energética. En este escenario, la electrificación de la demanda final pasa de 26 % a 32 %.

Gráfico 48 A

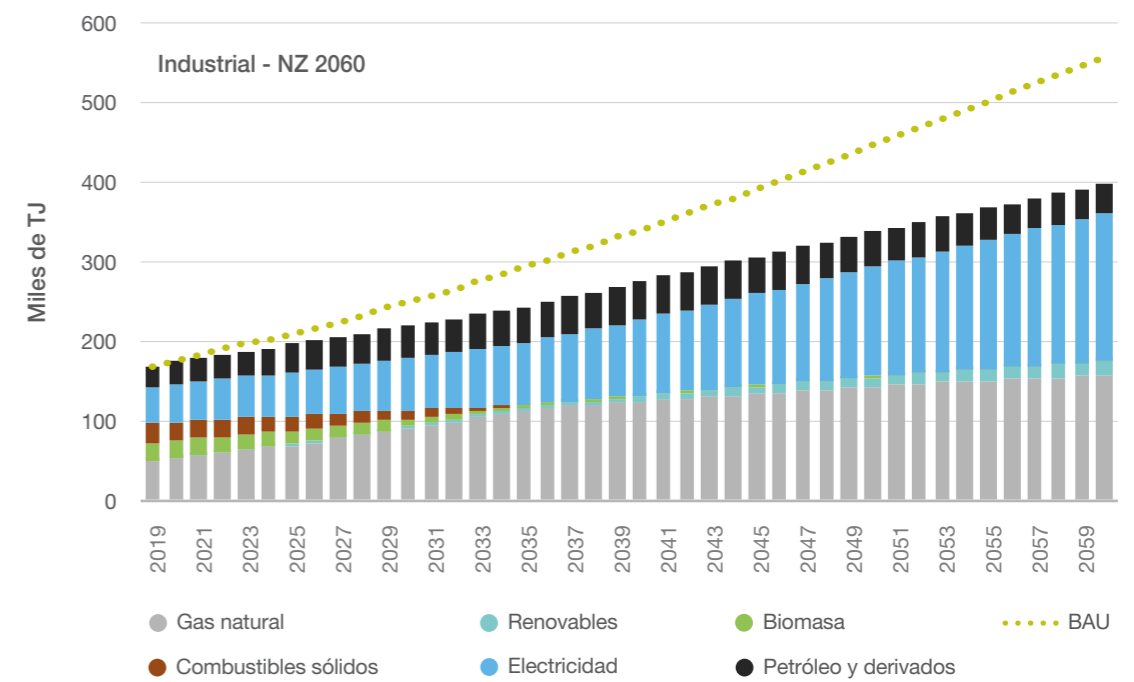
Sector industrial: consumo final por combustibles y por escenario (10³ TJ)



Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a solar térmico.

Gráfico 48 B

Sector industrial: consumo final por combustibles y por escenario (10³ TJ)

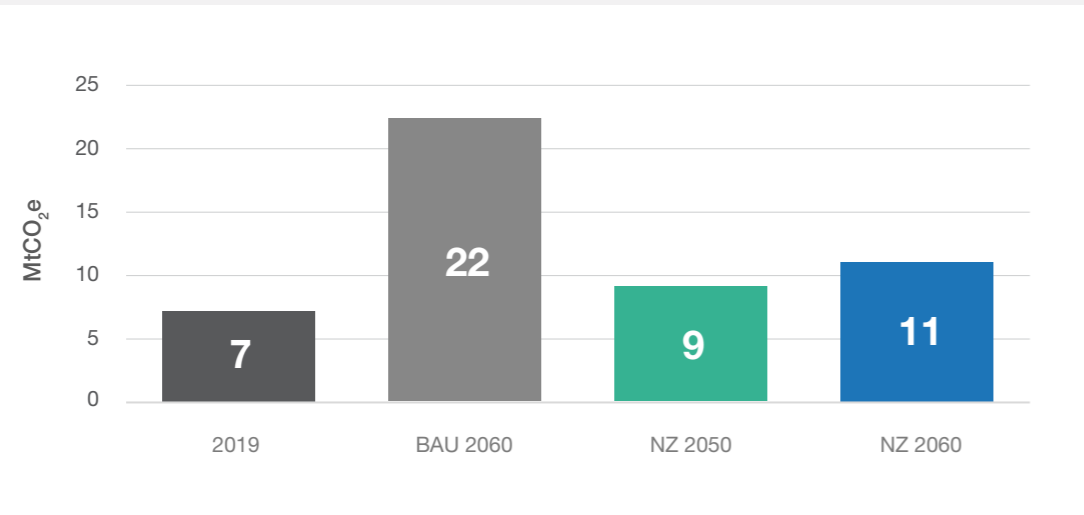


Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a solar térmico.

Para los escenarios NZ, el carbón y la biomasa se sustituyen por completo, mientras que la electrificación crece de 26 % a 47 %; el gas natural también crece en línea con las tendencias históricas.

Gráfico 49

► Sector industrial: emisiones directas por escenario, MtCO₂e



Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de CO₂e crecen en los tres escenarios; el escenario BAU registra un crecimiento del 210 %, mientras que el crecimiento en los escenarios NZ 2050 y NZ 2060 es de 26 % y 53 % respectivamente, un ritmo mucho menor que el del PIB.

Las medidas de transición energética necesarias para limitar las emisiones de GEI en el sector industrial corresponden a tecnologías existentes a nivel mundial, las cuales no siempre están muy maduras. Con el correr de los años, será necesario adaptar los procesos industriales con la mejor opción tecnológica disponible y, a su vez, repensar los procesos de forma integral.



Sector transporte

En Perú, el sector transporte es el máximo consumidor de energía (42 % en 2019) y emisor de gases de efecto invernadero. Consume mayormente combustibles líquidos (diésel, gasolina, etc.). Si bien las ventas de vehículos eléctricos aumentaron en todo el mundo en los últimos años, estos representan una muy baja proporción en Perú. El transporte carretero representa el 94 % del consumo final total en 2019, liderado por el transporte carretero de cargas (51 %).

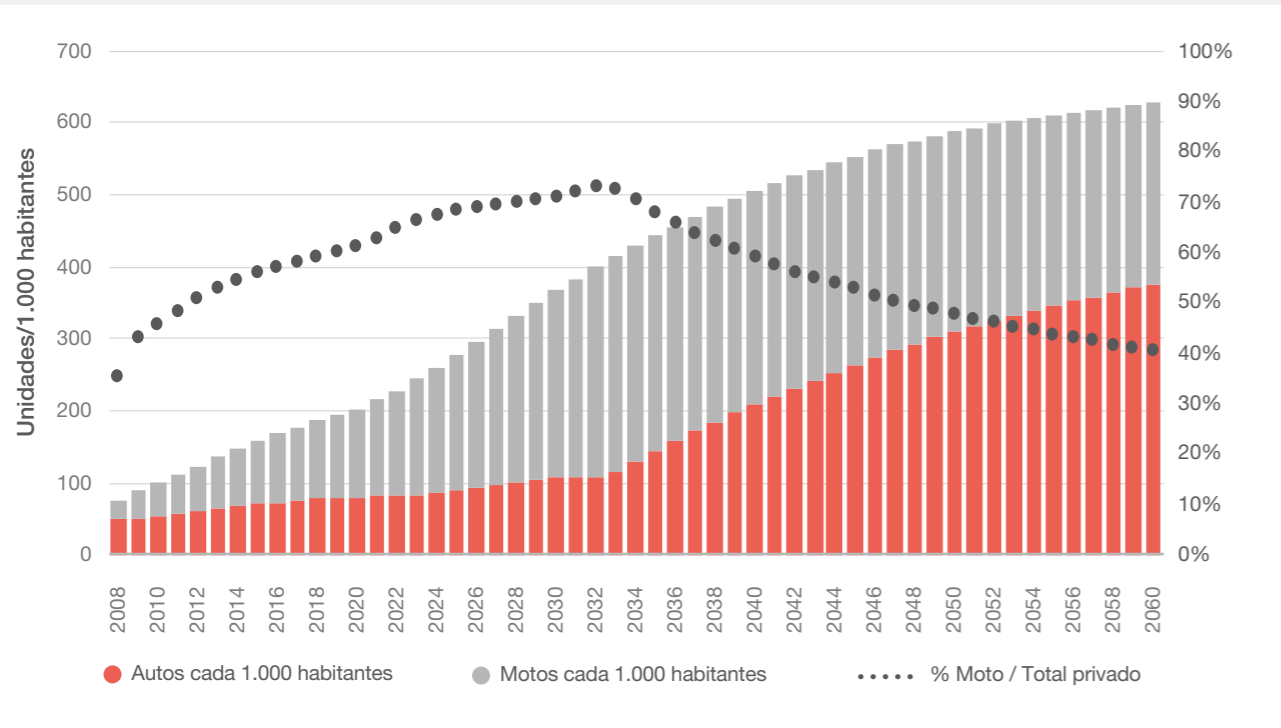
Transporte carretero de pasajeros

El consumo energético del transporte carretero depende de la evolución de la cantidad de vehículos. En todos los escenarios, se espera un **aumento significativo de la motorización** en línea con el crecimiento de los niveles de vida y la tendencia reciente en Perú. Este aumento continúa con la tendencia del mercado peruano de incremento de la cantidad de motos por cada 1.000 habitantes que se observó en la última década. A partir de un cierto nivel de PIB per cápita, el incremento en la motorización comienza a centrarse en los automóviles³⁰. Se proyectan 627 vehículos por cada 1.000 habitantes en 2060, de los cuales el 40 % son motos y el 60 %, autos.

³⁰ Law, Hamid & Goh (2015), *The motorcycle to passenger car ownership ratio and economic growth: A cross-country analysis*.

Gráfico 50

Cantidad de vehículos privados por 1.000 habitantes y participación de motos (%)



Fuente: Elaboración propia.

En este contexto de la motorización, se requerirán medidas de promoción de la transición energética para limitar el aumento de emisiones de GEI. Una de las principales medidas contemplables es la **electrificación** del parque vehicular que reduce las emisiones y el consumo total (una reducción de entre el 75 % y el 80 % del consumo por km en comparación con un vehículo estándar). El uso de vehículos híbridos permite también una reducción significativa del consumo energético unitario. En el caso de los autos, se estima que la participación alcance un 30 % de eléctricos y un 20 % de vehículos híbridos en el escenario BAU en 2060. En cambio, en los escenarios NZ, se proyecta una participación de 80 % de eléctricos y 20 % de híbridos al final del período. Por otro lado, se espera una electrificación del parque de motos y ómnibus públicos hasta llegar al 100 % del parque en ambos escenarios dentro del horizonte de planeamiento (véase el informe *Transición Energética Justa / Premisas de proyección*).

En línea con lo observado históricamente, se espera que la eficiencia media del parque vehicular mejore por los avances tecnológicos y/o reducción del peso de los vehículos.

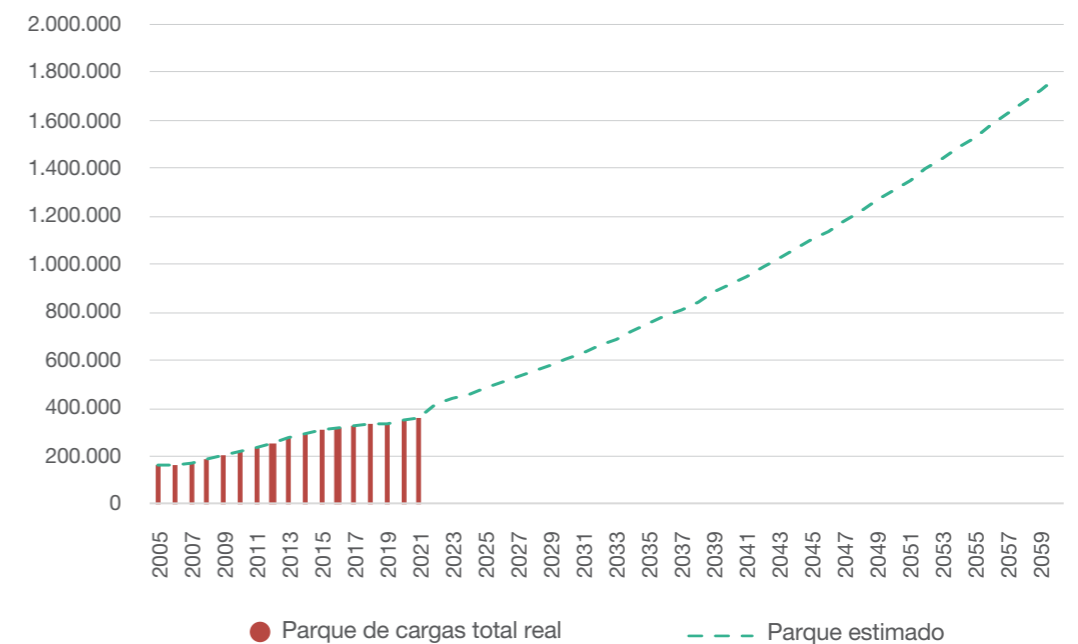
Finalmente, se estima una reducción de los recorridos medios por vehículo (km/vehículo) como consecuencia de la **digitalización** de la sociedad (teletrabajo, etc.) y una mayor penetración de los sistemas de **transporte público**.

Transporte carretero de cargas

El parque carretero de cargas crece con la actividad económica (PIB), según la elasticidad histórica de los ingresos. En este contexto, se espera un crecimiento sostenido de la cantidad de vehículos de carga en el período (4,1 % promedio anual), tanto para camiones (64 % del total) como para tractocamiones.

Gráfico 51

Cantidad de vehículos de carga total



Fuente: Elaboración propia.

Para limitar el aumento de emisiones de GEI, será necesario promover los combustibles de la transición energética según el horizonte de tiempo considerado: gas natural comprimido (GNC), gas natural licuado (GNL), electricidad (disponible ahora) y derivados del hidrógeno (a partir de 2040). Se asume que el gas natural (GNC, GNL) desempeñará un papel importante en el período entre 2030 y 2040. Además, la transición energética debe estar acompañada por una **mejora de rendimiento** de los vehículos, **mejoras logísticas y transferencia a ferroviario**.

Se asumió que, en el escenario BAU y para 2060, el 10 % de la flota de camiones será eléctrica, el 40 % será a GNC, el 4 % a GLP y el resto continuará utilizando diésel. En cuanto a los tractocamiones, se prevé que el 50 % de la flota utilice GNL y el 50 %, diésel. En los escenarios NZ, se requieren mayores esfuerzos de transición, con el 80 % de los camiones y el 60 % de los tractocamiones eléctricos a largo plazo. La electrificación surge como principal alternativa para camiones y tractocamiones, pero se prevé una menor penetración eléctrica para los tractocamiones, ya que las soluciones tecnológicas para transportar cargas muy pesadas están todavía en desarrollo y la electrificación no es siempre una solución. Las celdas de hidrógeno también pueden desempeñar un papel en este segmento en el largo plazo. El gas natural permite iniciar la transición en ambos segmentos.

