Deloitte.

Hoja de ruta de Transición Energética en Perú

Un modelo energético sostenible para Perú al 2050

Julio 2021

Han participado en el desarrollo del presente informe los siguientes profesionales de Deloitte:

- Cristian Serricchio (Senior Manager)
- Damián Grignaffini (Senior)
- Agustina Anelli (Senior)
- Florencia Aquerreta (Analyst)

Adicionalmente se ha contado con el asesoramiento de:

- Lucia Ruiz Ostoic (External Advisor)

Contenido

Objetivos y agradecimientos **4**

Foreword por el Country Manager del Grupo Enel en Perú **11**

Resumen Ejecutivo **12**

La lucha contra el cambio climático 12

El modelo energético peruano al 2050 12

Transición energética 13

Impactos Económicos de la Descarbonización 16

Recomendaciones 17

1. La Lucha Contra el Cambio Climático **19**

1.1. La reducción de emisiones es un reto global 19

1.2. Emisiones de GEI en Perú en 2014 23

1.1. Contribuciones nacionales en la lucha contra el cambio climático 26

2. El modelo energético peruano al 2050 **30**

2.1. Visión actual de Perú para el 2050 30

2.2 Transformaciones necesarias en el modelo energético 31

3. Transición energética **38**

3.1. Nuevas políticas energéticas en Perú 38

3.2. Planificación para una transición exitosa al 2050 39

3.3. Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde 39

3.4. La promoción de infraestructuras digitales y redes inteligentes 41

3.4. Fomentar la eficiencia energética y la electrificación en los usos finales 46

3.5.1. Electrificación de los sectores residencial, comercial y público 47

3.5.2. Electrificación del sector agricultura 54

3.5.3. Sustitución de combustibles en el sector industrial 56

3.5.4. Sustitución de combustibles en el sector transporte 58

3.6. Incentivos a modelos de producción sustentable – sector no energético 63

3.6.1. Sector AFOLU 64

3.6.2. Residuos Sólidos 67

3.6.3. Emisiones Fugitivas 67

3.7. Análisis de inversiones y costos en el sistema 68

3.8. Beneficios de la descarbonización 70

4. Recomendaciones de política energética para una descarbonización sostenible **74**

Contactos **81**

Objetivos y agradecimientos

El presente informe ha sido impulsado por el Grupo Enel en Perú y elaborado por Deloitte como una reflexión analítica y participativa sobre la necesaria transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético peruano. Esta transformación se enmarca en el cumplimiento del objetivo nacional de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la consideración de otros aspectos clave de la política energética: la seguridad de suministro, la competitividad del sistema energético-económico, la compatibilidad con criterios de crecimiento y la sostenibilidad ambiental y social.

Somos conscientes de que el debate sobre la transición hacia una economía sostenible basada en tecnologías con bajas emisiones en carbono es un tema de especial relevancia para nuestra sociedad, por su innegable impacto en la sostenibilidad medioambiental y económica, pero también por su especial complejidad. En este contexto, los objetivos del estudio han sido los siguientes:

- Dar una visión de largo plazo de qué supone el cumplimiento de los compromisos internacionales de reducción de emisiones de Perú al horizonte 2050 que sirva de referencia para definir la transición hacia un escenario de carbono neutralidad.
- Desarrollar el análisis de medio plazo que guíe la necesaria transición energética, con vista en el hito intermedio de 2030, con el fin de brindar una serie de recomendaciones de políticas energéticas para una descarbonización eficiente.

Este estudio ha contado con la participación voluntaria de diversos actores de reconocido prestigio y de perfiles diversos, con el objetivo de compartir y enriquecer los puntos de partida del mismo, recoger su visión sobre las cuestiones más relevantes e identificar potenciales vías de avance hacia un Perú sin emisiones.

Agradecemos de manera especial a los siguientes participantes por la colaboración brindada a lo largo del estudio:

- Jaime Gálvez Delgado. Ministro - Ministerio de Energía y Minas
- Gabriel Quijandría. Ministro - Ministerio del Ambiente
- Javier Eduardo Palacios Gallegos. Ministro - Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo
- Miguel Révolo. Viceministro De Electricidad - Ministerio de Energía y Minas
- Luisa Elena Guinand Quintero. Viceministra de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales - Ministerio del Ambiente
- Victor Murillo. Viceministro De Hidrocarburos - Ministerio de Energía y Minas
- José Oporto. Director General de la Dirección General de Electricidad - Ministerio de Energía y Minas
- Walter Carrasco. Director General De Eficiencia Energética - Ministerio de Energía y Minas
- Piero Llamo - Ministerio de Energía y Minas
- Gianina Ibarra - Ministerio de Energía y Minas
- Manuel Antonio Heredia Muñoz - Ministerio de Energía y Minas
- Henry García - Ministerio de Energía y Minas
- Javier Campos Gavilán - Ministerio de Energía y Minas
- Daniella Rough. Coordinadora Proyecto Nama - Ministerio de Energía y Minas
- Claudia Espinoza Zegarra - Ministerio de Energía y Minas
- Luis Aldo Vilchez Leon - Ministerio de Energía y Minas

- Erika García - Ministerio de Energía y Minas
- Patricia Elliot - Ministerio de Energía y Minas
- José Sanchez - Ministerio de Energía y Minas
- Rosa Mabel Morales Saravia. Directora General De Cambio Climático Y Desertificación - Ministerio del Ambiente
- Laura Secada. Directora General De Cambio Climático Y Desertificación - Ministerio del Ambiente
- Milagros Sandoval. Directora de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero - Ministerio del Ambiente
- Roberto Miguel Piselli Alvarado - Ministerio del Ambiente
- Freddy Garro - Ministerio del Ambiente
- Manuel Garcia-Rosell - Ministerio del Ambiente
- Jimena Mora - Ministerio del Ambiente
- Jenny Elizabeth Chimayco Ortega - Ministerio del Ambiente
- Victor Santillán - Ministerio del Ambiente
- Lorenzo Eguren - Ministerio del Ambiente
- Jaime Mendoza Gacón. Presidente del Consejo Directivo - Osinergmin
- Luis Grajeda. Gerente de Regulación - Osinergmin
- Severo Buenalaya. Gerente de Generación y Transmisión - Osinergmin
- Paolo Chang - Osinergmin
- Roberto Tamayo - Osinergmin
- Carlos Gallardo. Director General de la Dirección General De Asuntos De Economía Internacional, Competencia y Productividad - Ministerio de Economía y Finanzas
- Rafael Vera Tudela- Ministerio de Economía y Finanzas
- María Lopez - Ministerio de Economía y Finanzas
- Liz Rosales - Ministerio de Economía y Finanzas
- Melissa Marengo - Ministerio de Economía y Finanzas
- Luis Varillas - Ministerio de Economía y Finanzas
- Julio César Chávez Bardales. Director de Integración de Transporte Urbano y Recaudo - Autoridad de Transporte Urbano
- Alberto de Belaunde Cárdenas. Congresista - Presidente de la Comisión Especial de Cambio Climático del Congreso de la República
- Patricia Iturregui. Asesora - Congreso de la República
- Vladimir León - Congreso de la República
- César Ponce - Congreso de la República
- Paolo Bustamante Falcon - Congreso de la República
- Javier Peón. Presidente - AEDIVE PERÚ
- Ximena Herbas - Banco Mundial

- Laura Wendell - Banco Mundial
- Luis Espinel - Conservación Internacional
- Claudio Schneider - Conservación Internacional
- Natalia Cauvi - Conservación Internacional
- Maria Paz Gigarán - Libélula
- Javier Perla - Libélula
- Micaela Rizo Patron - Perú 2021
- Aracelli Ramos - Perú 2021
- Juan Carlos Novoa. Gerente del Sector Eléctrico - SNMPE
- Lesly Zamora Ríos - SNMPE
- Jacqueline Villanueva Vargas - SNMPE
- Katty Gonzales Vega - SNMPE
- Luis Felipe Gil - SNMPE
- Alan Dabbs. Gerente General - Social Capital Group
- Brendan Oviedo. Presidente – SPR-Asociación Peruana de Energías Renovables
- Paloma Sarria. Directora Ejecutiva – SPR-Asociación Peruana de Energías Renovables
- Kurt Holle - WWF
- Mariela Canepa - WWF
- Jose Manuel Amado - Acciona
- Jose Torres - BYD
- Christian Rosales - Celepsa
- Julia Torreblanca - Sociedad Minera Cerro Verde
- Ricardo Arce - Sociedad Minera Cerro Verde
- Miluska Cervantes - Sociedad Minera Cerro Verde
- Javier Muro Rosado - Distriluz
- Franklin Acevedo - EDC
- José Carlos Palma - EDF
- Benoit Desain - EDF
- Guillermo Grande - EDF
- Raquel Algilaga - Factor CO2
- Ursula Ferrari - Greenergy
- Claudio Ortiz - Hyunday (Automotorez Gildemeister)
- Ana María Moreno - Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Percy Cueva - Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