Transporte aéreo, naval y ferroviario

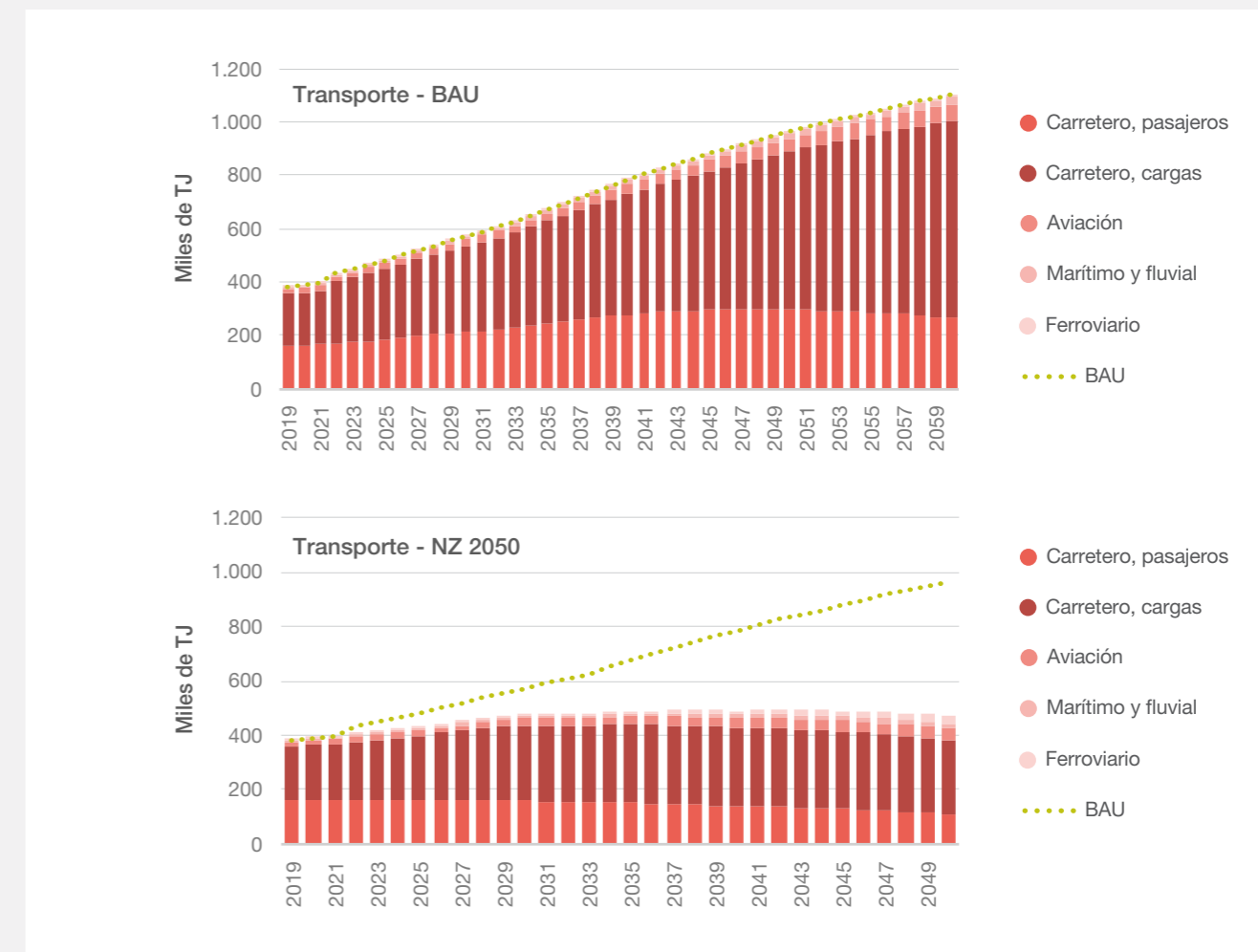
Estos sectores son de más difícil transformación (en particular, los subsectores aéreo y marítimo/fluvial no son electrizables). Algunas de las opciones de transición energética disponibles son los combustibles sintéticos y el amoníaco (derivados del H₂) que se contemplan en los escenarios NZ.

Resultados

En el escenario BAU, el consumo energético en el sector transporte crece casi 200 %, impulsado por el sector de carga. El consumo de petróleo y derivados crece un 89 %, la electricidad crece de forma considerable en los sectores pasajeros privados y pasajeros públicos, mientras que el gas natural se vuelve importante en el sector de cargas.

Gráfico 52 A

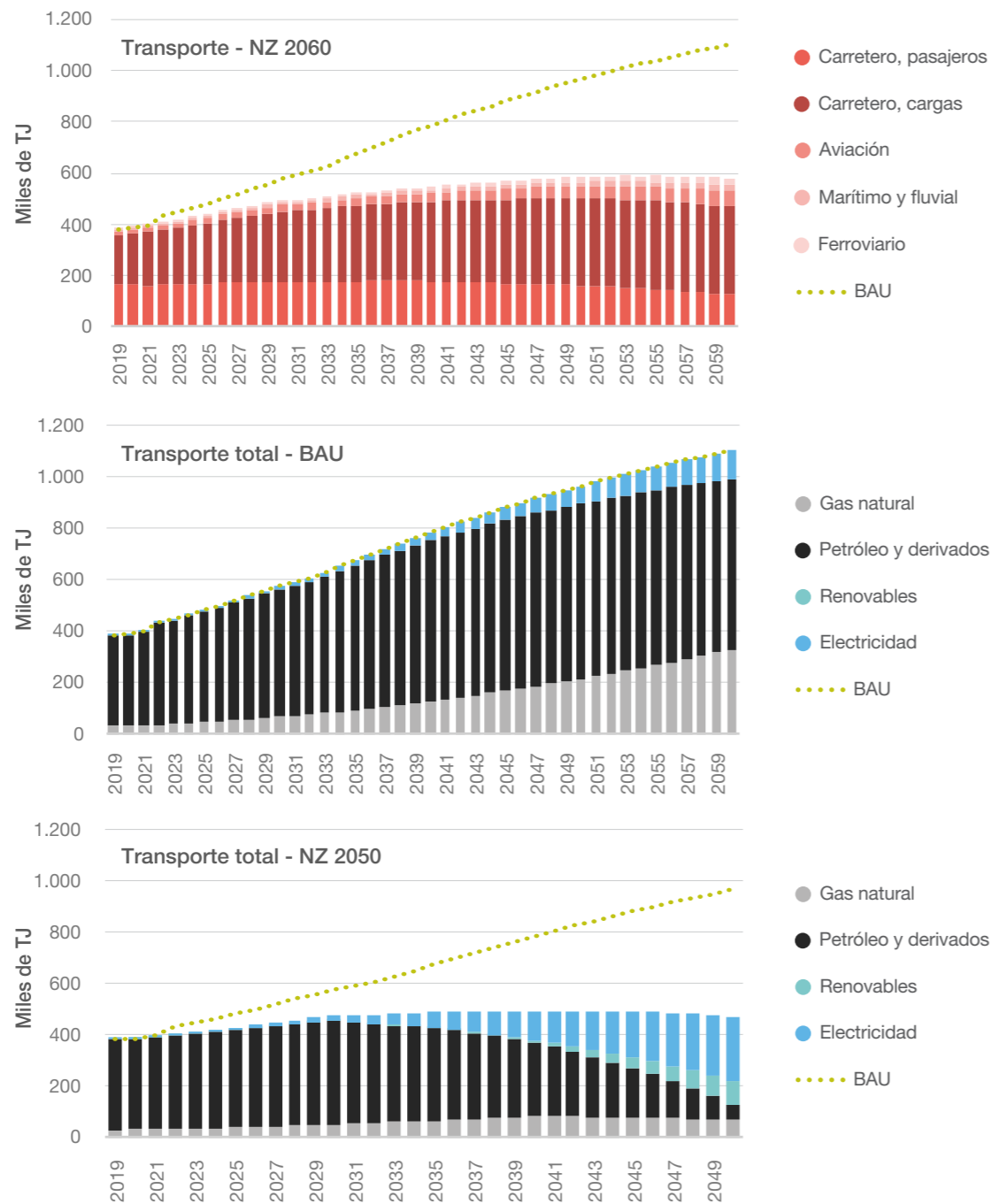
► Transporte: consumo final por tipo/combustibles y por escenario (10³ TJ)



Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a derivados del hidrógeno.

Gráfico 52 B

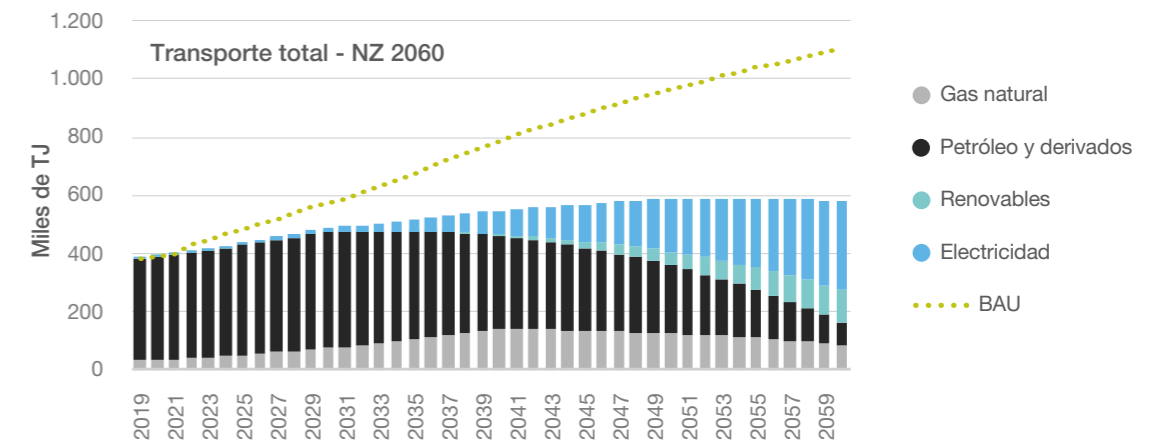
► Transporte: consumo final por tipo/combustibles y por escenario (10³ TJ)



Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a derivados del hidrógeno.

Gráfico 52 C

► Transporte: consumo final por tipo/combustibles y por escenario (10³ TJ)

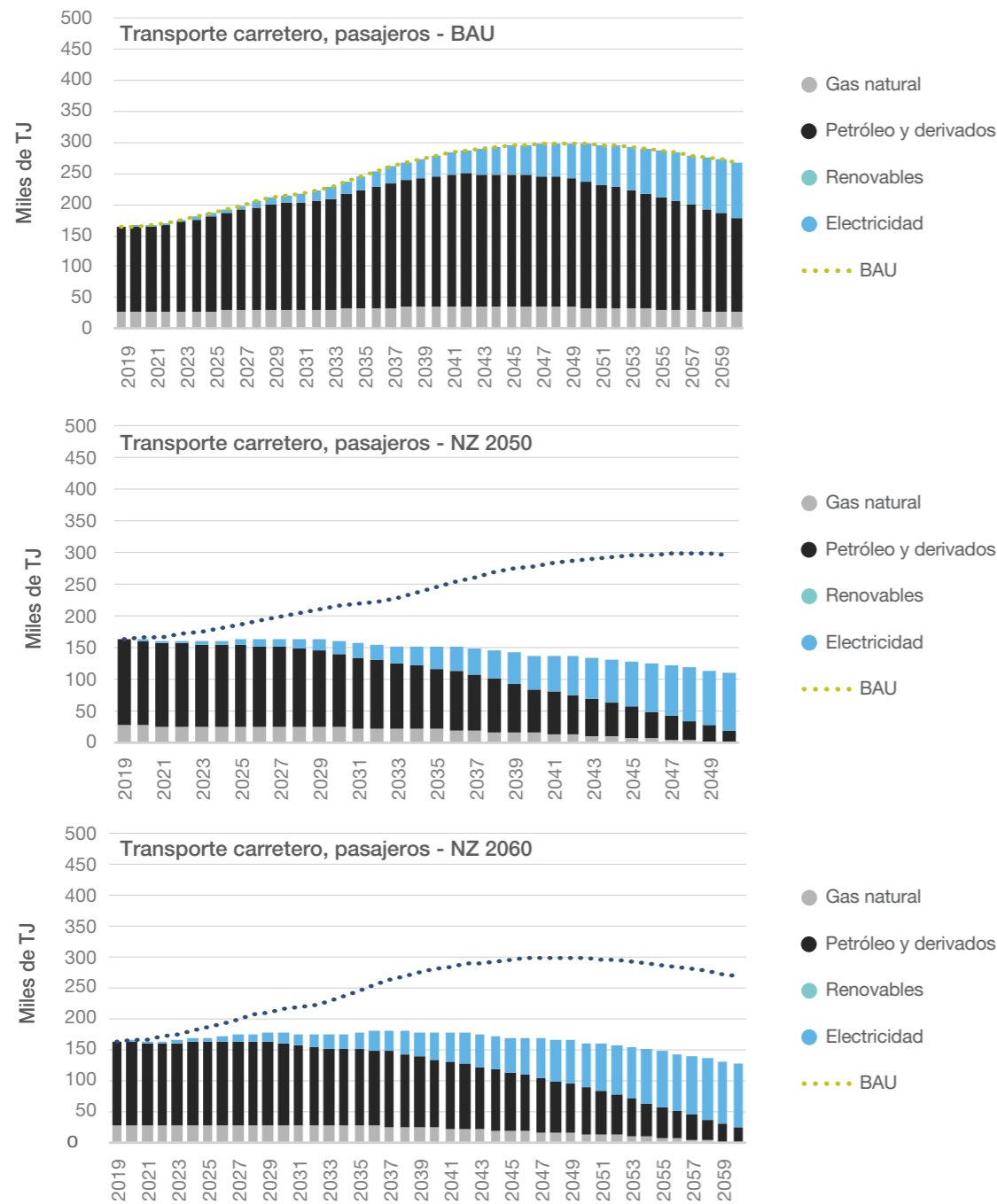


Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a derivados del hidrógeno.

En el período de estudio, la demanda energética en el sector transporte crece (23 % en el escenario NZ 2050 y 53 % en el escenario NZ 2060) debido a las medidas para promover el transporte eléctrico y los combustibles sintéticos. En el sector de pasajeros, se incrementa fuertemente la penetración eléctrica, mientras que el resto utiliza gasolina motor en vehículos híbridos. En cuanto al transporte de carga, la electrificación surge como principal alternativa para camiones y tractocamiones; las celdas de hidrógeno desempeñan un papel más limitado. De acuerdo con estas consideraciones, el sector pasajero disminuye considerablemente su consumo energético, mientras que el sector de transporte de carga crece de forma leve. El escenario NZ 2060 es muy similar al mencionado anteriormente, con una implementación menos rápida de las medidas.