- Antonio Arellano. Nestlé
- Andrés Diaz. Nissan
- Rossana Taquia - Consultora
- María Julia Aybar - Perú LNG
- Bruno Valdez - Perú LNG
- Eduardo Guevara - Petroperú
- Carlos Paredes - Petroperú
- Carlos Prado - Petroperú
- Carlos Castro - Petroperú
- Carlos Barrientos - Petroperú
- Wilder Caballero - Petroperú
- Arturo Vargas - Petroperú
- Pablo Aranibar - Petroperú
- Gonzalo Castro de la Mata. - Pluspetrol
- Elena Mendoza Saldivar - Pluspetrol
- José Manuel Sin - Repsol
- Luis Alberto De La Torre Vivar - Repsol
- Martín Rueda - Shell
- Edgar Zamalloa - Shell
- Rafael Segovia - Shell
- Gioacchino Vaccari - Shell
- Verónica Arbulú - Statkraft
- Juan Antonio Rozas - Statkraft
- Juan Manuel López - Statkraft
- Jairo Quiros - Universidad de Costa Rica
- Raúl Pausin - Arca Continental Lindley
- Alberto Martos - Arca Continental Lindley
- Verónica Bonifaz - Arca Continental Lindley
- Rosendo Ramirez. Profesor-Investigador (UNI-ESAN)
- Ian Vasquez. Director Red Peruana Ciclo de Vida y Ecología Industrial - PUCP
- Daniel Marcelo. Universidad de Piura
- Jorge Alvarez Lam. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
- Daniel De La Torre Ugarte - Universidad de Pacífico
- Eduardo Calvo - Universidad Nacional Mayor de San Marcos

- Alberto Rios - Universidad Técnica de Ambato
- Elsa Galarza - Universidad del Pacífico
- José Luis Ruiz - Universidad del Pacífico
- Julien Noel. Profesor - UTEC
- Mariano Morazzo - ENEL
- Luis Flores Alvarado - ENEL
- Manuel Alonso Fernandez - ENEL
- Riccardo Abbate - ENEL
- Alexander Ptushkin - ENEL
- Gerson Velez - ENEL
- Juan José Javier - ENEL
- Katerina Villacorta - ENEL
- César Ganoza - ENEL
- Francisco Arjona - ENEL
- Roberto Sánchez - ENEL
- Néstor Guerrero - ENEL
- Massimiliano Calamea - ENEL
- Marco Fragale - ENEL
- Jose Manuel Revuelta - ENEL
- Tatiana Lozada - ENEL
- Alejandro Barragan - ENEL
- Alex Ascón - ENEL
- Alicia Martinez - ENEL
- Brenda Loza - ENEL
- Claudio Helffman - ENEL
- Eugenio Calderón - ENEL
- Giuliana Rojas - ENEL
- Guillermo Lozada - ENEL
- Henry Canales - ENEL
- Jessica Oliva - ENEL
- María del Pilar Matto - ENEL
- Nilton Meza - ENEL
- Patricia Mascaro - ENEL
- Pedro Cruz - ENEL

- Simone Botton - ENEL
- Úrsula de la Mata – ENEL
- Wilfredo Olaechea - ENEL

Buenos Aires, 28 de junio de 2021

Asunto: *Agradecimiento al Grupo Enel y equipo*

El presente informe y los estudios que lo facilitaron han sido promovidos en gran medida por Grupo Enel y equipo de trabajo. Su colaboración y participación activa ha sido fundamental para la confección del informe respecto de la transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético peruano.

Deloitte quiere agradecer de manera especial al Grupo por haber promovido y sustentado materialmente la iniciativa; además de contribuir con expertise y el Know How de iniciativas similares desarrolladas en otros países. También nos acompañó en la presentación de la misma a los stakeholders peruanos, favoreciendo la difusión dentro del sector, y generando una fuerte toma de conciencia.

Atentamente,

Marcos Bazán

Partner – Financial Advisory

Foreword por el Country Manager del Grupo Enel en Perú

Enel Perú pone en sus manos el estudio "Hoja de Ruta para la Transición Energética para un Perú sin emisiones 2030-2050", realizado por la consultora internacional Deloitte con la participación diversas instituciones públicas y privadas del país, como una propuesta técnica para impulsar la necesaria transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético peruano.

Impulsamos esta iniciativa porque somos conscientes de que la transición energética no debe ser vista como un futuro posible, sino como nuestro único futuro de cara a la reducción del impacto negativo que las personas e industrias tenemos en nuestro medio ambiente. Ese es el camino a seguir para asegurar que nuestros hijos y los hijos de nuestros hijos, reciban un mundo que les permita crecer y desarrollarse en todo su potencial.

Esta propuesta abierta y colaborativa tiene como su valor más destacado una mirada integral de todos los aspectos necesarios para lograr un cambio sostenible y justo. Entre ellos, la situación de la demanda energética presente y futura, la incorporación de tecnologías inteligentes y no convencionales, el desarrollo de la movilidad eléctrica, el análisis costo-beneficio para la economía del país y un análisis del impacto en el empleo que conllevará a la reconversión laboral y la creación de nuevas ofertas de trabajo. Todo ello, aterrizado con una propuesta de escenarios y metas concretas para este proceso.

Agradezco a todas las instituciones que participaron en este estudio que marca el camino a seguir para avanzar en la construcción del país que soñamos.

Marco Fragale

Country Manager del Grupo Enel en Perú

Resumen Ejecutivo

Los contenidos, análisis, conclusiones y recomendaciones descritos en este informe no tienen por qué reflejar la opinión de cada uno de los expertos participantes. Se han manifestado visiones y opiniones diversas y, en algunas ocasiones, contrapuestas, que han servido para enriquecer y contrastar los aspectos fundamentales cubiertos en el estudio.

La lucha contra el cambio climático

El Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, incluyó como objetivo el compromiso de contener el incremento de la temperatura media de la tierra "muy por debajo de los 2ºC" con respecto al nivel preindustrial, y esforzarse para limitarlo en 1,5ºC, así como alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050 y 2100.

Las partes alcanzaron un acuerdo para preparar, comunicar y mantener contribuciones nacionales en el futuro, poniendo en marcha medidas para la consecución del objetivo global planteado.

El modelo energético peruano al 2050

El cambio en las formas de producción y consumo de energía entre hoy y 2050 es imprescindible para la reducción de emisiones.

Perú emitió 167,63 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO2) equivalentes en el año 2014, de las cuales 50,29 millones provinieron de usos energéticos y los 117,34 millones restantes correspondieron a otros usos no energéticos.

El proceso de construcción de escenarios para la evaluación del modelo energético sostenible para Perú en 2050 requirió, necesariamente, de la elaboración de la línea de base para contrastar los resultados y los impactos de las acciones y medidas de mitigación de cambio climático para el sistema en su conjunto.

A partir de esta premisa, se simuló el escenario tendencial o "Business As Usual" el cual mantiene el status quo del año 2014 (en lo referente a la matriz productiva, energética y las emisiones) hasta el 2030 e incluye medidas de mitigación a partir del mismo año siguiendo los lineamientos trazados por el gobierno de Perú en sus propias proyecciones, bajo la suposición de que el crecimiento de la economía se mantiene constante un 4,21% (a partir del 2025, previendo un efecto Covid-19) hasta el año 2050. Como resultado de la proyección se obtuvo que las emisiones de GEI totales alcanzarían un valor cercano a los 280,49 MtCO2eq a 2030 y a 348,21 MtCO2eq a 2050.

Por su parte, los escenarios Increased Ambition y Green Development, representan horizontes alternativos que permiten una reducción en términos de emisiones de gases de efecto invernadero del 42% y del 100% respectivamente, con respecto a la proyección realizada bajo el escenario BAU a 2050.

En el escenario **Increased Ambition** se aplican medidas de mitigación y cambios en la matriz energética maximizando el potencial en todos los sectores en base a lo propuesto por las contribuciones nacionales no condicionadas del gobierno, mientras que en el **Green Development**, se introducen políticas de mitigación y cambios en la matriz energética orientados a maximizar los beneficios de la descarbonización en un contexto de apoyo internacional. En este sentido, dada la multiplicidad de opciones de mitigación disponibles, y no menos importante, la interrelación entre las mismas, estas se dividieron en cuatro vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050. Estos son:

- **Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde**: Para que la sustitución de fuentes primarias tenga un efecto duradero, es necesario que la electricidad se produzca a través de fuentes de energía renovables.