Gráfico 53 A

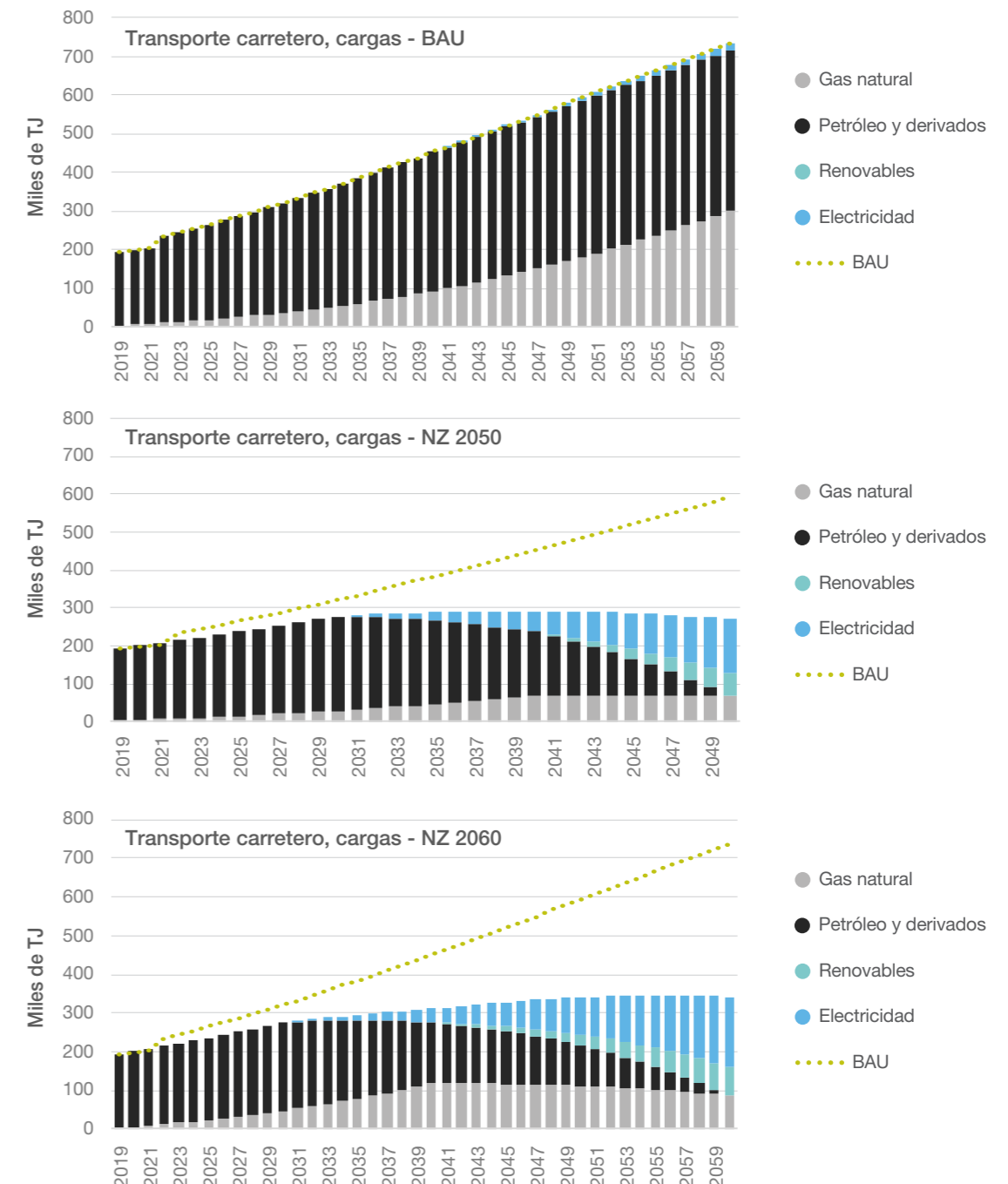
► Consumo final del transporte carretero de pasajeros y de cargas, por combustibles y por escenario (10³ TJ)



Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a derivados del hidrógeno.

Gráfico 53 B

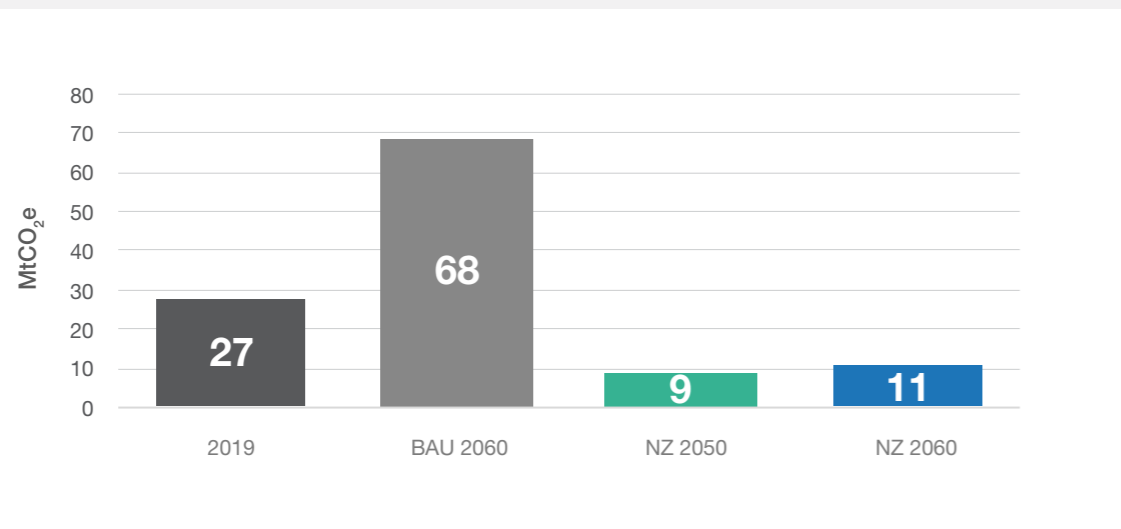
► Consumo final del transporte carretero de pasajeros y de cargas, por combustibles y por escenario (10³ TJ)



Fuente: Elaboración propia. NB: La categoría renovables se refiere a derivados del hidrógeno.

Gráfico 54

► Sector transporte: emisiones directas por escenario (MtCO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de CO₂e crecen en el escenario BAU (+150%), pero a un ritmo menor que el del parque de vehículos. Por otro lado, las emisiones se dividen por casi tres en los escenarios NZ a largo plazo como consecuencia de las medidas de sustitución de combustibles (mayormente, electrificación), eficiencia energética y cambios de conductas.

Las medidas de transición energética necesarias para limitar las emisiones de GEI en el sector transporte corresponden a tecnologías maduras para el segmento de vehículos livianos y en desarrollo para los demás segmentos. Se esperan cambios sustanciales en todos los escenarios dada la fuerte motorización asociada al crecimiento de la economía.



Sector agropecuario, pesca, minería y construcción

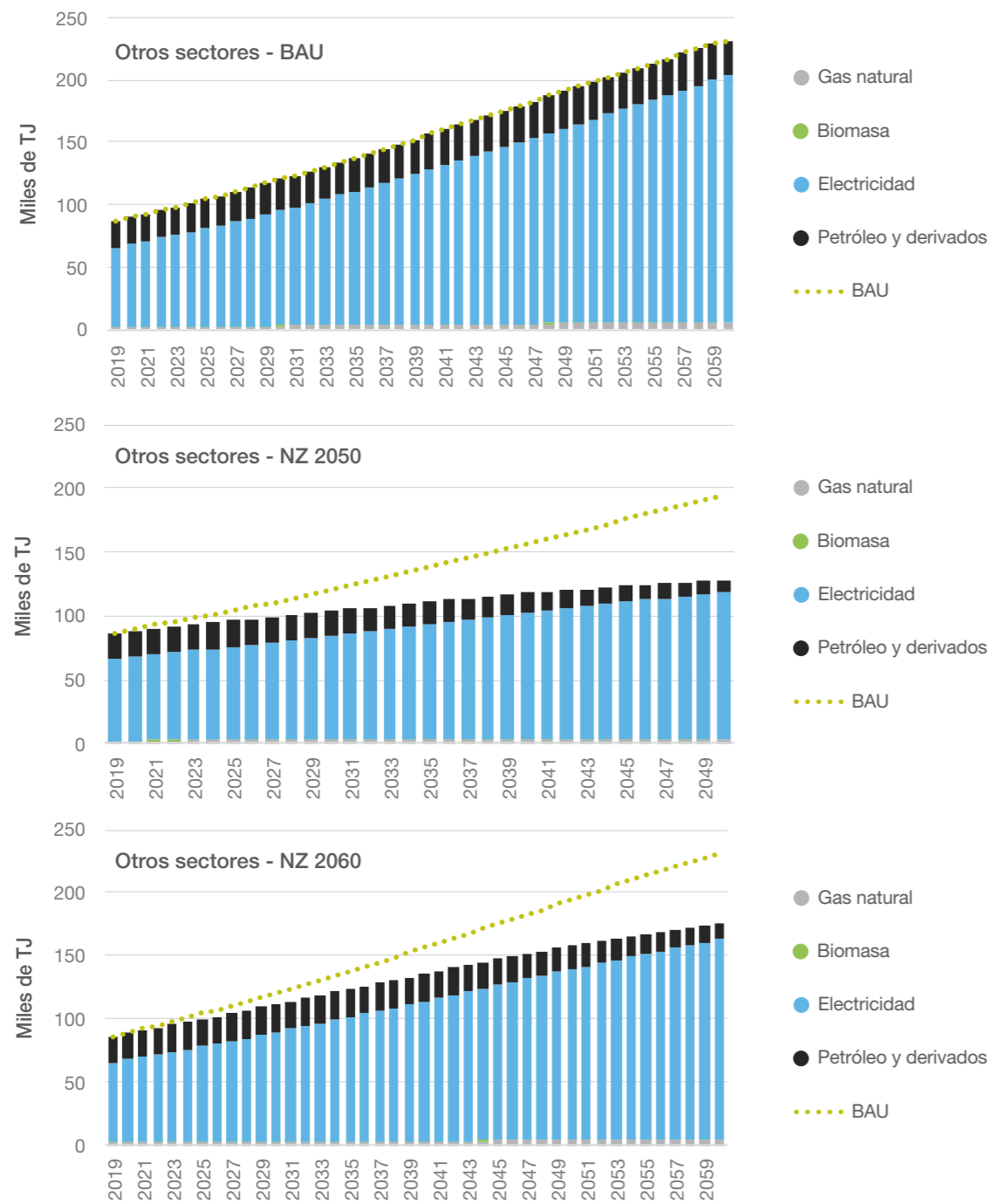
Los sectores agropecuario, pesca, minería y construcción representan, junto con el sector comercial, servicios y públicos, los sectores de menor consumo de energía. La electrificación del sector es alta (74 % en 2019). Al analizar la demanda por subsector, se puede observar la importancia del sector minería que representa 88,6 % del total en Perú, mientras que el sector agropecuario suma 7,6 % y pesca, 3,8 %³¹. El sector minería tiene un alto potencial para electrificar los usos relacionados con la fuerza motriz o los camiones mineros, entre otras cosas, mientras que se espera una fuerte electrificación de la maquinaria agrícola en el largo plazo, en línea con las tendencias ya observadas en este subsector. Existe también potencial para incrementar la eficiencia energética de los equipamientos en ambos subsectores.

En el escenario BAU, la demanda de este sector crece alrededor de un 2,4 % anual (168 % acumulados en el período), lo cual mantiene el *fuel share* actual. Se observa una mejora de la intensidad energética del sector (el crecimiento del PIB es mayor que el de la demanda: 3,6 % anual contra 2,4 % anual).

³¹ No se cuenta con información específica del sector construcción.

Gráfico 55

► **Resultados del sector agropecuario, pesca, minería y construcción, por escenario (10³ TJ)**

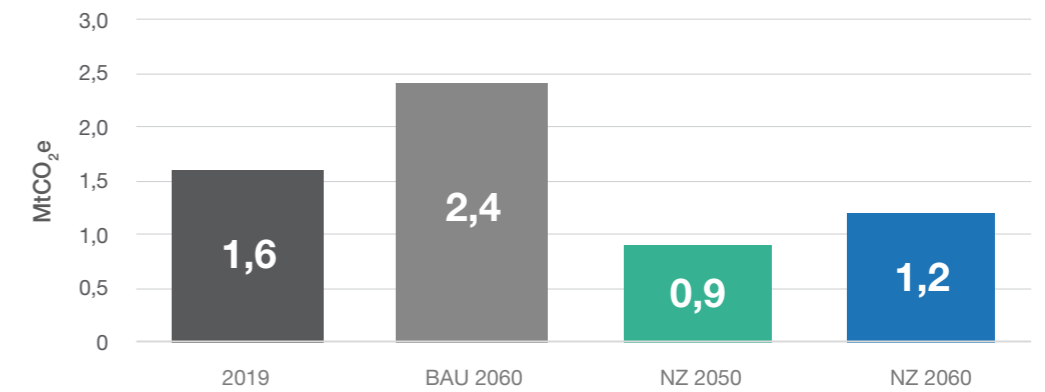


Fuente: Elaboración propia.

En los escenarios NZ, se alcanza una electrificación casi total del sector; el petróleo y derivados impulsan el resto. El consumo se mantiene relativamente constante en el período de estudio por el efecto combinado de la mayor eficiencia energética y los ahorros que provienen de la electrificación prevista de algunos usos.

Gráfico 56

► **Sector agropecuario, pesca, minería y construcción: emisiones directas por escenario (MtCO₂e)**



Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de CO₂e crecen en el escenario BAU (+50 %) a un ritmo menor que el del PIB. Por otro lado, las emisiones se reducen entre un 25 % y un 44 % en los escenarios NZ a largo plazo como consecuencia de la electrificación del sector y los esfuerzos de eficiencia energética.

Las medidas de transición energética necesarias para limitar las emisiones de GEI en el sector corresponden a tecnologías que se esperan que hayan madurado a nivel mundial en los próximos años, tales como el uso de maquinaria agrícola eléctrica y de camiones mineros eléctricos.