- **Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales**: Existe un gran potencial de reducir emisiones desacoplando el crecimiento económico del consumo de energía. Las oportunidades para reducir la intensidad energética en la producción de bienes, el potencial de ahorro de energía en el consumo residencial y sector servicios, así como la eficientización de procesos de transformación que incrementen la energía utilizada y minimicen los desperdicios. A su vez, se espera un cambio a fuentes primarias de energía con menores emisiones a través del reemplazo del carbón y del petróleo con altos niveles de emisión por combustibles bajos en emisión, como la electricidad, los biocombustibles, hidrógeno verde y en menor medida el gas natural.

- **Desarrollo de infraestructura y digitalización:** La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

- **Incentivar modos de producción sustentable**: En la industria y especialmente en la ganadería y agricultura se requiere adoptar modos de producción sustentables, que permitan reducir el nivel de emisiones.

Transición energética

El camino a recorrer en la transición deberá contar con una cuidada planificación que garantice el logro de ambiciosos objetivos ambientales, de modo que el esfuerzo conjunto que haga toda la sociedad, así como el importante volumen de inversiones, se plasmen de forma eficaz. En este sentido, el diseño y momento de las transformaciones deberán realizarse sin poner en riesgo la actividad económica ni la seguridad del suministro energético y al mismo tiempo optimizar los costos e inversiones.

Esta transición deberá avanzar sobre las cuatro grandes palancas mencionadas en el título anterior:

- ✓ *Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde*

El piso inicial para establecer el diseño de la matriz eléctrica libre de emisiones a futuro debe centrarse en fomentar el uso de fuentes renovables de energía para la producción de energía eléctrica. De cara al 2050 se espera que haya una fuerte penetración de generación de fuentes renovables, considerando la reducción de costos de las tecnologías y más aún si se incluyera el costo social de la emisión de carbono.

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) destacó que el Perú cuenta con una de las matrices más limpias de América Latina, puesto que un 50% proviene de fuentes de generación hidroeléctrica y un 5% de fuentes de energía renovables no convencionales (ERNC).

La capacidad instalada libre de emisiones proyectada para los escenarios Increased Ambition y Green Development alcanza el 82% y el 88%, respectivamente, logrando llevar el porcentaje de la generación en base a fuentes limpias al 79% y 86% en 2050.

A su vez, la complementariedad que permite la generación hidroeléctrica y eólica, más la expectativa de incorporar la energía solar con el agregado de baterías posibilitó apuntar a una penetración agresiva de fuentes renovables no convencionales (eólicas y solares). En el escenario **Increased Ambition** se instalan 5,69 GW de potencia eólica y 12,14 GW de potencia solar, llegando en 2050 a un total de 5,83 GW y 12,27 GW respectivamente. Mientras que en el escenario **Green Development** se instalan 6,95 GW de potencia eólica y 14,97 GW de potencia solar, llegando en 2050 a un total de 7,09 GW y 15,10 GW respectivamente.

La mayor penetración de energía renovable variable requiere administrar la gestión de los picos de demanda, a través de la gestión activa de la demanda, utilizando como respaldo la flexibilidad del gas y

aumentando la participación de tecnologías de almacenamiento. En particular las baterías y generación hidroeléctrica.

- ✓ *Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales*

La evolución hacia una matriz energética más limpia en términos de emisiones involucra también la reducción de intensidad energética, que se logra a través de la mejora en eficiencia energética. Todos los sectores de actividad a nivel nacional deberían estar alineados para disminuir el consumo energético del país, y, por ende, las medidas correspondientes han de afectar a cada uno de estos.

La regulación legislativa es una excelente herramienta para lograr impactos fuertes en materia de consumo energético. La Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía (Ley N° 27.345) declara de interés nacional la promoción del Uso Eficiente de la Energía (UEE) que permite asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía peruana y reducir el impacto ambiental negativo del uso y del consumo de los energéticos. La misma declara de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía a través de la adecuación de los sistemas de producción, transporte, transformación, distribución, comercialización y consumo de la energía.

En lo que respecta a electrificación, para el año 2050 sería necesario alcanzar un nivel del 41% sobre el consumo total de energía final en el escenario Increased Ambition, y del 62% en el Green Development. De la misma manera, el consumo de gas natural debería representar el 5% en el escenario **Increased Ambition** y el 4% en el **Green Development**, del total del consumo de energía final, frente a un nivel actual de gasificación del 11%. Esto representa una reducción del 2,17% y 2,77% anual, como resultado del traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas.

- Electrificación de los sectores residencial, comercial y público

En el año 2014 (año base), el sector residencial, comercial y público, era responsable de la emisión de 4,3 MtCO2 equivalentes (un 2,6% de las emisiones totales de Perú), explicado principalmente como consecuencia del consumo de energía para usos térmicos.

Para reducir sus emisiones, el consumo eléctrico en este sector necesitaría aumentar hasta situarse en el 87% (escenario Increased Ambition) y en el 99% (para el caso del escenario Green Development) del consumo energético total, y el consumo de gas tendría que reducirse en términos de participación porcentual hasta el 5% bajo los supuestos del escenario **Increased Ambition** y al 2% en el escenario **Green Development**, como consecuencia de las políticas más agresivas en términos de electrificación y eficientización.

Para alcanzar esta penetración desde los valores actuales, el consumidor residencial y comercial, así como el Estado para sus edificios e instalaciones públicas, necesitarán invertir en nuevos equipos para usos térmicos, en cocinas eléctricas y en artefactos con un mayor nivel de eficiencia que pudieran aparecer en el mercado en años venideros. La adopción de una fuente de energía u otra vendrá derivada de la competitividad en costos de las distintas soluciones tecnológicas disponibles y de la reglamentación aplicable incluida la que incentive unas menores emisiones en estos consumos.

- Electrificación del sector agricultura

En los próximos 10 años se espera que se produzca una revolución tecnológica en la maquinaria agrícola a nivel global que provoque cambios de paradigmas productivos, comparables a los que produjo la irrupción del tractor diésel en las décadas del 50/60 del siglo pasado. Por ello, si bien en Perú el desarrollo de "robots" y/o maquinarias que utilizan baterías de recarga eléctrica o solar (ya disponibles en algunos países de Europa) aún se encuentra en etapa de diseño de prototipos, la construcción de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development**, contempla la irrupción de este tipo de tecnologías de forma paulatina para el período 2014-2050.

Se espera que la electrificación de maquinarias agrícolas genere una reducción del 9% (escenario **Increased Ambition**) / 13% (escenario **Green Development**) en el consumo energético respecto del escenario BAU al 2050.

- Sustitución de combustibles en el sector industrial

La implementación de medidas que tiendan a mejorar la eficiencia energética en la industria permitiría reducir costos sustanciales a las empresas, logrando una optimización del uso de la energía y al mismo tiempo contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. El recambio tecnológico a equipos más eficientes también permitiría lograr avances significativos en materia de intensidad energética y emisiones. Específicamente en el caso peruano, el recambio de equipamiento altamente difundido en las plantas fabriles como motores eléctricos y calderas (antiguos, de uso intensivo y de baja eficiencia media), contribuirían ampliamente en este sentido.

La implementación de dichas medidas permitirá lograr una reducción de las emisiones totales – por consumo energético y procesos - del 17% y 61% para los escenarios Increased Ambition y Green Development al 2050, respectivamente. Al mismo tiempo se avanzará en una industrialización sustentable y reducirá la brecha existente en la intensidad energética de nuestro país con relación a los países industrializados.

El hidrógeno verde puede utilizarse como sustituto del carbón, el petróleo y el gas en una gran variedad de aplicaciones. En nuestro modelo, a modo de sensibilización, hemos incluido el uso del hidrógeno verde a largo plazo (período 2030-2050), principalmente en la industria química y manufacturera, y, en menor medida, en la industria ligada a la minería. Si bien la introducción del hidrógeno verde genera un impacto ambiental positivo, hemos observado que se generaría un aumento en el consumo energético.

- Sector transporte

Las emisiones de GEI del sector transporte crecen, a nivel internacional, a la mayor tasa desde 1970.[1] Entre las razones se destaca el incremento de la motorización a medida que crece el PBI per cápita. Para mitigar las emisiones potenciales del sector, cuatro líneas de acción son identificadas. En primer lugar, políticas tendientes a reducir la intensidad energética de los vehículos, y en conjunto con estas, medidas que tiendan a restringir la intensidad de carbón por combustible. Una mayor eficiencia, de todas maneras, será insuficiente, por lo que se requiere avanzar a modos de movilización libres de emisiones, como son los vehículos eléctricos y el cambio modal al tren, especialmente para el transporte de carga. Por último, existen oportunidades importantes para incrementar el uso del transporte público, o modificar conductas que promuevan el uso de la bicicleta, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de movilizarse, como puede ser el trabajo remoto.

El desarrollo del Vehículo Eléctrico a Batería (VEB) es la apuesta más importante para descarbonizar el sector transporte. En el escenario **Increased Ambition** se proyecta una penetración de la movilidad eléctrica del 10% para 2030 y 32% para 2050 del total del parque de vehículos privados a partir de su abaratamiento relativo. Por su parte, el escenario **Green Development** contempla un 25% de participación de mercado al 2030, alcanzado una participación del 80% al 2050.

En lo que respecta al sector de transporte de cargas, las medidas apuntan a promover la participación de los camiones eléctricos para el transporte de carga liviana y reducir el uso del diésel como combustible. Es por ello, que en el escenario **Increased Ambition** se logra llegar a una tasa de penetración de mercado del 24% al 2050 y en el escenario **Green Development** del 60%.

Existen oportunidades importantes para incrementar el uso del transporte público, o modificar conductas que promuevan el uso de la bicicleta, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de movilizarse, como puede ser el trabajo remoto. Se estima entonces para el 2050 una electrificación del 40% de los buses, en el escenario **Increased Ambition**, y del 100%, en el **Green Development**.

- ✓ *Desarrollo de la infraestructura y la digitalización*

La red de transmisión de Perú está muy desarrollada en Lima y sus alrededores, mientras que otras regiones menos pobladas no están interconectadas y solo están conectadas por una sola línea al sistema.

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

[1] Fuente: IPCC - https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf

Es por ello que **el Plan de Transmisión 2021-2030 incluye una seria de proyectos que permitirán impulsar el crecimiento de las energías renovables.**

La transmisión en el Perú se realiza a través del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y los Sistemas Aislados (S.S.A.A) existentes a lo largo del territorio nacional. Perú tiene una gran parte de su territorio interconectado con líneas de alta tensión, no obstante, aún quedan poblaciones sin interconectar debido a factores tales como la distancia, el estado del territorio, los bajos consumos y los costos, entre otros.

Para lograr los objetivos de electrificación a 2050, es necesario un esfuerzo adicional ya que se requerirá expandir en un total de entre 8.800 km y 9.500 km de líneas de transporte eléctrico, que permitirán despachar entre 7,1 y 7,6 GW de potencia adicional para la descarbonización de Perú.

Las nuevas infraestructuras de red en transporte y distribución son claves para impulsar el crecimiento de las energías renovables. En el horizonte 2030, se requerirán nuevas inversiones en las redes eléctricas tanto para permitir el acceso a sitios de alto potencial renovable, y para perseguir una red más interconectada que permita aumentar la confiabilidad del sistema.

Una red eléctrica moderna traerá diversos beneficios para la población y la economía del país. La digitalización de la red permitirá a los clientes de servicios públicos administrar y reducir mejor los costos de electricidad, cortes de energía más cortos y menos frecuentes, mejoras en las condiciones de trabajo y seguridad pública. Al mismo tiempo, reforzará el sistema eléctrico, aumentando así la confiabilidad y la capacidad de recuperación del servicio incluso en el caso de condiciones climáticas severas.

El despliegue masivo de medidores inteligentes proporcionará un retorno positivo tanto para el sistema como para los clientes. Los beneficios incluyen la eficiencia energética y la oportunidad para que los usuarios gestionen su demanda de manera activa y cambien los hábitos y renueven la tecnología, lo que brinda una mejor eficiencia.

- ✓ *Incentivar modos de producción sustentable (sector no energético)*

El sector no energético tiene una participación del 69% (115,68 MtCO2eq.) sobre el total de emisiones en el año base. Explicado principalmente por los sectores ganadería y uso de los suelos (AFOLU).

Dentro del sector ganadería las medidas de mitigación tienen que ver con la optimización en el manejo de ganado a partir de mejoras en la calidad de los alimentos y suplementos dietarios, y campañas de vacunación para el ganado con el objetivo de la reducción de emisiones de gas metano.

Por su parte, para el sector uso de los suelos, las medidas están asociadas con la reducción de la tasa de forestación conforme pasan los años, el proceso de reforestación y agroforestería, la mejora en los pastizales e implementación de mejores prácticas en los usos de las tierras para el cultivo.

En los sectores de desechos y procesos industriales las medidas de mitigación impuestas promueven la generación de energía eléctrica a partir de residuos y mejora en el tratamiento de las aguas residuales, un cambio de conducta hacia la reutilización, la reducción y el reciclaje, y la incorporación de tecnología de captura de carbono para ciertos procesos industriales.

En conjunto con lo arribado las medidas contempladas para la elaboración de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development**, permiten proyectar una reducción del 54% y 112% respectivamente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero con respecto al escenario BAU al 2050.

Impactos Económicos de la Descarbonización

A fin de alcanzar la carbono-neutralidad al 2050 se necesitará una inversión total de USD 103,4 mil millones abarcando todos los sectores económicos, especialmente en la transformación de la matriz eléctrica, sector transporte e incluyendo los cambios modales. De esta inversión total, el 76% podrían financiarse mediante mecanismos de Carbon Pricing, con lo cual, las inversiones netas pasarían a ser de un total de USD 24,6 mil millones.

Trazando un paralelismo con el escenario menos ambicioso (Increased Ambition), en el cual la inversión total alcanza los USD 40,8 mil millones (de los cuales, un 54% se podría financiar mediante mecanismos de Carbon Pricing), tenemos que para lograr la carbono-neutralidad a 2050, se requiere una inversión neta adicional de USD 5,7 mil millones. No obstante, el estudio concluye que el proceso de descarbonización en el país generará un beneficio neto acumulado a valor presente de USD 205 000 millones el escenario Green Development al 2050, muy por encima de los USD 101.000 millones que permitirían alcanzar las medidas contempladas en el escenario Increased Ambition.

Esta transición permitirá un incremento neto del PBI en un 1,5%, al que, si le incorporamos la estimación de daños climáticos evitados, puede alcanzar el 2,7% al 2050.

Por su parte, la hoja de ruta de transición energética contempla lo establecido en el Acuerdo de Paris en materia de reconocimiento de la necesidad de una transición justa, la cual apunta a aumentar la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo. Implica tanto al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°8 de la ONU que busca promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo el trabajo decente para todos, como al ODS N°13 centrado en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

El estudio arroja que, mediante la implementación de mejores prácticas impuestas a nivel global, se podrían crear 600.000 puestos de trabajo netos en el país al 2030.

Recomendaciones

Tanto en la administración pública, como en el sector privado peruano, se necesitan emprender acciones decididas para liderar el cambio de modelo energético. La lucha contra el cambio climático requiere cambiar patrones y modos de consumo, utilizar masivamente energías renovables y hacer enormes esfuerzos en eficiencia energética. Todo ello requiere movilizar a los distintos actores para facilitar las necesarias inversiones en generación, en infraestructuras, en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), en nuevas formas de edificación, y en los usos finales de la energía. Este cambio requerirá la implicación y concientización de la sociedad en su conjunto.

Para ello, se vuelve necesario que se instrumenten una serie de políticas que incentiven los cambios estructurales y establezcan nuevos marcos legales y regulatorios. Una intensa coordinación de la planificación y ejecución de acciones entre las diferentes instituciones públicas será esencial para la toma racional y eficiente de decisiones por parte de las empresas y los consumidores finales.

Para poder realizar una transición paulatina y competitiva, pero que debe ser decidida y con un compromiso de cambiar las estructuras de nuestro modelo energético, se propone un conjunto de recomendaciones para el desarrollo de una política de descarbonización que dé la necesaria importancia a la seguridad y competitividad del modelo energético.

> "Se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050"

- **Recomendaciones para la generación eléctrica a partir de una matriz verde**

Recomendación 1: Acelerar la Transición Energética a una matriz de generación eléctrica libre de emisiones.

Recomendación 2: Implementar el almacenamiento de energía para potenciar los beneficios y el uso de las energías renovables a nivel del sistema.

Recomendación 3: Promover a la integración energética con los países limítrofes.

Recomendación 4: Desarrollar una regulación que incentive las inversiones necesarias en las redes.

- **Recomendaciones sobre eficiencia energética y descarbonización de usos finales a través de la electrificación**

Recomendación 5: Establecer a la Eficiencia Energética como política de Estado, para lo cual se promueve la sanción de una Ley de Eficiencia Energética integral.

Recomendación 6: Promover la reducción de emisiones de los sectores residencial, industrial y comercial.

Recomendación 7: Promover la reducción de emisiones del sector público.

Recomendación 8: Fomentar la movilidad sostenible en el transporte ligero.

Recomendación 9: Fomentar el cambio modal a ferrocarril del transporte pesado.

- **Recomendaciones sobre cambios estructurales a realizar en términos de infraestructura de redes y digitalización.**

Recomendación 10: Acelerar la implementación de medidores Smart.

Recomendación 11: Digitalizar la matriz de potencia eléctrica.

Recomendación 12: Diseñar una estructura tarifaria que represente precios adecuados para impulsar una respuesta activa por parte de la demanda.

Recomendación 13: Buscar la integración entre distribuidores y transportadores de energía para optimizar el manejo de la matriz.