Sector eléctrico

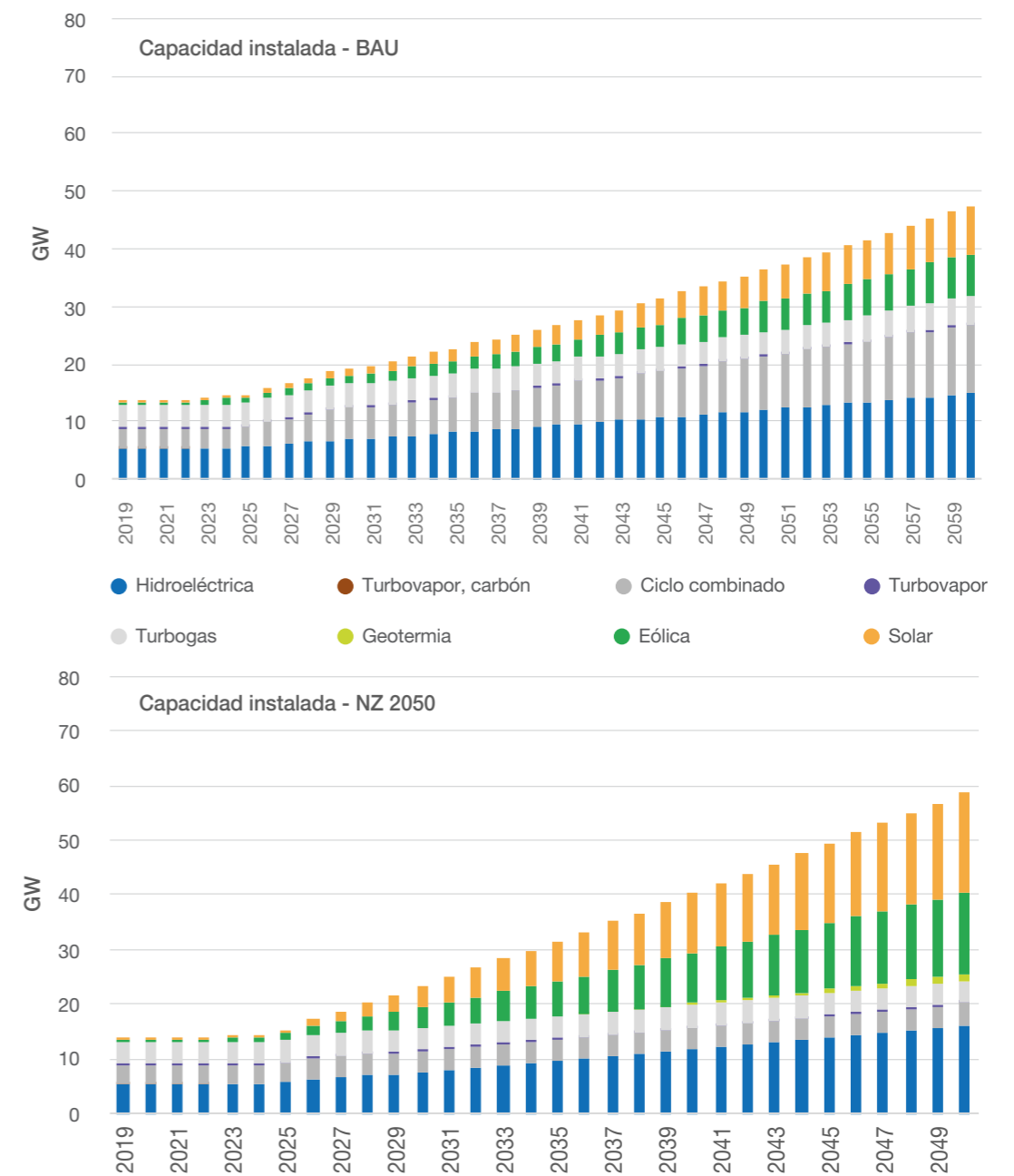
Perú parte de un mix de generación eléctrica con una gran participación hidroeléctrica y a gas natural. Tiene abundantes recursos naturales y un gran potencial hidroeléctrico remanente (70 GW), eólico *onshore* (20 GW), solar (25 GW) y geotérmico (3 GW), que son favorables para el desarrollo de un parque de generación eléctrica con bajas emisiones. También, tiene un gran potencial para proyectos eólico *offshore* y abundantes reservas de gas a precio competitivo (Camisea). En la década pasada, Perú puso en servicio una gran cantidad de centrales a gas natural, mientras que muy recientemente experimentó un mayor dinamismo en el desarrollo de proyectos renovables (eólico y solar). Se espera que estos proyectos continúen a futuro en un contexto de disminución del costo de inversión (CAPEX) de estas tecnologías.

En todos los escenarios planteados, se espera un crecimiento de la capacidad solar, eólica e hidroeléctrica; se necesita un crecimiento del parque de generación mucho mayor que el crecimiento observado en los últimos 20 años. En el escenario BAU, la capacidad renovable adicional a instalar es de 24 GW, de los cuales 8 GW corresponden a solar y 7 GW, a eólico. En los escenarios NZ, se necesita instalar todavía más capacidad renovable para cubrir la mayor demanda eléctrica y asegurar una baja significativa de las emisiones de GEI. En el escenario NZ 2050, se prevé la adición de 45 GW renovables adicionales, de los cuales 18 GW son solares, 15 GW son eólicos y 11 GW, hidroeléctricos. En el escenario NZ 2060, se necesitan 55 GW renovables adicionales, de los cuales 22 GW son solares, 18 GW son eólicos y 14 GW, hidroeléctricos.

En todos los escenarios, además se necesita la instalación de nuevas centrales térmicas o la conservación de las centrales existentes, que desempeñan un papel de respaldo, en particular, en situaciones de hidrología seca, así como también de baterías y redes inteligentes que participan de la mejor integración de la energía eléctrica renovable en la red.

Gráfico 57 A

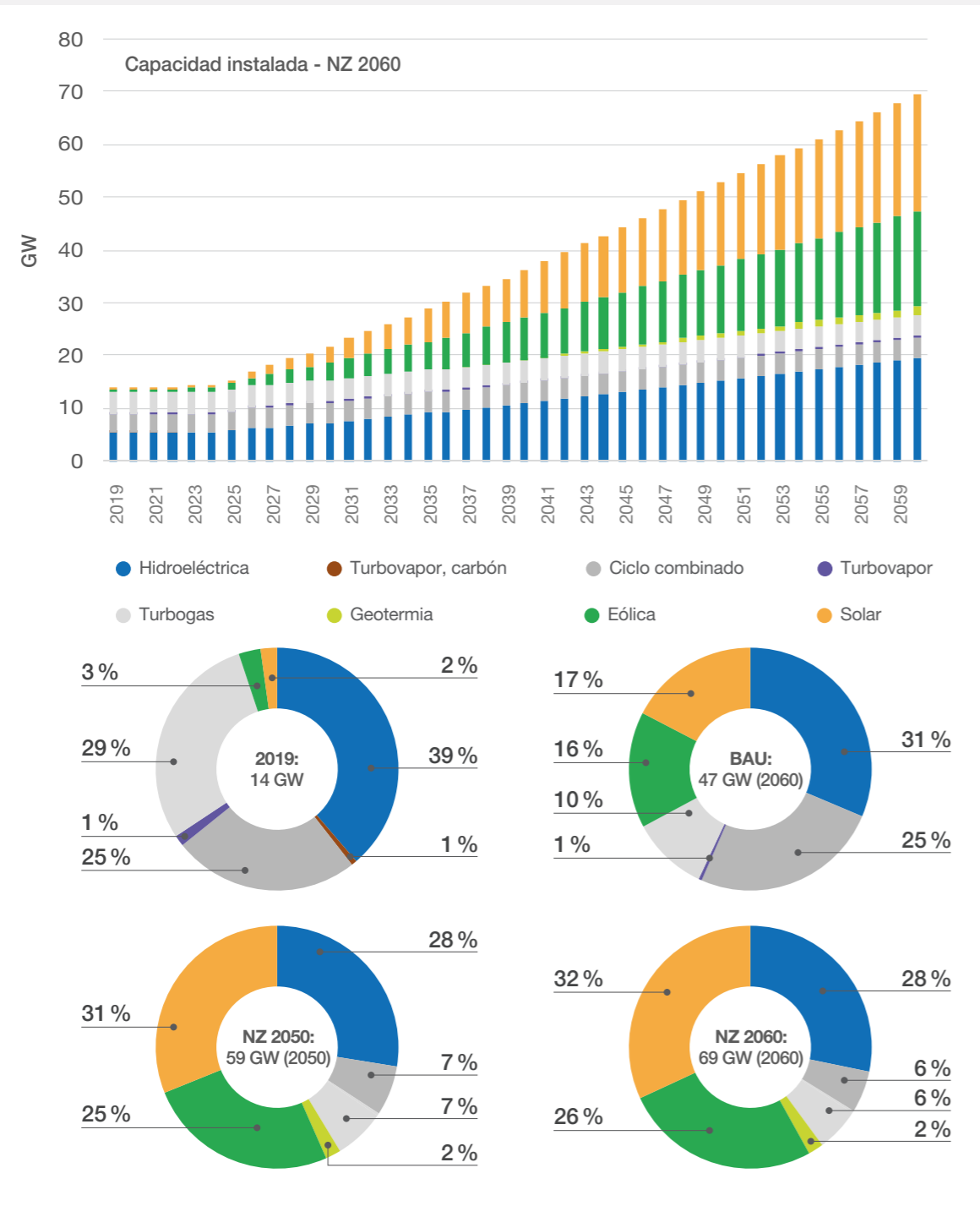
► Proyección de la capacidad instalada por fuente y por escenario (GW)



Fuente: Elaboración propia. NB: No incluye los sistemas aislados.

Gráfico 57 B

► **Proyección de la capacidad instalada por fuente y por escenario (GW)**



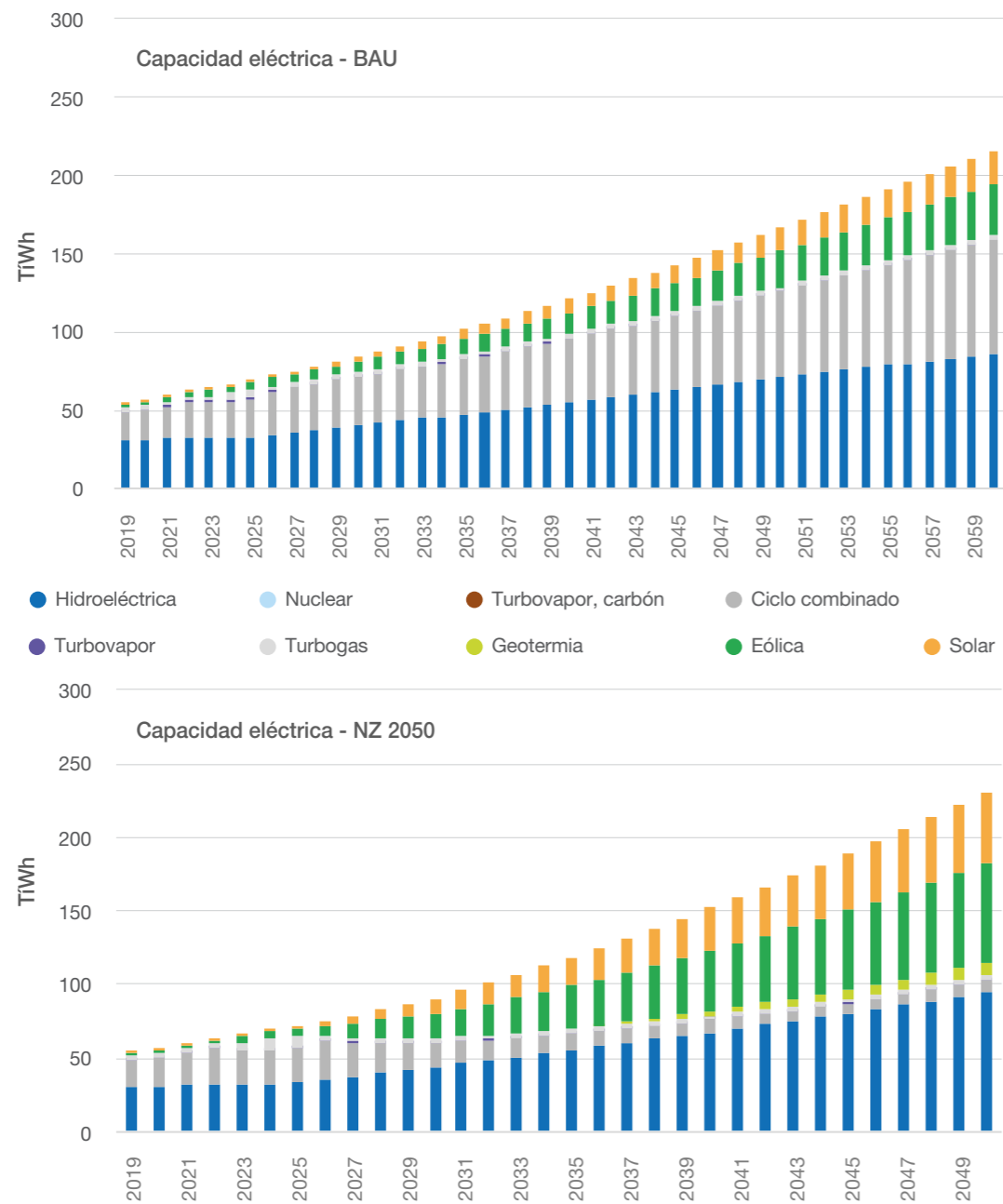
Fuente: Elaboración propia. NB: No incluye los sistemas aislados.

En todos los escenarios, la matriz de generación eléctrica se vuelve más renovable: 65 % de generación libre de emisiones en el escenario BAU y más de 90 % en los escenarios NZ (véase el gráfico 58). La producción hidroeléctrica sigue desempeñando un papel preponderante en todos los escenarios, aunque menor que el peso actual.



Gráfico 58 A

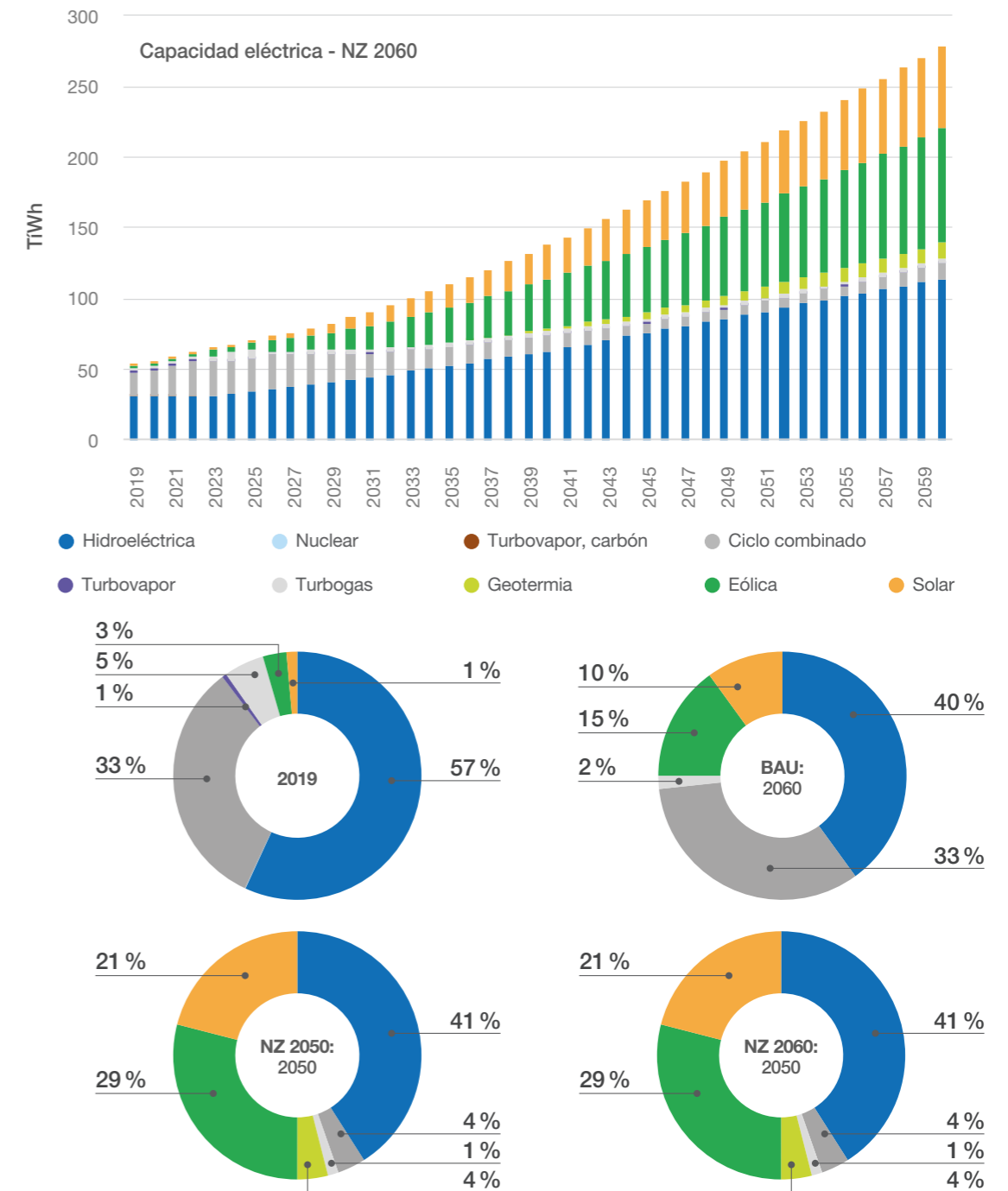
Proyección de la generación eléctrica por fuente y por escenario (TWh)



Fuente: Elaboración propia. NB: No incluye los sistemas aislados.