- **Recomendaciones sobre instrumentos económicos y políticas de Carbon Pricing**

Recomendación 14: Introducir una regulación específica para desarrollar una señal de precio efectiva del coste de las emisiones.

- **Recomendaciones sobre sectores no energéticos**

Recomendación 15: Promover la reducción de emisiones del sector agricultura.

Recomendación 16: Promover la reducción de emisiones de los sectores ganadería, silvicultura, y en lo que respecta a otros usos de los suelos.

1. La lucha contra el cambio climático

1.1. La reducción de emisiones es un reto global

Análisis del contexto

En el 2015 y en anticipación a las negociaciones multilaterales que se iban a desarrollar, el Panel Intergubernamental en Cambio Climático afirmaba que la influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropogénicas recientes de Gases de Efecto Invernadero (GEI) son las más altas de la historia.[2] Las concentraciones en la atmosfera de dióxido de carbono (CO2), metano (CH4) y óxidos de nitrógeno (NOx) no tienen precedente, siendo la causa dominante del aceleramiento del calentamiento global desde 1950.

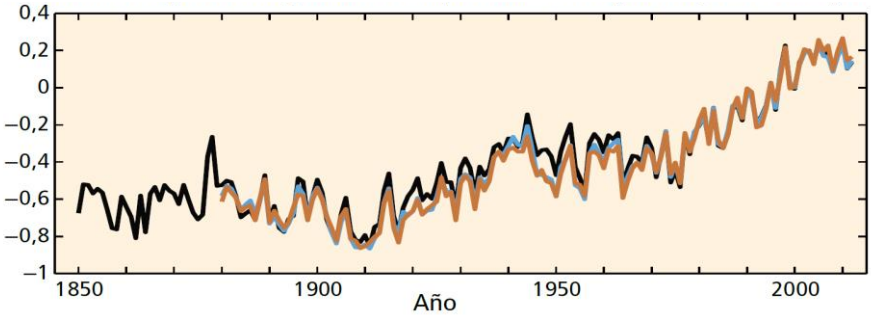
Las consecuencias de esta conclusión son variadas: además del calentamiento de la atmosfera y el océano, disminuyeron los volúmenes de nieve y hielo, se elevó el nivel del mar, y se incrementaron y generalizaron las olas de calor extremo y el número de precipitaciones intensas, aumentando el número de sequias, inundaciones, ciclones, e incendios forestales. La sucesión de fenómenos climáticos extremos demuestra la vulnerabilidad humana a las consecuencias del cambio climático. En ausencia de una acción global y urgente, los efectos futuros tendrán impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas a nivel global, siendo necesario reducir de forma sustancial las emisiones de GEI para limitar el daño del cambio climático.

> "Por encima del calentamiento de 2°C, existe un alto riesgo de cambios climáticos irreversibles"

Reducir las emisiones solo es posible si existe un cambio de los patrones de consumo de energía, así como de las técnicas de producción en general, y específicamente, de forma sustentable cuando involucre el uso del suelo. Esto implica reducir la utilización de combustibles fósiles como el carbón, los derivados del petróleo y el gas natural - las principales fuentes de energía actuales- al resultar ser el primer causante de las emisiones de GEI. Cambiar los modos de producción y consumo de energía es el primer paso. También se debe trabajar sobre las emisiones de ciertos procesos industriales como la producción de cemento o la emisión de metano en la cadena de valor del gas natural, y procesos naturales asociados a la silvicultura y los otros usos del suelo.

[2] Ver Figura 2

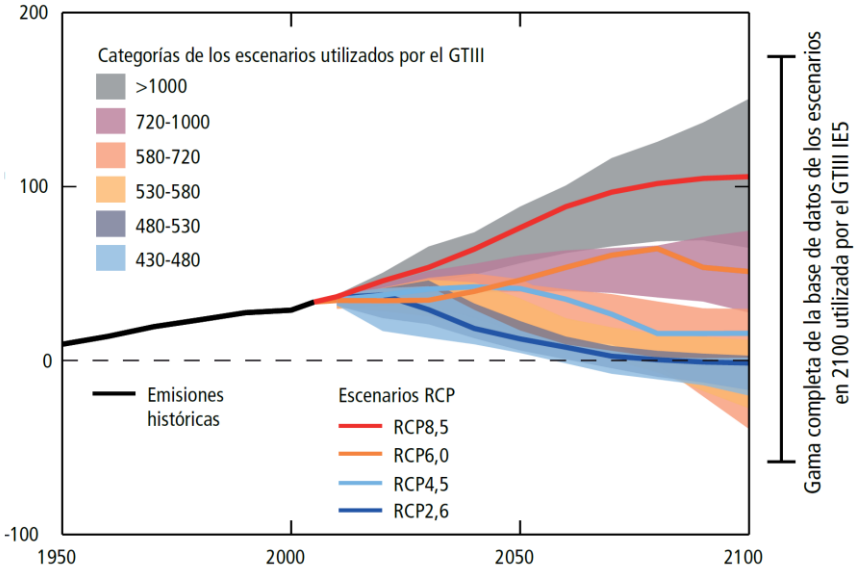
Figura 1: Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas (°C)



Fuente: IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

Los efectos del cambio climático dependen de las emisiones acumuladas de GEI. La comunidad científica estima que el límite de emisiones acumuladas en la atmósfera a partir del cual existe un elevado riesgo de cambios climáticos irreversible es de 3 $GtCO_2$[3] equivalente, habiéndose emitido aproximadamente dos terceras partes de este límite. Este valor es compatible con un calentamiento global por debajo de los 2°C sobre las temperaturas preindustriales. Solo si se recortan drásticamente las emisiones de GEI durante los próximos decenios, a valores inferiores a 530 $GtCO_2$[4] equivalentes anuales, se pueden reducir notablemente los riesgos que entraña el cambio climático al limitarse el calentamiento en la segunda mitad del siglo XXI.

Figura 2: Emisiones antropógenas de CO2 anuales (GtCO2/año)



Fuente: IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

En busca de un objetivo más ambicioso

[3] IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis
[4] Ver Figura 2

Para informar a los gobiernos, la reunión de París invitó al IPCC a proporcionar un Informe Especial sobre 1.5°C en 2018 para evaluar las implicaciones de la meta y cómo podría lograrse.

El Informe Especial sobre 1.5°C evalúa tres temas principales:

- Lo que se requeriría para limitar el calentamiento a 1.5°C (vías de mitigación).
- Los impactos de 1.5°C de calentamiento, comparado con 2ºC y más.
- Fortalecimiento de la respuesta global al cambio climático; Opciones de mitigación y adaptación.

Tal como se mencionó anteriormente, a través de sus "contribuciones determinadas a nivel nacional" (NDC, por sus siglas en inglés), cada país presenta sus esfuerzos para reducir las emisiones y mitigar los impactos del cambio climático. Los científicos a menudo usan el término "promesas actuales" cuando se refieren a la reducción de emisiones en los primeros NDC.

En relación con el punto anterior, **el informe del IPCC evalúa las vías de desarrollo y las vías de emisión de gases de efecto invernadero consistentes con 1.5ºC en comparación con 2ºC, lo que ayuda a los formuladores de políticas a determinar si las promesas actuales son consistentes con el objetivo de temperatura y se espera que proporcionen conocimiento científico relevante para la preparación de sucesivos NDC**.

Para lograr este objetivo, el Acuerdo de París proporciona un marco internacional sin precedentes para la acción climática al vincular esferas políticas, económicas, financieras y sociales. De esta manera, se define una nueva dinámica basada en:

- *Gobernanza multilateral*, que evalúa el progreso y monitorea el logro de la meta a largo plazo a través de un sistema sólido de transparencia y responsabilidad de los Estados.
- *Contribuciones nacionales determinadas* (NDC, por sus siglas en inglés) de los estados que especifican sus objetivos climáticos
- *La acción climática* de actores públicos y privados no estatales.

Finalmente, el Acuerdo proporciona un mecanismo clave: evaluaciones del progreso (a la acumulación global) cada cinco años para garantizar que los países que han ratificado el Acuerdo conviertan su compromiso en acción.

La conferencia de la ONU sobre el Cambio Climático (COP26), que iba a tener lugar en Glasgow en noviembre 2020, ha sido pospuesta debido a la enfermedad por COVID-19. La misma se llevará a cabo entre el 1-12 de noviembre del 2021 en Glasgow, Escocia.

En la COP26, se tratará la urgencia y las oportunidades que implican el camino hacia una economía de carbono cero y el poder de la cooperación internacional para abordar los retos más graves a los que se enfrenta el mundo.

Para garantizar el éxito, se busca que todos los países se comprometan a alcanzar las emisiones netas cero lo antes posible, y a realizar nuevos recortes significativos para 2030, aprovechando la innovación y el compromiso de todos -ciudadanos, inversores, empresas, países, ciudades y regiones[5].