Gráfico 58 B

Proyección de la generación eléctrica por fuente y por escenario (TWh)



Fuente: Elaboración propia. NB: No incluye los sistemas aislados.

3. Financiamiento de la transición energética

En este apartado, se presentan las inversiones correspondientes a cada escenario como consecuencia de todas las medidas de transición energética justa descritas previamente.

A continuación, se presentan los principales rubros que requieren inversión, incluida una breve descripción de las premisas utilizadas para derivar los montos presentados en las secciones siguientes:

1. la generación eléctrica (y las necesidades de redes eléctricas adicionales, así como medidas de flexibilidad);
2. la electrificación del sector transporte carretero (inversiones en vehículos eléctricos y estaciones de carga);
3. las medidas de eficiencia energética y la electrificación de ramas y usos finales para los demás sectores, así como la sustitución de combustibles.



Inversiones totales

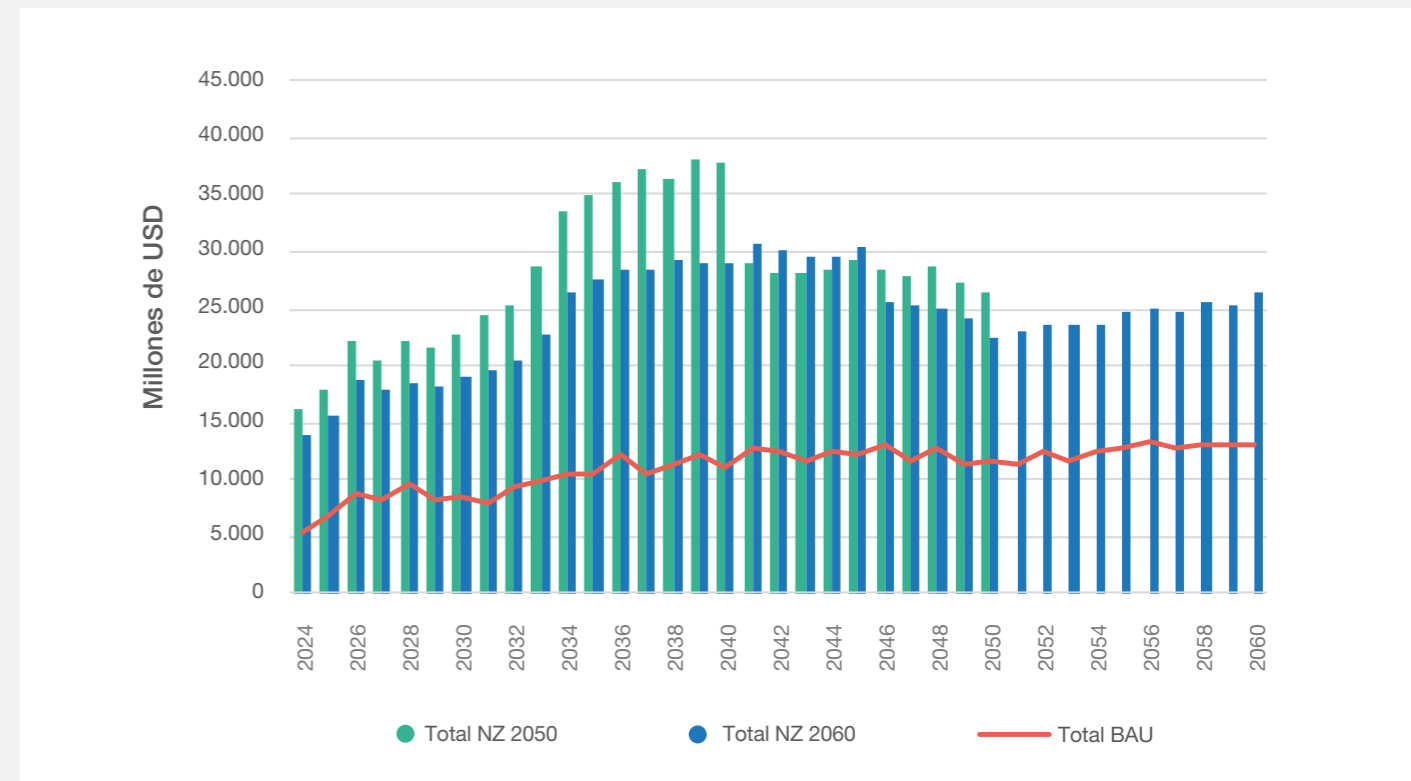
Las inversiones se calculan por año y se aplica el monto de la inversión total al primer año en el que la reducción de las emisiones de CO₂ es posible. Esta es

una simplificación del modelo, dado que las grandes inversiones deben ocurrir de forma anticipada, de uno a cinco años antes, según el tiempo de construcción o puesta en marcha de la inversión en consideración (las centrales hidroeléctricas, por ejemplo, se caracterizan por un período de construcción de varios años).

Los gráficos 59 y 60 muestran las inversiones estimadas anuales totales por escenario, en millones de USD y como porcentaje del PIB, según los lineamientos y las premisas descritas en el punto “Inversiones”, capítulo “Apartado metodológico y premisas”, informe *Transición Energética Justa / Premisas de proyección*.

Gráfico 59

► Inversión estimada anual (millones de USD)



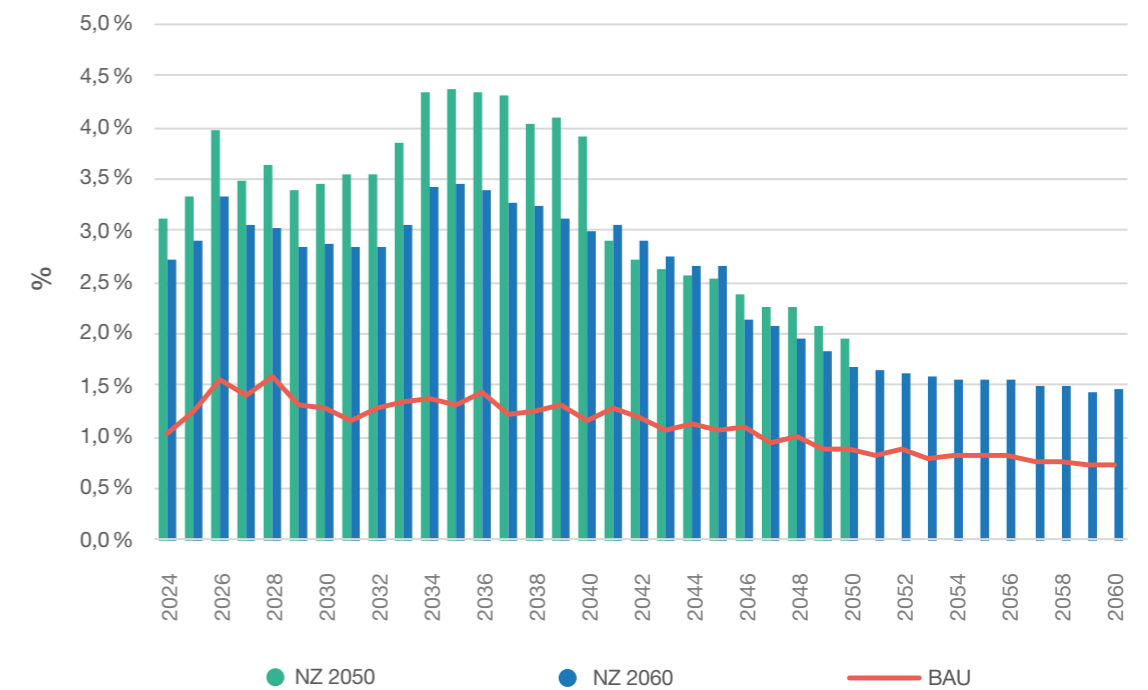
Fuente: Elaboración propia.

Las inversiones acumuladas en el período entre 2024 y 2060 son de aproximadamente USD 409.000 millones en el escenario BAU, USD 908.000 millones en el escenario NZ 2050 y USD 901.000 millones en el escenario NZ 2060.

Por año, se observan inversiones con tendencias crecientes hasta el año 2040 o 2045 en los escenarios NZ. A partir de ahí, se observan inversiones decrecientes o variables que son el reflejo de la disminución del costo unitario de algunas de las tecnologías de transición a largo plazo, en particular, los vehículos eléctricos y de la velocidad de reemplazo del parque vehicular que varía según los escenarios. En el caso del escenario BAU, se observan inversiones anuales con una tendencia levemente creciente en todo el período. La inversión máxima anual en el escenario BAU es de unos USD 13.000 millones, cerca de USD 38.000 millones en el escenario NZ 2050 y cerca de USD 31.000 millones en el escenario NZ 2060, lo cual significa una multiplicación por dos o tres de las inversiones anuales en comparación con el escenario BAU. A partir de 2051, las inversiones del escenario NZ 2050 son menores que en los años anteriores y similares a las del escenario BAU.

Gráfico 60

► Inversión estimada anual total en % del PIB (%)



Fuente: Elaboración propia.

El esfuerzo de inversión medido en porcentaje del PIB es cercano al 1,5 % en el período entre 2026 y 2035 en el escenario BAU, 4,3 % en el período entre 2034 y 2037 en el escenario NZ 2050 y 3,4 % en el mismo período en el escenario NZ 2060.

En los apartados siguientes, se presentan las inversiones por tipo.



Sector eléctrico

Las inversiones del sector eléctrico contabilizan:

- las inversiones en nuevas centrales de generación eléctrica, en línea con la expansión de la generación presentada en el subapartado “Sector eléctrico”, apartado “Resultados y premisas por sector”, según los precios de CAPEX proyectados por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL, por sus siglas en inglés) para la puesta en funcionamiento de nuevas instalaciones³²;
- las inversiones en infraestructura y flexibilidad, donde se incluyen conceptos de redes inteligentes, baterías y modernización de centrales hidroeléctricas antiguas, estimadas en un 15 % adicional³³ a las inversiones de generación eléctrica. Estas inversiones son claves para facilitar la integración de la generación eléctrica intermitente en el despacho eléctrico;
- las inversiones en redes de transmisión y distribución, que acompañan el crecimiento muy significativo de la demanda eléctrica, consecuencia del crecimiento económico proyectado y de la electrificación de los usos finales, con base en una proporción del 16 % para transmisión y 44 % para distribución³⁴.

Es importante resaltar que, si bien la adición de nuevas capacidades de generación eléctrica crece en el largo plazo, se espera que los costos unitarios de las tecnologías renovables disminuyan paulatinamente con el tiempo como consecuencia de las mejoras tecnológicas y las ganancias de escala originadas en el crecimiento del sector.

³² Tabla 9, *Transición Energética Justa / Premisas de proyección*.

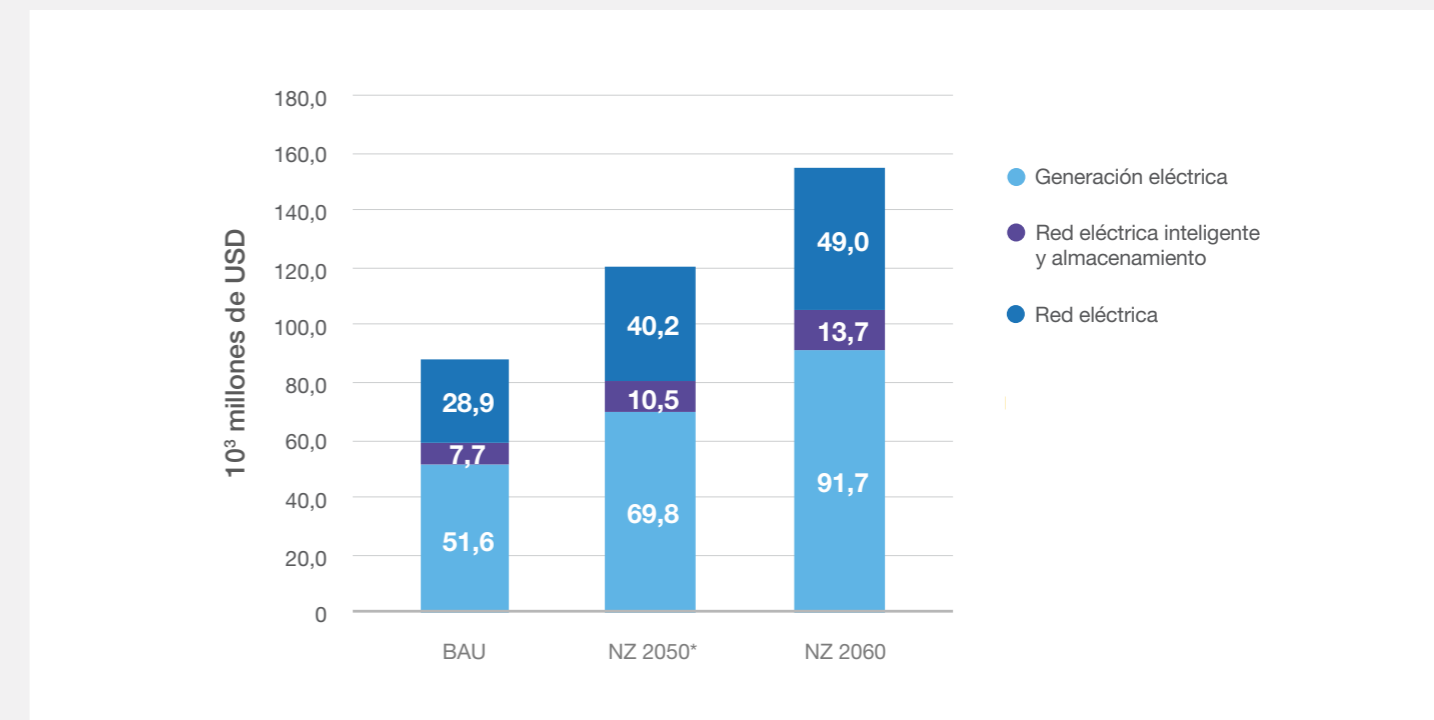
³³ Este monto genérico está en línea con los montos de inversiones globales estimados por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) en su reporte *Perspectiva global de las transiciones energéticas 2023: Camino hacia 1,5 °C*.

³⁴ Véase nuevamente el informe *Transición Energética Justa / Premisas de proyección*.

A continuación, se presentan las inversiones acumuladas en el período de transición para cada escenario.