El papel central del financiamiento en el Acuerdo de París

El financiamiento ha sido esencial con miras a lograr el consenso necesario para poder adoptar el Acuerdo de París, pues los países en desarrollo han entendido que es preciso asegurar la provisión de recursos financieros que estén en línea con sus necesidades, lo que constituye la contraparte imprescindible de los esfuerzos –en particular de mitigación– que deban realizar. Además, la inclusión de una meta referida al financiamiento echa luz sobre la significación que el financiamiento climático adquiere en cuanto a la viabilidad política del Acuerdo, y la importancia crucial que habrá de tener en su efectiva implementación. **Más aún, el Acuerdo reconoce formalmente la importancia del financiamiento en la implementación de las acciones de mitigación y adaptación.**

[5]COP26: https://ukcop26.org/uk-presidency/the-road-to-cop26/

En materia de financiamiento climático el Acuerdo, pues, encuadra explícitamente las obligaciones de los países en materia climática e incluye para eso tres elementos clave:

- Aspecto institucional: el Fondo Verde para el Clima (GCF, por sus siglas en inglés) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), entidades encargadas del funcionamiento del Mecanismo Financiero de la Convención, servirán también como mecanismo financiero del Acuerdo. Estas instituciones tendrán entonces la responsabilidad de asignar los recursos financieros incrementales que se canalicen para el financiamiento climático a partir de la entrada en vigor del Acuerdo.

- Financiamiento público: el financiamiento público tiene un rol crítico, en especial en las acciones destinadas a la mejora de la resiliencia y la adaptación, y también en tanto permite apalancar y movilizar recursos de otras fuentes, en particular fondos del sector privado. Por tanto, es importante que el Acuerdo haya dejado establecido que en el suministro de un mayor nivel de recursos financieros se debería buscar un equilibrio entre la adaptación y la mitigación, y que las Partes que son países desarrollados deberán comunicar bienalmente los niveles proyectados de recursos financieros públicos que se suministrarán a las Partes que son países en desarrollo, cuando se conozcan, asegurando, de esta manera, una mayor predictibilidad de los recursos financieros que se hagan disponibles.

- Metas colectivas de financiamiento: en las decisiones se emite una señal muy fuerte en esta materia, pues allí se indica la necesidad de expandir el apoyo financiero para asegurar la transición hacia economías bajas en carbono y resilientes al clima. Además, la Conferencia de las Partes podrá establecer en el futuro metas de contribuciones financieras para las Partes, en particular para los países desarrollados, una atribución a la que estos en general se habían opuesto.

Acuerdo de París: compromiso asumido por los países

Las conclusiones de la comunidad científica fueron el fundamento principal para que, en 2015, 196 países firmaran el Acuerdo de París[6] en la Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Estos asumieron el compromiso de coordinar los esfuerzos para traducir en acción las recomendaciones científicas de limitar las emisiones, conteniendo el incremento de la temperatura de la tierra "muy por debajo de los 2ºC" con respecto al nivel preindustrial, y esforzarse para limitarlo en 1,5ºC, así como alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050 y 2100.

"Compromiso para contener el incremento de la temperatura de la tierra "muy por debajo" de los 2ºC con respecto al nivel preindustrial"

Pese a que no es jurídicamente vinculante, las partes alcanzaron un acuerdo para preparar, comunicar y mantener contribuciones nacionales en el futuro, poniendo en marcha medidas para la consecución del objetivo global planteado. Estas contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional deben ser revisadas con objetivos más ambiciosos cada cinco años, independientemente de sus respectivos plazos de aplicación. A su vez, de acuerdo con el artículo 4, párrafo 19, se invita a los países parte a formular y comunicar para ese año una estrategia de desarrollo a largo plazo con bajos niveles de emisiones de GEI. Esta invitación responde a que las comunicaciones previstas y determinadas a nivel nacional son insuficientes para cumplir el objetivo del acuerdo, como lo muestra el último informe de brecha de emisiones a 2019[7] emitido por las Naciones Unidas.

Existe una brecha de 12 GtCO2eq. entre los niveles de emisión bajo la aplicación de las NDC condicionales y los coherentes con las vías de menor coste para alcanzar el objetivo de 2°C en 2030. Si sólo se aplican las NDC incondicionales la diferencia aumenta a 15 GtCO2eq. La brecha para alcanzar el objetivo de 1,5°C es de 29 GtCO2eq. y 32 GtCO2eq. respectivamente. La conclusión es que para cerrar la brecha a 2030 y alcanzar los

[6] https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
[7] https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2019

objetivos a largo plazo de los países a ser discutido en el 2021 se requiere acelerar las acciones de corto plazo y ser más ambiciosos en los objetivos a largo plazo de los países.[8]

Uno de los principales beneficios de adoptar una economía verde es su potencial para aliviar el impacto ambiental causado por la contaminación; un beneficio de alcance global y local. A escala mundial, puede contribuir a la lucha contra el calentamiento global, la desertificación y la pérdida de biodiversidad. A nivel local y regional, la transición a una economía verde puede conducir a mejoras significativas en la calidad del aire, el agua y el suelo.

Además de los aspectos ambientales ya mencionados, una economía verde también tiene un gran potencial para conducir al crecimiento económico. En dicha transición, se crean nuevos mercados en áreas como la de los biocombustibles y las fuentes de energía renovables. Y los nuevos mercados traen ventajas internacionales con el potencial de ser financiadas completamente a través de las exportaciones, o un aumento en la actividad comercial nacional alimentada por regulaciones ambientales cada vez más estrictas.

Los países emergentes en particular pueden beneficiarse de un cambio hacia una economía verde, ya que puede brindar la oportunidad de crear más ventajas económicas y sociales. Por ejemplo, al invertir en fuentes de energía alternativas, se puede mejorar el acceso a los servicios de energía y la infraestructura puede ser más eficiente. Esto también puede conducir a la disminución de la importación de energía y potencialmente a ahorrar dinero. También puede mejorar la eficiencia de los recursos ya que la producción agrícola se hará más limpia y, como consecuencia de nuevas técnicas agrícolas sostenibles, se mejorará la seguridad alimentaria. Además, las nuevas tecnologías que surgen como resultado de una economía verde ayudarán a proteger y mejorar la producción agrícola.

Invertir en una economía verde y en fuentes de energía renovables no solo conducirá a la creación de nuevos empleos[9] sino también a beneficios en materia de población y salud ambiental, al tiempo que mejorará la seguridad energética a largo plazo.

1.2. Emisiones de GEI en Perú en 2014

En conformidad con las Directrices del IPCC, la elaboración del INGEI 2014 ha implicado la actualización de las estimaciones previas de los años 2000, 2005, 2010 y 2012, de tal modo que las mejoras metodológicas son aplicadas a toda la serie temporal haciendo que los resultados anuales sean comparables entre sí.

El último inventario de emisiones de GEI realizado en Perú se estimó de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006 para el año 2014 y arrojó un resultado total de 168 MtCO2eq.[10], las cuales están compuestas en un 75,2% por emisiones de CO2, 15,1% de CH4 y 9,7% de N2O. No se han estimado las emisiones de HFC, PFC, SF6, CO, NOx, COVDM ni SOx debido a la falta de información.

Al analizar las emisiones según el sector, se observa que los sectores energía, agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos constituyen casi el 91% de las emisiones de GEI totales. Las emisiones derivadas de los usos energéticos aportaron el 30% del total, concentrándose principalmente en la combustión de combustibles utilizados en el transporte, en las industrias y en los hogares, en ese orden. La agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos (AFOLU por sus siglas en inglés) alcanzaron el 60,6% de las emisiones totales, siendo las emisiones derivadas de la fermentación entérica del ganado la principal causa de las emisiones de esta categoría, seguida de las emisiones indirectas generadas por la gestión de los distintos usos del suelo, los pastizales y las tierras cultivadas. Por último, el 9,4% restante se compone de las emisiones que surgen de los propios procesos productivos de la industria y los materiales que ésta utiliza, más la gestión de los residuos.