Gráfico 61

► Sector eléctrico: inversiones acumuladas en el período de transición (miles de millones de USD)

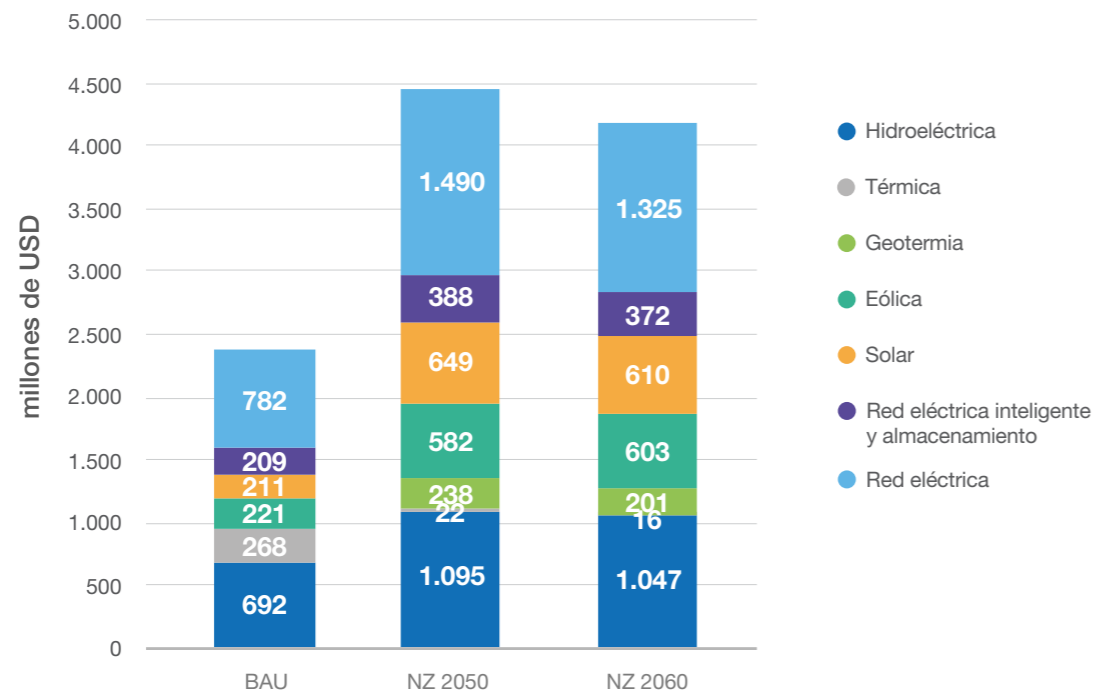


Fuente: Elaboración propia. *Las inversiones del escenario NZ 2050 corresponden al período entre 2024 y 2050, mientras que corresponden al período entre 2024 y 2060 en los demás escenarios.

Las inversiones acumuladas correspondientes al sector eléctrico son de aproximadamente USD 88.000 millones en el período entre 2024 y 2060 para el escenario BAU, USD 120.000 millones en el período entre 2024 y 2050 para el escenario NZ 2050 y USD 154.000 millones en el período entre 2024 y 2060 para el escenario NZ 2060. Las inversiones correspondientes a generación eléctrica, conceptos de redes inteligentes y almacenamiento suman alrededor de dos tercios de estas, mientras que las inversiones en red eléctrica suman alrededor de un tercio.

Gráfico 62

Sector eléctrico: inversiones promedio anuales por tipo (millones de USD)

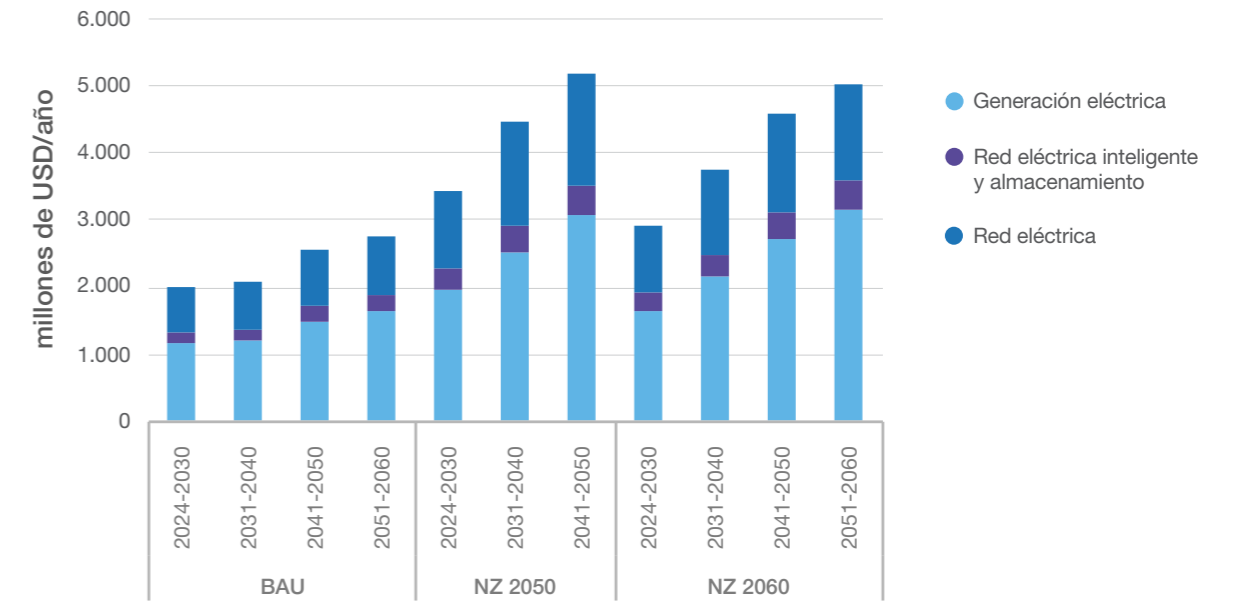


Fuente: Elaboración propia.

Por año (valor promedio), las inversiones necesarias son mayores en el escenario NZ 2050 con USD 4.463 millones, sigue el escenario NZ 2060 con USD 4.174 millones y, por último, el escenario BAU con USD 2.384 millones. Por tecnologías, las inversiones de generación eléctrica de mayor participación son la hidroeléctrica, la solar y la eólica. Si bien la capacidad hidroeléctrica acumulada a instalar es menor que la capacidad solar y eólica, el CAPEX unitario de esta primera es dos a cuatro veces mayor según el año considerado.

Gráfico 63

Sector eléctrico: inversiones anuales por período (millones de USD/año)



Fuente: Elaboración propia.

Por intervalo temporal, la necesidad de inversiones es creciente en el tiempo. Estas necesidades de inversión ocurren en un contexto de crecimiento de la demanda eléctrica, consecuencia del fuerte desarrollo económico y de la electrificación de los usos finales.



Usos finales

Desde el punto de vista de las inversiones relacionadas con los usos finales de la energía, se pueden mencionar las siguientes:

- sector transporte carretero, donde se estima la inversión total³⁵ en vehículos eléctricos (VE) e híbridos (VH) en función de CAPEX unitarios proyectados por la IRENA y las cantidades de vehículos nuevos, así como las estaciones de cargas, en función de una estimación de la cantidad de estaciones necesarias y un costo unitario;
- medidas de eficiencia energética, electrificación, uso de combustibles alternativos (hidrógeno y sus derivados, entre otros) y cambios de conductas que impactan en los sectores de usos finales, a excepción del transporte carretero y de la tecnología de captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS, por sus siglas en inglés). Se consideró un *proxy*³⁶ por sector de consumo final, equivalente a un CAPEX unitario expresado en USD/tonelada de emisiones evitadas, multiplicado por el ahorro en emisiones en cada sector.

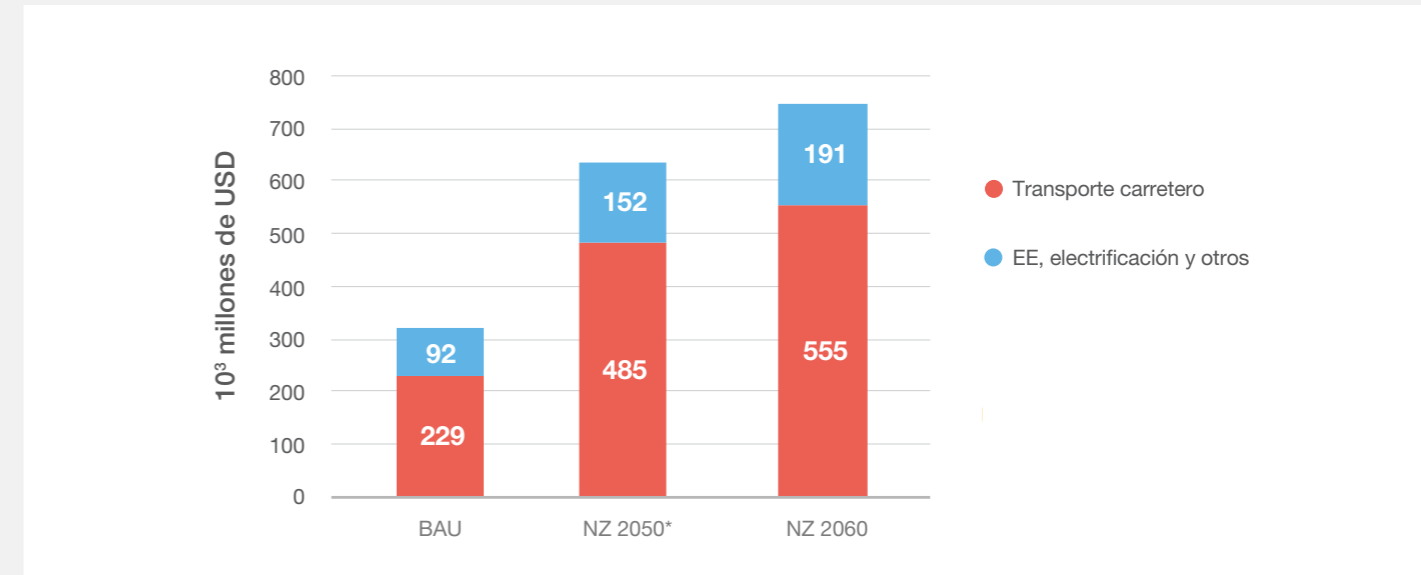
El gráfico 64 presenta las inversiones acumuladas en el período de transición para cada escenario.

³⁵ Estas inversiones no contabilizan el reemplazo necesario de los VE al final de sus vidas útiles o el reemplazo anticipado de baterías.

³⁶ Este CAPEX equivalente por sector se estimó con base en un estudio realizado por el Comité de Cambio Climático (CCC).

Gráfico 64

► Usos finales: inversiones acumuladas en el período de transición (miles de millones de USD)



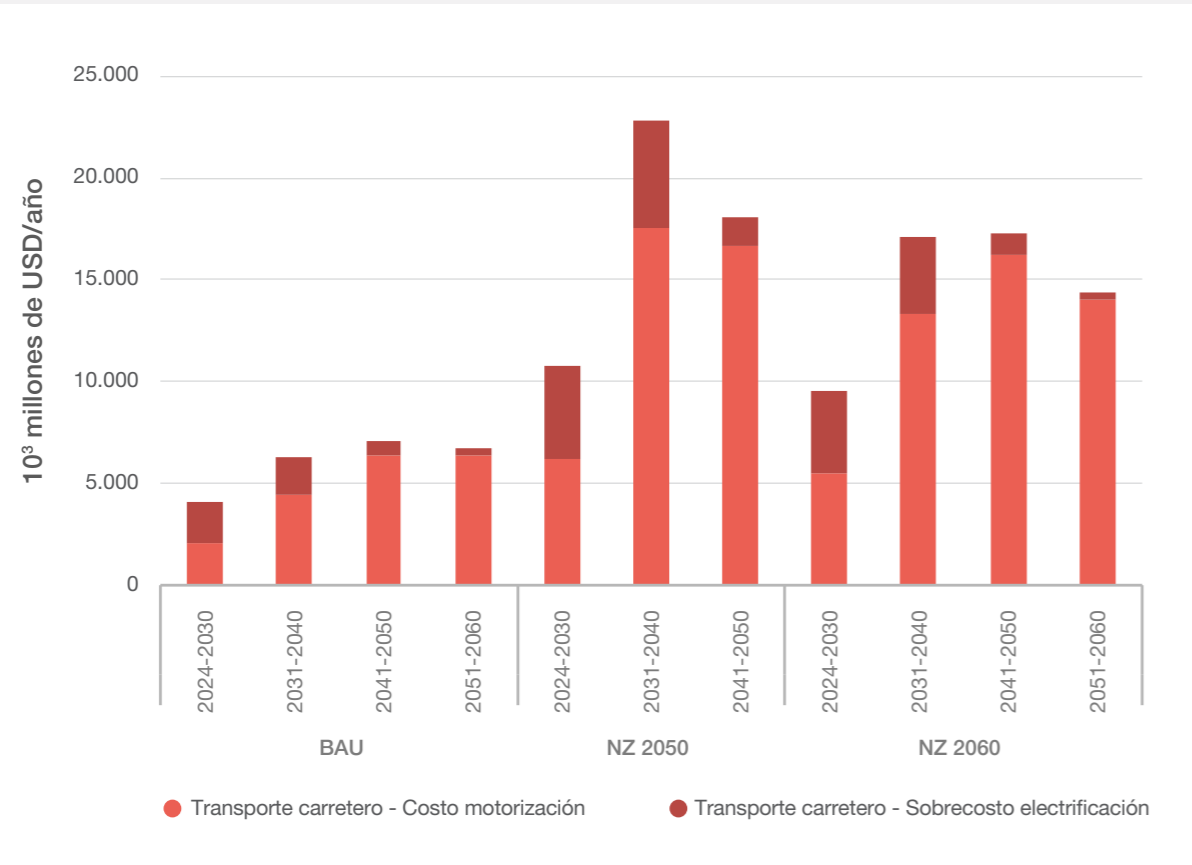
Fuente: Elaboración propia. *Las inversiones del escenario NZ 2050 corresponden al período entre 2024 y 2050, mientras que corresponden al período entre 2024 y 2060 en los demás escenarios.

Las inversiones acumuladas correspondientes a los usos finales son de aproximadamente USD 321.000 millones en el período entre 2024 y 2060 para el escenario BAU, USD 637.000 millones en el período entre 2024 y 2050 para el escenario NZ 2050 y USD 746.000 millones en el período entre 2024 y 2060 para el escenario NZ 2060. Las inversiones correspondientes a transporte carretero suman aproximadamente entre el 70 % y el 80 % de estas inversiones en los tres escenarios, si se contemplan las inversiones totales correspondientes a VE y VH necesarios para este segmento. Si solamente se contempla el sobrecosto correspondiente a estas inversiones (calculado de forma simplificada como la diferencia de costo entre comprar VE, VH e invertir en estaciones de carga y comprar un vehículo a combustibles fósiles), el transporte carretero suma menos de la mitad de las inversiones relativas a usos finales (véanse los gráficos 65 y 66, porción celeste correspondiente al sobrecosto de la electrificación).

El gráfico 65 ilustra la diferencia entre ambos conceptos para el transporte carretero.