[8] https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30797/EGR2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
[9] Fuente: International Labour Organization (ILO) – "World Employment and Social Outlook 2018: Greening with jobs"
[10] Ver Figura 3

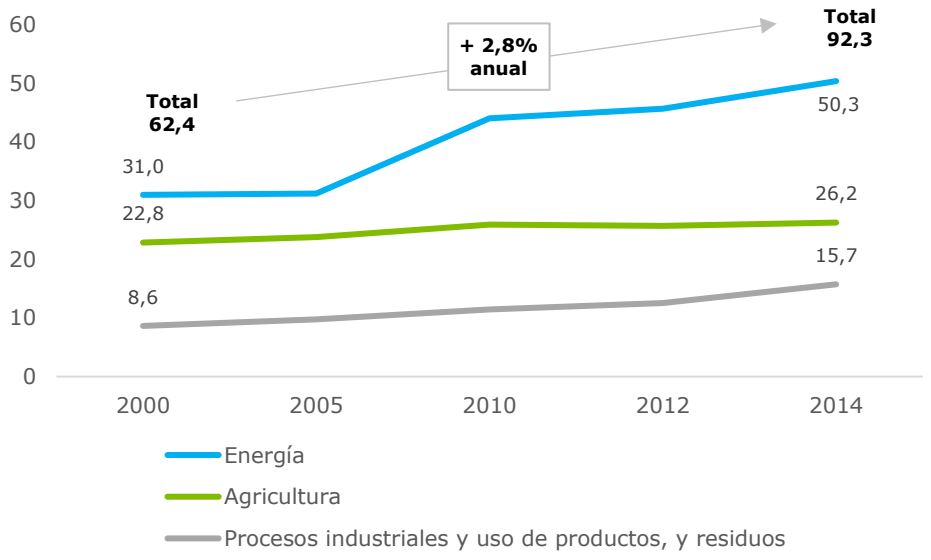
Figura 3: Inventario de emisiones GEI distribuidas por sector - año 2014 (%, MtCO2 eq.)

	Ganadería	Agricultura	Transporte	Consumo Residencial	Comercial	Consumo Industrial	Extracción y Producción de Combustibles	Público	Otros	
Energía	0%	0,5%	10,3%	1,8%	0,5%	5,4%	11,4%	0%	0%	30,0 % 50
Procesos Industriales	0%	0%	0%	0%	0%	0,6%	3,1%	0%	0%	3,6 % 6
Agricultura, ganadería, y usos de la tierra	0%	15,6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	44,9%	60,6 % 26
Residuos	0%	0%	0%	5,8%	0%	0%	0%	0%	0%	5,8 % 10
										100% =168

Fuente: análisis Deloitte en base a INGEI 2014 Perú

El comportamiento histórico de las emisiones desde el año 2000 muestra una tendencia creciente en el tiempo, con un aumento de 29,9 MtCO2eq entre puntas[11] (sin tener en cuenta el sector USCUSS ya que al momento de la elaboración de INGEI 2014 no se contó con los mapas de uso y cambio de uso de la tierra que abarquen los años mencionados), sustentado en un incremento sostenido de las emisiones provenientes del sector energético, procesos industriales y residuos, y un ascenso del sector USCUSS hasta 2005 que luego se retrotrae y cae hacia 2014[12]. En total, las emisiones crecieron a una tasa anual del 2,8%, pero las que más contribuyeron a este aumento fueron las correspondientes al sector Procesos Industriales y Uso de Productos, y Residuos que lo hicieron a una tasa anual del 4,4%, seguido de Energía (+3,5%) y Agricultura (+1,0%).

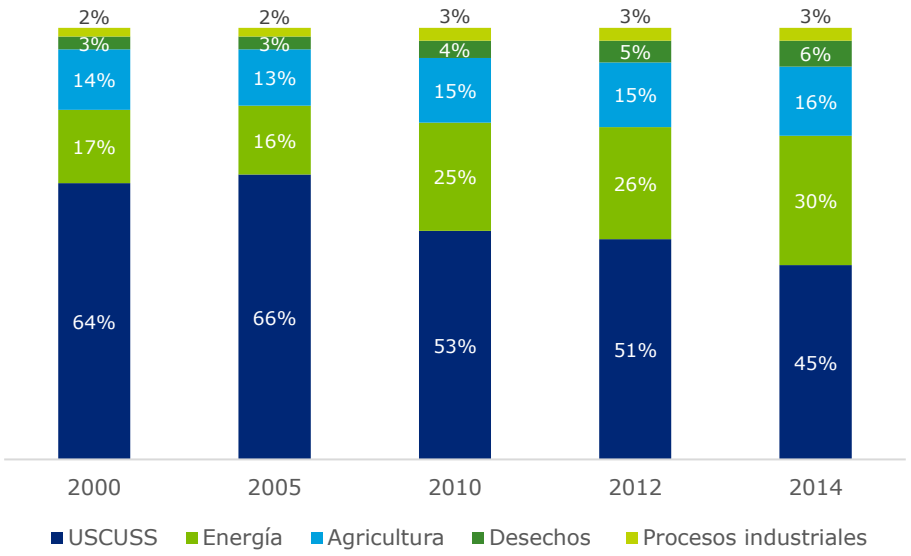
Figura 4.1: Evolución de emisiones GEI por sector - años 2000-2014 – sin USCUSS (%, MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte

[11]Ver Figura 4.1
[12] Ver Figura 4.2

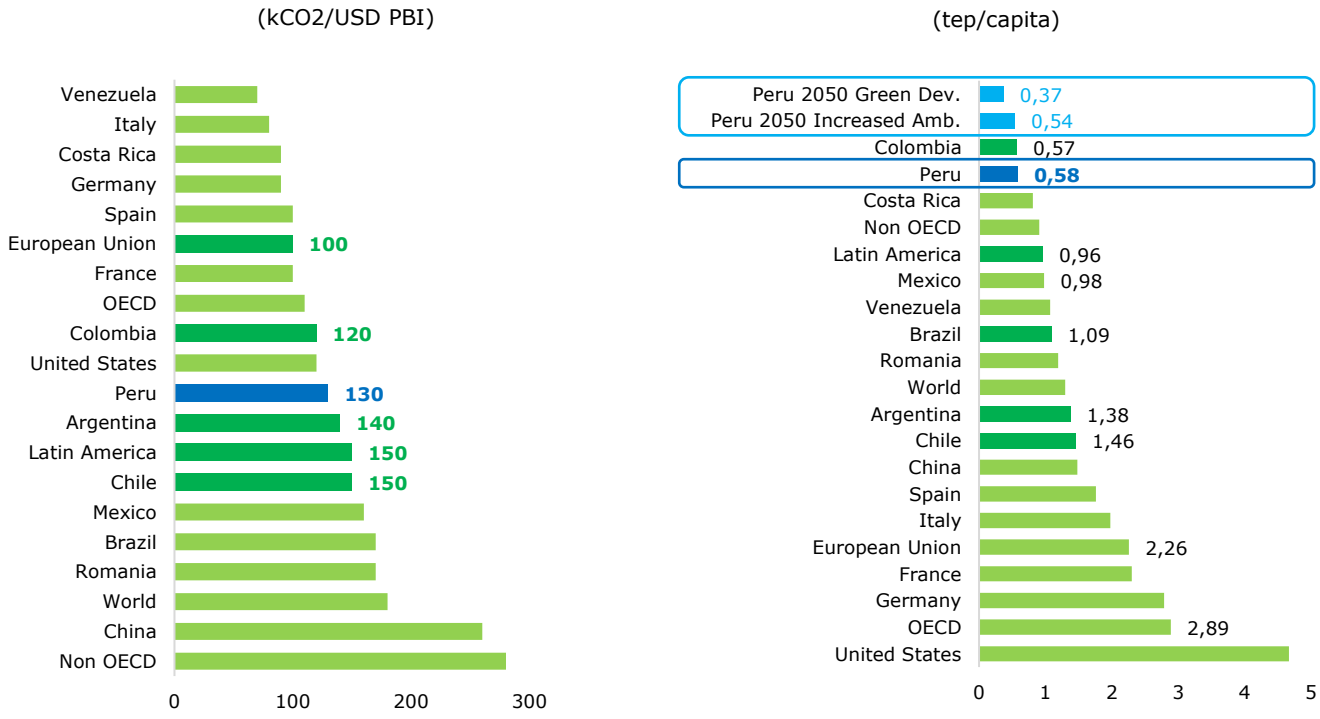
Figura 4.2: Evolución de emisiones GEI por sector - años 2000-2014 (%, MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte

A través de un benchmark de la intensidad energética de Perú con relación a otros países, se observa que la intensidad energética de Perú es un 30% más alta que la del conjunto de los países de la Unión Europea, y hasta un 8% más alta en relación a Colombia, un país de la región que además es miembro de la OCDE[13]. Ello se ve reflejado en el indicador "tep por millón de dólares del PBI" para el año 2015, que alcanza los 130 tep por millón de dólares del PBI de Perú, sin embargo, el ratio es inferior a los indicadores equivalentes para países como Argentina, Chile, Brasil y México. Se observa, además con el indicador de consumo energético en tep per cápita que el consumo energético peruano por habitante es 40% inferior al promedio de Latinoamérica y en la región sólo supera a Colombia.