Gráfico 65

► Transporte carretero: inversiones anuales por período (millones de USD-año)



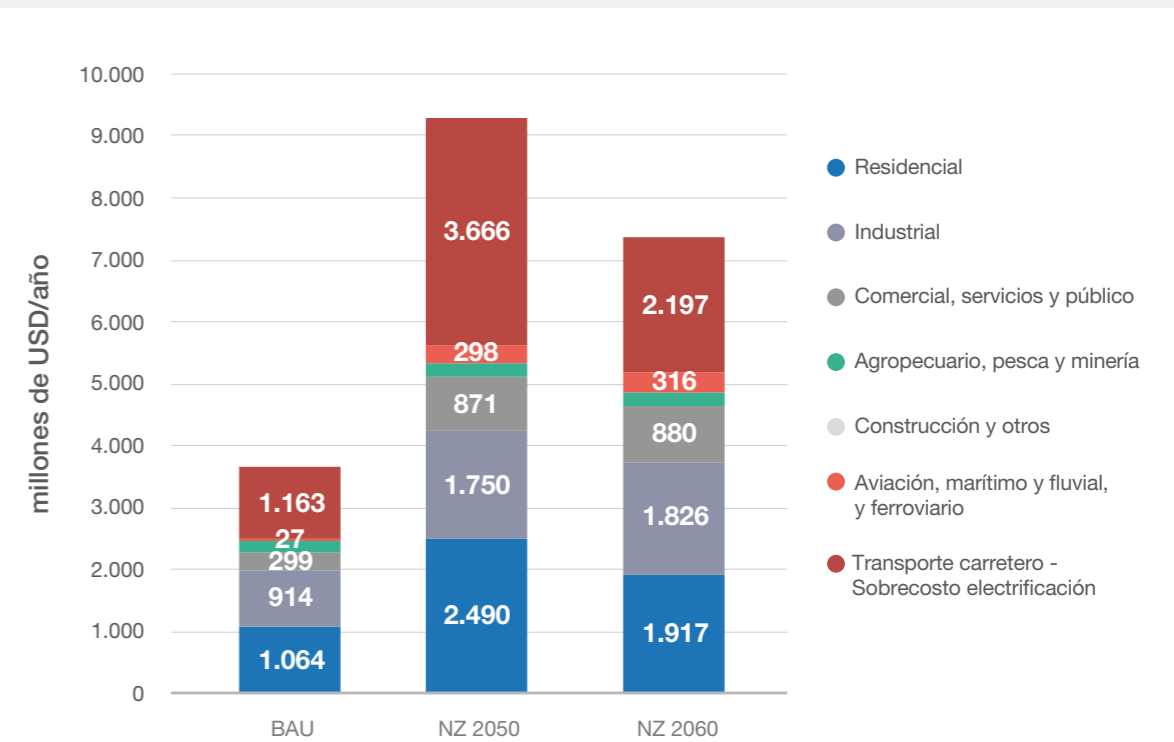
Fuente: Elaboración propia.

Es importante resaltar que todos los escenarios estudiados plantean una reducción a futuro del costo de los vehículos eléctricos de alrededor del 60 % en el período. Además, los escenarios contemplan un aumento de la motorización, reflejada a través de la posesión de vehículos cada 1.000 habitantes como se indicó en las premisas por sector. Las necesidades de inversiones incluyen dos efectos: mayor acceso a la movilidad y la electrificación de esta. Este segundo aspecto representa un sobrecosto menor en el largo plazo por la competitividad de los VE frente a los vehículos fósiles en casi todos los segmentos de vehículos.

Es importante recordar que se estimó un aumento de la posesión de autos y una reducción del uso unitario anual de los mismos para el transporte de pasajeros

Gráfico 66

► Usos finales: inversiones promedio anuales por tipo (millones de USD)



Fuente: Elaboración propia. Este grafico no considera el costo de la motorización de los VE y VH.

Por año (valor promedio), las inversiones necesarias son mayores en el escenario NZ 2050, ya que la transformación del sector se tiene que hacer de forma acelerada. Por tecnologías, las inversiones de mayor participación son las del sector transporte carretero, seguido por los sectores residencial, industrial y comercial.

4. Principales indicadores de la transición

La tabla 12 presenta parte de los indicadores de la transición energética justa.

Estos indicadores ilustran el aumento de la penetración de la energía renovable en el consumo final y la generación de electricidad, las mejoras de intensidades energéticas sectoriales, el uso de energía per cápita, la penetración de la movilidad eléctrica, entre otros aspectos relacionados con la transición energética justa.

Tabla 12

► Indicadores por horizonte de tiempo y escenario

Número	Indicadores potenciales	Unidad	2019	BAU 2060	NZ 2050	NZ 2060
E-2.1	Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía	%	27 %	23 %	69 %	69 %
	Proporción de energía renovable en la generación de electricidad	%	62 %	65 %	95 %	95 %
E-2.1bis	Capacidad instalada de generación de energía renovable	GW	6,0	30,3	50,7	61,3
E-2.2	Intensidad energética medida en función de la energía primaria y el PIB	TJ/ MUSD PPP 2017	2,6	1,3	0,9	0,8
E-2.3	Eficiencia de la conversión de energía	%	36 %	50 %	50 %	50 %
	Eficiencia de la distribución de energía	%	87 %	87 %	87 %	87 %
E-2.4	Intensidad energética por sector (Industrial)	TJ/ MUSD PPP 2017	2,9	2,2	1,8	1,6
	(Agropecuario, pesca y minería)		1,2	0,7	0,5	0,6
	(Servicios y comercial)		0,3	0,2	0,1	0,1
	(Transporte)		1,0	0,6	0,3	0,3
E-2.5	Intensidad energética del sector residencial	TJ/ 1.000 habitantes	4,9	7,2	4,6	4,5
E-2.6	Penetración de la electricidad en el sector transporte	%	0,1 %	10 %	54 %	53 %
E-2.7	Penetración del gas natural en el sector transporte	%	15 %	30 %	15 %	15 %
	Penetración del hidrógeno en el sector transporte	%	0 %	0 %	19 %	19 %
S-1.4	Uso de energía per cápita	TJ/1.000 habitantes	27,0	55,8	29,4	34,5
A-1.1	Emisiones de GEI por año, energía*	MtCO ₂ e	54	147	28	33

Fuente: Elaboración propia. *No incluyen las emisiones fugitivas.



1. El entorno para la transición

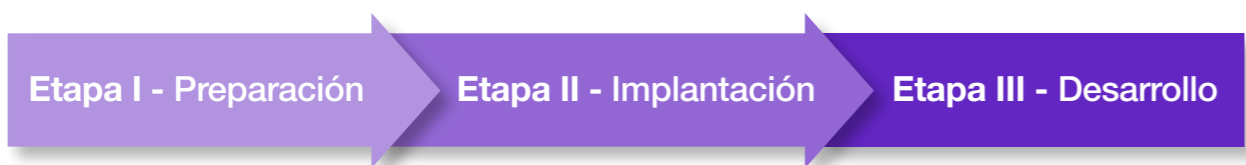


Las proyecciones

Al analizar los resultados de las proyecciones de la matriz energética en Perú en los escenarios NZ a largo plazo, se observa una mayor electrificación del consumo, una reducción de la demanda de combustibles líquidos (hidrocarburos refinados) y una pequeña reducción del consumo de gas natural con un cambio en la composición de su demanda. A la vez, se puede dividir la proyección en tres etapas: la etapa de preparación entre 2020 y 2030, la segunda etapa de implantación y fuerte inversión entre 2030 y 2040 y la etapa de desarrollo a partir del año 2040.

Gráfico 67

► Hoja de ruta: etapas



ETAPA I – Preparación (entre 2020 y 2030). Los niveles de inversión son todavía bajos como consecuencia de:

- la inercia relativa a los primeros años del período (en particular para la generación eléctrica e infraestructura energética, los proyectos pueden tardar varios años antes de entrar en servicio);
- que se espera que los vehículos eléctricos y las baterías para generación eléctrica no sean tan masivos y competitivos como en las décadas siguientes.

En este período, se destaca la inversión en eficiencia energética, generación renovable (en particular, solar y eólica) y red de transmisión asociada y, en el caso de Perú, el retiro total de las tecnologías altamente contaminantes (carbón y fueloil) y su reemplazo por electricidad o gas natural. Perú es un país importador de carbón, petróleo y sus derivados; además, cuenta localmente con una planta de licuefacción que le permite avanzar con la gasificación del país. En este período, se requieren inversiones en infraestructura de gas natural.

ETAPA II - Implantación (entre 2030 y 2040). Se asume que las tecnologías para la utilización de fuentes renovables son masivas, están disponibles y tienen una alta demanda. Los CAPEX de las tecnologías de transición energética (en particular, vehículos eléctricos, generación eléctrica, baterías) siguen su tendencia a la baja permitiendo un desarrollo masivo de las mismas. En esta década, se acelera la introducción de tecnologías limpias y la mejora de la eficiencia energética en las cadenas de valor del sector energético, se mantiene la inversión en gas natural y comienza la oferta de tecnologías a base de hidrógeno.

ETAPA III - Desarrollo (después de 2040). Las tecnologías limpias ya son maduras y masivas; por ende, los precios son competitivos y el costo de transición está más relacionado con acelerar la salida de las tecnologías con mayores emisiones de CO₂. Se termina la inversión en los sectores responsables de emisiones de CO₂e, entre ellos, el gas natural, y se da paso en forma marginal a las tecnologías que lo reemplazan, como el hidrógeno y la CCUS.



Las implicancias para las políticas públicas



Perú está clasificado en el puesto 84 del *ranking* del índice de desarrollo humano (IDH), con un valor de 0,762 (indicador alto)³⁷. Asimismo, no es un país del Anexo I del Acuerdo de París. Por lo tanto, sus políticas deben focalizarse en aquellas que le permitan cumplir con los compromisos de reducción de emisiones y con las necesidades de crecimiento de su economía para alcanzar las máximas emisiones en el menor tiempo posible; lo más probable es que cumpla con el objetivo de emisiones netas cero después del año 2050.

Etapa I – Preparación

Durante la etapa I de preparación, las políticas de Perú se deben focalizar en los puntos que se indican a continuación.

- 1. Políticas públicas.** Perú se encuentra desarrollando la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático 2050 (MINAM, 2023); este proceso que lidera el Ministerio del Ambiente (MINAM) se complementa con documentos como *Costos y Beneficios de la carbono-neutralidad en Perú* (Jairo Quirós-Tortós, 2021). Estas políticas deben estar alineadas y las políticas energéticas deben estar actualizadas a efectos de cumplir con la contribución determinada en el ámbito nacional a 2030. Además, estas políticas se deben desarrollar, publicar y comunicar a la población.
- 2. Acceso.** Alcanzar la cobertura total de los servicios de electricidad a fin de sustituir y desplazar la leña (y otros combustibles de uso ineficiente y con altas emisiones de CO₂) en el sector residencial.

³⁷ El indicador del PNUD establece cuatro categorías: bajo (menos de 0,55), medio (entre 0,55 y 0,70), alto (entre 0,70 y 0,80) y muy alto (más de 0,80).

Perú ha llevado adelante varios programas de incremento del acceso a través del Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) elaborado por el MINEM (MINEM, 2020) cuyo objetivo es alcanzar una cobertura del 95 % de los hogares rurales y de diversos programas financiados por el FISE como el Bonogas y Electricidad al Toque.

- 3. Eficiencia energética.** Promover la eficiencia energética en todos los segmentos de la economía (residencial, industrial, comercial, transporte, agropecuario, sector público, etc.) con el objetivo de reducir el consumo energético.

Perú posee políticas y programas de eficiencia energética, como se indicó en el diagnóstico; por lo tanto, las acciones se focalizan en promover programas de recambio y chatarrización de equipamiento y automotores a fin de sacar de circulación equipos y automotores con 20 años de antigüedad³⁸, de baja eficiencia y altos niveles de polución. Estos programas deben promover la mejora de aspectos constructivos para las viviendas existentes mediante el recambio de cerramientos y otros equipamientos.

El desarrollo de programas para facilitar las inversiones en eficiencia energética que, en muchos sectores, implican la adopción de tecnologías maduras es una política que se puede aplicar en forma rápida para la instrumentación de la transición energética justa en Perú.

- 4. Renovables.** La competitividad del gas y la sobreoferta eléctrica en los últimos años retrasó el ingreso de las energías renovables en la matriz. Se espera que la reducción de los precios de estos permita una mayor penetración a corto y mediano plazo.
- 5. Subsidios y precios.** Para ser efectivas, las políticas de eficiencia energética requieren rediseñar esquemas de precios y focalizar subsidios en las personas con necesidades energéticas insatisfechas a fin de que los precios reflejen sus costos e incentiven la adopción de tecnologías

³⁸ El programa COFIGAS, que ha promovido la introducción del GNC, debe focalizar sus esfuerzos en el transporte de cargas y permitir la expansión del uso del GNL.

eficientes. Esto implicará la posibilidad de subsidiar la demanda y no la oferta en algunos casos.

Se debe eliminar el esquema de estabilización de precios a fin de permitir que la estabilidad de los precios del GNL y GNC, así como de la electricidad en Perú, generen el incentivo al cambio, en especial, en los sectores productivos.

Se deben revisar los sistemas de subsidios financiados por el FISE y el FOSE en Perú mientras se desarrollan esquemas asociados a impuestos al carbono con el objetivo de mejorar las señales de los precios.

6. Regulaciones. Impulsar incentivos fiscales y financieros que promuevan la inversión en energía renovable y eficiencia energética.

Promover regulaciones bancarias que incentiven los préstamos asociados a la transición energética (fuentes renovables y combustibles de transición).

Dentro de los incentivos fiscales, se debe prever que los impuestos al carbono tengan relación con los precios internacionales de los bonos de carbono a efectos de que reflejen adecuadamente el costo de mitigación³⁹.

Desarrollar regulaciones para impulsar las políticas relacionadas con el hidrógeno y la CCUS a efectos de reducir incertidumbres para estos negocios y permitir su desarrollo en el largo plazo.

7. Combustibles de transición. La consolidación de la oferta gasífera y de sus sistemas de transporte debe ocurrir en este período y garantizar que los proyectos que se desarrollen puedan ser amortizados sin sobrecostos.

8. Reconversiones. Perú es un país importador de petróleo y carbón, productor y exportador de gas natural, y productor menor de petróleo en el norte. Reconvertir los activos relacionados con la importación de petróleo y carbón, y las regiones productoras de petróleo no son el foco de la reconversión en este período.

³⁹ Es importante indicar que las señales de precios deben ser constantes en el tiempo para ser efectivas; por lo tanto, desarrollar costos nivelados de mitigación podría ser otra alternativa.

Se deberían dismantelar y reemplazar las plantas de generación a fueloil. El foco deberá estar puesto en aquellas áreas no conectadas que utilizan este tipo de combustibles.

El esfuerzo debe focalizarse en un proyecto que ya está en desarrollo en Perú: la transformación de su transporte de cargas a GNL y GNC.

Esta oportunidad se debe analizar en el ciclo de vida de toda la cadena de valor, dado que el transporte impulsado por GNL y el diésel no difieren en cuanto a sus emisiones; sin embargo, en Perú, el primero no acumula una larga cadena de suministro.

9. Redes inteligentes. Modernizar la infraestructura energética mediante la promoción de la inversión en redes eléctricas inteligentes y sistemas de almacenamiento de energía para facilitar la integración de energías renovables y mejorar la confiabilidad del suministro. Se deben analizar y promover los costos de la introducción de redes inteligentes en los bajos consumos como parte de la agenda de facilitación de la eficiencia energética.

10. Transporte. Impulsar tecnologías limpias en el transporte, incluidos los vehículos eléctricos, su infraestructura de carga asociada y la promoción de vehículos a gas natural (GNC y GNL) como combustible de transición. Los vehículos eléctricos tienen como ventaja no menor la reducción de las emisiones de contaminantes para mejorar la calidad del aire, en particular, en grandes ciudades⁴⁰.

Las políticas de introducción de ferrocarriles eléctricos son también un mecanismo para acelerar la transición energética y reemplazar el transporte de cargas a combustibles líquidos. Por ende, se deben promover los estudios, las expropiaciones de trazas y las licitaciones para desarrollar estos proyectos.

En Perú, la transición energética se extenderá entre diez y veinte años después de 2050; por consiguiente, las tecnologías a gas tendrán tiempo de ser amortizadas.

⁴⁰ Según la OMS, Lima es la segunda ciudad más contaminada de América Latina.

11. Mercados. Desarrollar los mercados secundarios del sector eléctrico enfocados en la comercialización de electricidad y sus derivados financieros (futuros, *swaps*, opciones, etc.) para permitir que los segmentos residenciales y comerciales puedan seleccionar las fuentes de energía que desean adquirir y que los sectores industriales puedan prever sus precios a muy largo plazo.

12. Educación. Promover políticas de educación sobre la transición energética a fin de desarrollar hábitos en la población respecto al consumo eléctrico. Durante esta etapa, se debe incluir la transición energética en todos los niveles educativos y en campañas de concientización a la sociedad.

Etapa II - Implantación

En la segunda etapa se darán las mayores inversiones.

- 1. Políticas públicas.** Desarrollar los planes de transición a los escenarios NZ detallados con el horizonte de planeamiento que finalmente se defina.
- 2. Eficiencia energética.** Promover la eficiencia energética en todos los segmentos de la economía (residencial, industrial, comercial, transporte, agropecuario, sector público, etc.) con el objetivo de reducir el consumo energético. La alineación de precios, subsidios, regulaciones bancarias que incentive la transición energética e impuestos al carbono debería impulsar estas inversiones.

Promover programas de recambio y chatarrización de equipamiento y automotores enfocados en los automotores (camiones y autos) dado el avance que se espera en el desarrollo y precio de los vehículos eléctricos. Estos programas deben promover los vehículos eléctricos y los camiones de GNL y GNC a fin de aprovechar la ventaja competitiva de este combustible en Perú.

3. Subsidios y precios. Durante este período, el FISE debe seguir funcionando en todos los aspectos de acceso y debe aprovecharse como financiamiento de mecanismo de reconversión y eficiencia energética.

Se deben mantener subsidios para las personas con necesidades energéticas insatisfechas y diseñar precios que internalicen los costos ambientales y de remediación.

4. Regulaciones. Impulsar esquemas tarifarios que prevén las inversiones en mitigación y adaptación al cambio climático.

Promover regulaciones restrictivas para el parque automotor a fin de incentivar el recambio de unidades con altas emisiones de CO₂.

Dentro de los incentivos fiscales, se debe prever que el establecimiento de impuestos al carbono tenga relación con los costos de remediación y adaptación.

Desarrollar regulaciones para impulsar las políticas relacionadas con el hidrógeno y la CCUS a efectos de reducir incertidumbres para estos negocios.

5. Aspectos sociales. Proponer esquemas de acuerdos socioambientales para viabilizar el desarrollo de proyectos de hidrógeno y de CCUS.

6. Combustibles de transición. Mantener la inversión en el sector gasífero y promover el GNC y GNL en el transporte como mecanismo para asegurar el desmantelamiento de parte de la cadena de valor de hidrocarburos en la última etapa.

7. Reconversiones. Estudiar e iniciar los esquemas de financiamiento de las políticas que se hayan definido para reconvertir las economías regionales.

8. Redes inteligentes. Consolidar la infraestructura energética mediante la promoción de la inversión en redes eléctricas inteligentes y sistemas de almacenamiento de energía para facilitar la integración de energías renovables y mejorar la confiabilidad del suministro.

La introducción de sistemas de medición inteligente busca dar señales de precios más adecuadas al consumo de energía.

Además, prever los esquemas de transmisión de datos para permitir la creación de un esquema de administración segura de la red de transmisión y distribución centralizada (incluidos los aspectos de ciberseguridad), atendiendo la generación distribuida.

- 9. Transporte.** Impulsar tecnologías limpias en el transporte, incluida la promoción de vehículos de carga a GNL como combustible de transición y vehículos eléctricos y su infraestructura de carga asociada.

Implementar los transportes por ferrocarriles eléctricos para el transporte de carga y pasajeros.

- 10. Nuevas tecnologías.** Desarrollo de instrumentos financieros concesionales para la implementación de proyectos de hidrógeno y CCUS⁴¹.

Etapa III – Desarrollo

En la tercera etapa, los esfuerzos están concentrados en pocos objetivos.

- 1. Eficiencia energética.** Promover la eficiencia energética en todos los segmentos de la economía (residencial, industrial, comercial, transporte, agropecuario, sector público, etc.) con el objetivo de reducir el consumo energético. La alineación de precios, subsidios, regulaciones bancarias que promueven la transición energética e impuestos al carbono deberían impulsar estas inversiones.

Promover programas de recambio y chatarrización de equipamiento y automotores enfocados en todos los equipamientos que utilicen

⁴¹ Se están proponiendo varios proyectos piloto para el financiamiento de hidrógeno y CCUS; sin embargo, estos mecanismos buscan permitir el incremento de fondos a través del desarrollo de las tecnologías. Aquí se propone el financiamiento de tecnologías ya desarrolladas.

combustibles líquidos. Iniciar programas de recambio de transporte de carga a electricidad e hidrógeno, según la disponibilidad tecnológica.

- 2. Subsidios y precios.** Mantener subsidios para las personas con necesidades energéticas insatisfechas.
- 3. Regulaciones.** Dentro de los incentivos fiscales, se deben prever impuestos al carbono con efectos altamente prohibitivos, de manera que incentiven a la chatarrización y el recambio de estos equipamientos.
- 4. Reconversiones.** Asistir financieramente a aquellas regiones afectadas por el desmantelamiento de los activos de extracción de petróleo.
- 5. Transporte.** Impulsar las tecnologías limpias en el transporte, hidrógeno y eléctricos y su infraestructura de carga asociada.

Implementar los transportes por ferrocarriles eléctricos y el transporte eléctrico o a hidrógeno de carga y pasajeros.

- 6. Nuevas tecnologías.** Promover la adopción masiva de las nuevas tecnologías.

2. La hoja de ruta

En la hoja de ruta se plantearon tres etapas. Dentro de la primera, se establecieron dos fases: una de debate y otra de desarrollo donde se definen políticas públicas a generar y segmentos que requieren financiamiento concesional o de soporte. La tabla 13 expone las políticas por temática y acción esperada.

La fase de debate está focalizada en conceptualizar, junto con los países, la implicancia de la transición energética justa entre 2024 y 2025. Esta transición plantea la necesidad de combinar planes económicos que permitan altas tasas de crecimiento y un mejoramiento de la calidad de vida de la gente a través de políticas públicas que se focalicen en reducir las necesidades energéticas.

Asimismo, la transición energética justa también debe discutir el financiamiento de las medidas de transición en línea con lo indicado en el artículo 7 del Acuerdo de París.

Tabla 13 ▶ Hoja de ruta a ser promovida desde CAF

Política	Entre 2024 y 2025	Entre 2026 y 2030	Entre 2031 y 2040	Después de 2040
Políticas públicas	- Integrar los conceptos de TEJ en los planes de transición.	- Emitir los primeros planes para la TEJ que integren objetivos claros de descarbonización a largo plazo.	- Ajustar los planes de la TEJ con los plazos en los que se cumpla con los niveles de vida digna.	
Acceso	- Profundizar el PNER para llevarlo a su máxima cobertura. - Mantener los esquemas del FISE para promover la conexión al sistema eléctrico y de gas natural.			
Eficiencia energética	- Diseñar, financiar e implementar las políticas de recambio de electrodomésticos (refrigeradores, aires acondicionados, frízeres y otros). - Profundizar las políticas de promoción del gas natural en el transporte y buscar el financiamiento para reemplazar vehículos comerciales antiguos de muy baja eficiencia por equipamiento de GNL y GNC. - Promover los estudios para la reconversión empresarial.		- Continuar con las políticas de recambio, incluyendo todo tipo de electrodomésticos. - Promover planes para reemplazar vehículos comerciales y particulares de baja eficiencia por vehículos a GNL y GNC en los vehículos comerciales y comenzar a introducir vehículos eléctricos en el sector residencial.	- Continuar con las políticas de recambio, incluyendo todo tipo de electrodomésticos. - Promover planes para reemplazar vehículos de carga de baja eficiencia por vehículos eléctricos y a hidrógeno. - Introducir masivamente los vehículos eléctricos en el sector residencial.
Subsidios energéticos	- Analizar el sistema de subsidios, sus consideraciones legales y económicas y proponer mejoras para que los mismos no modifiquen las señales de precios. - Reducir el aporte del Estado. - Proponer mejoras en el esquema del FOSE.	- Modificar las normas de soporte de los subsidios. - Implementar nuevos mecanismos de subsidios.	- Focalizar los subsidios en los habitantes con necesidades energéticas insatisfechas.	


Política	Entre 2024 y 2025	Entre 2026 y 2030	Entre 2031 y 2040	Después de 2040
Precios de los combustibles	- Eliminar el sistema de amortiguación de precios de los combustibles líquidos a fin de reforzar el proceso de reconversión de vehículos.	- Modificar las regulaciones mediante la introducción de un mecanismo de precio que refleje paulatinamente los precios de mercado. - Modificar las regulaciones mediante la introducción de modificaciones al sistema de subsidios.	- Internalizar los costos de remediación en los precios de los combustibles de forma creciente ya sea por impuestos a las emisiones o certificados de comercialización de emisiones.	
Tarifas de los servicios públicos	- Proponer las regulaciones necesarias, que permitan tarifas desacopladas, para la remuneración de las empresas.	- Establecer tarifas desacopladas.	- Internalizar inversiones en mitigación y adaptación en las tarifas.	
Regulaciones	- Continuar con las políticas de incentivos fiscales y financieros que promuevan la inversión en energía renovable y eficiencia energética. - Promover regulaciones bancarias que incentiven los préstamos asociados a la transición energética (fuentes renovables y combustibles de transición).	- Promover regulaciones para favorecer vehículos eléctricos, híbridos o a gas natural a fin de incentivar el recambio de unidades altamente contaminantes. - Dentro de los incentivos fiscales, se debe prever que los impuestos al carbono tengan relación con los costos de remediación y adaptación. - Desarrollar regulaciones para impulsar las políticas relacionadas con el hidrógeno y la CCUS a efectos de reducir incertidumbres para estos negocios.	- Promover regulaciones para favorecer vehículos eléctricos, híbridos o a gas natural a fin de incentivar el recambio de unidades altamente contaminantes. - Dentro de los incentivos fiscales, se debe prever que los impuestos al carbono tengan relación con los costos de remediación y adaptación. - Desarrollar regulaciones para impulsar las políticas relacionadas con el hidrógeno y la CCUS a efectos de reducir incertidumbres para estos negocios.	- Dentro de los incentivos fiscales, se deben prever impuestos al carbono con efectos altamente prohibitivos, de manera que incentiven la chatarrización y el recambio de estos equipamientos.

Política	Entre 2024 y 2025	Entre 2026 y 2030	Entre 2031 y 2040	Después de 2040
Aspectos socioambientales para el desarrollo de proyectos			- Proponer esquemas de acuerdos socioambientales para viabilizar el desarrollo de proyectos de hidrógeno y de CCUS.	
Combustibles de transición	- Permitir el financiamiento y regulación del sector gasífero en las regulaciones bancarias.	- Mantener la inversión en el sector gasífero y promover el GNC y GNL en el transporte como mecanismo para asegurar el desmantelamiento de parte de la cadena de valor de hidrocarburos en la última etapa.		
Reconversiones	- Promover la reconversión de flotas de transporte de carga a trenes eléctricos y vehículos a GNL y GNC.	- Iniciar estudios de impacto en las comunidades relacionadas con las industrias extractivas. - Desarrollar planes estratégicos de reconversión de las economías regionales asociadas a las industrias extractivas para asegurar la TEJ.	- Implementar planes estratégicos de reconversión de las economías regionales asociadas a las industrias extractivas para asegurar la TEJ.	- Establecer estrategias de mitigación del impacto de la TEJ en los sectores que no lograron su reconversión.
Desmantelamiento de plantas a fueloil		- Establecer regulaciones para desmantelar las plantas a fueloil que queden operativas.		
Desarrollo de redes inteligentes (AMI)	- Analizar los mecanismos de integración de redes inteligentes y financiamiento internacional que permitan una mejor administración del sistema en su conjunto.	- Introducir la medición inteligente.		

Política	Entre 2024 y 2025	Entre 2026 y 2030	Entre 2031 y 2040	Después de 2040
Integración de energías renovables y sistemas de almacenamiento	- Desarrollar normativas detalladas de certificación, operación y remuneración de los servicios de almacenamiento.	- Incluir los sistemas de almacenamiento en la planificación de expansión de la generación, transmisión y distribución del sector a fin de integrar grandes cantidades de energía renovables.		
Operación de las redes de distribución y transmisión en forma coordinada		- Desarrollar los mecanismos de operación integrada entre los distribuidores y los transportistas.		
Desarrollo de los mercados secundarios de electricidad		- Desregular la comercialización residencial y comercial para introducir decisiones de consumo basadas no solo en los precios, sino también en el tipo de energía que se produce. - Introducir mercados de derivados para todos los segmentos de la energía.		


Trabajos citados

Engrinter, Mercados Energéticos Consultores, Datum. (2016). *Balance Nacional de Energía Útil.*

 **EUROSTAT.** (2021). Obtenido de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households


IEA. (2021). *Net Zero by 2050, A Roadmap for the Global Energy Sector.*

IEA. (2022). *Energy Efficiency 2022.*

 **International Transport Forum, IDB.** (2022). Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/english/viewer/Decarbonising-Transport-in-Latin-American-Cities-Assessing-Scenarios.pdf>

Jairo Quirós-Tortós, y. o. (2021). *Costos y beneficios de la carbono neutralidad en Perú.* Washington DC: BID.

Law, H. &. (2015). *The motorcycle to passenger car ownership ratio and economic growth: A cross-country analysis.*

 **MINAM.** (2023). *Estrategia Nacional de Cambio Climático 2050.* Obtenido de [www.gob.pe: https://www.gob.pe/institucion/minam/campa%C3%B1as/3453-estrategia-nacional-ante-el-cambio-climatico-al-2050](https://www.gob.pe/institucion/minam/campa%C3%B1as/3453-estrategia-nacional-ante-el-cambio-climatico-al-2050)

MINEM. (2020). *Plan Nacional de Electrificación Rural.* Lima: MINEM.