Figura 5: Indicadores de intensidad energética - año 2015

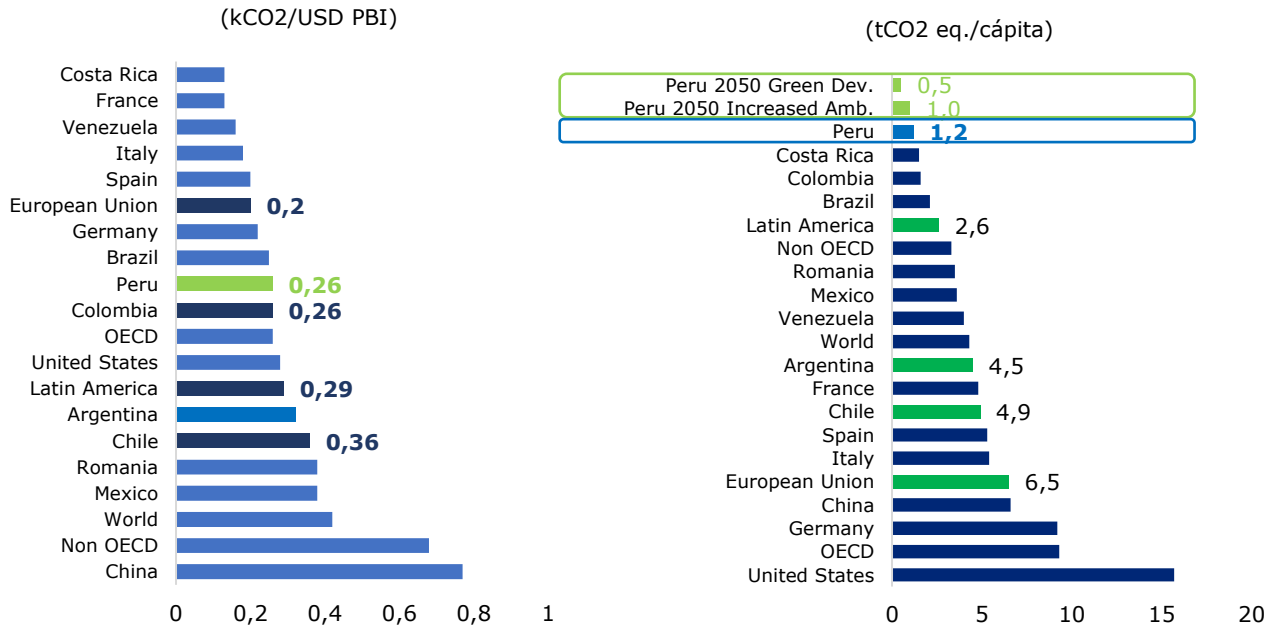


[13] Ver Figura 5

Fuente: análisis Deloitte en base a ENERDATA 2016

De forma análoga, a través de un benchmark de la intensidad de las emisiones de CO2 derivadas de la combustión de combustibles se observa que la intensidad de las emisiones de CO2 en Perú - comparadas con el tamaño de su economía - es un 30% superior respecto al promedio de países de la Unión Europea pero un 10% inferior en relación al promedio de países de Latinoamérica[14]. Al analizar las emisiones en relación a la cantidad de habitantes se observa que Perú es el país con menores emisiones per cápita comparado al resto de los países. Vale aclarar que estas afirmaciones sólo califican para las emisiones derivadas de la combustión de combustibles, es decir, las que corresponden al sector energético y no sobre el total de las emisiones, que no se contrastan por falta de datos homogéneos para la comparación.

Figura 6: Indicadores de intensidad de las emisiones de CO2 - año 2015



Fuente: análisis Deloitte en base a ENERDATA 2016

1.3. Contribuciones nacionales en la lucha contra el cambio climático

Contribuciones asumidas por Perú – NDC

El Perú presentó su Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (iNDC, por sus siglas en inglés) en septiembre del año 2015 en la Cumbre de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible. El 22 de julio de 2016, el Perú ratifica el Acuerdo de París y de acuerdo a las decisiones adoptadas y asociadas a dicho acuerdo, el país reafirma y valida el compromiso asumido en las iNDC, convirtiéndose ahora en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) del Perú.

La meta de mitigación de las NDC ha sido calculada a partir de una proyección BAU de las emisiones de GEI considerando como año base el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2010.

El escenario "incondicional" planteado por el gobierno nacional para 2030 propone disminuciones de la emisión de GEI en un 20%[15] (59,0 MtCO2eq.) considerando un escenario Business as Usual (BAU) de incremento de

[14] Ver Figura 6
[15] Ver Figura 7

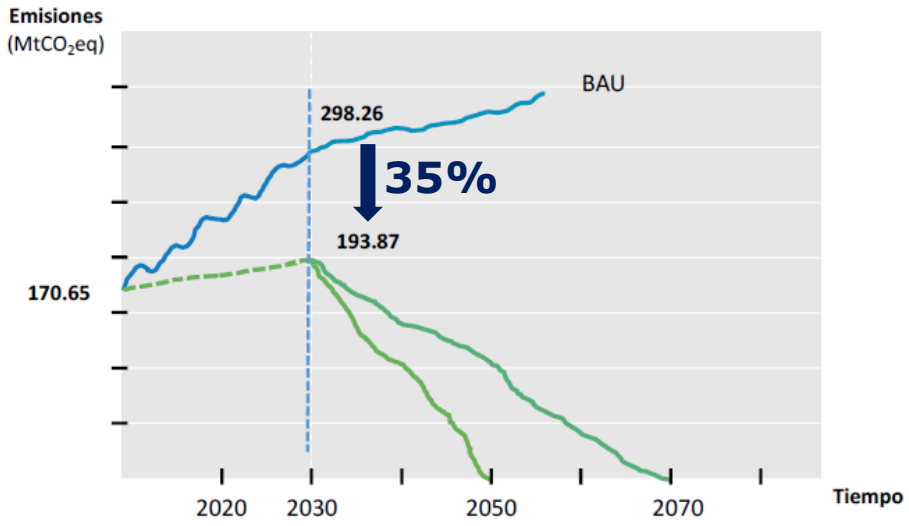
emisiones. Dicho objetivo se plantea con mayor agresividad en el escenario "condicional", el cual propone reducciones del 30% (89,4 MtCO2eq.) condicionadas al apoyo internacional externo. Para este cálculo, el país ha utilizado el INGEI del año 2010, actualizado en julio del 2015. Es decir, emisiones de GEI de un total de 170,6 MtCO2eq. para el 2010 y de 298,3 MtCO2eq. para el año 2030[16].

Se plantean tres escenarios:

- Escenario BAU: un escenario tendencial en el que no se logra la carbono neutralidad.
- Escenario de 1.5°C: escenario más ambicioso que alcanza la carbono neutralidad en el 2050.
- Escenario de 2°C: escenario que logra la descarbonización en el 2070.

Los escenarios que logran la carbono neutralidad parten de un total de 193,83 MtCO2eq. en 2030.

Figura 7: Escenarios hacia la carbono neutralidad (MtCO2 eq.)



Fuente: Ministerio del Ambiente – Perú

Estrategias nacionales para la lucha contra el cambio climático

Perú ha realizado la publicación de normativa y documentos de planificación que definen la agenda para la gestión del cambio climático en el país. Los de mayor relevancia para el caso específico de la gestión del cambio climático son: El Acuerdo Nacional, el Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2021, el Marco Macroeconómico Multianual, la Política Nacional del Ambiente, el Plan Nacional de Acción Ambiental 2010-2021, la Comisión Nacional sobre Cambio Climático y la Estrategia Nacional (y Regionales) ante el Cambio Climático.

El Acuerdo Nacional establece en sus políticas los compromisos del Estado en materia de reducción de la pobreza, desarrollo sostenible y gestión ambiental. Mientras que **el Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2021** es el primer plan estratégico de desarrollo nacional que reafirma la necesidad de considerar el cambio climático como una variable importante en todos los instrumentos de planificación del desarrollo y de gestión en los diferentes niveles de gobierno. De la misma manera, el **Marco Macroeconómico Multianual** incluye la variable climática como condicionante del desarrollo económico y, por tanto, incluye la variable climática como condicionante del desarrollo económico y, por tanto, incluye la variable climática como condicionante del desarrollo económico y, por tanto, debe ser considerado en las proyecciones macroeconómicas del país.

La **Política Nacional del Ambiente** fue el primer instrumento de planificación general en materia ambiental establecido por el MINAM que señala lineamientos de política con el objetivo de asegurar la viabilidad ambiental de las actividades productivas y mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de

[16] "Informe Final – Grupo de Trabajo Multisectorial de naturaleza temporal encargado de generar información técnica para orientar la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (GTM-NDC)" Gobierno del Perú

ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo, relevando la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, así como el rol importante de la participación ciudadana y de las organizaciones públicas y privadas.

El **Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021** (PLANAA) es un instrumento estratégico de gestión pública en materia ambiental cuya finalidad es lograr el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y contribuir de esa manera al desarrollo integral, social, económico y cultural del ser humano, en armonía con su entorno.

La Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC) constituye el principal instrumento que orienta la gestión de cambio climático en el Perú y establece el compromiso del Estado peruano de "…actuar frente al cambio climático de forma integrada, transversal y multisectorial, cumpliendo con los compromisos internacionales asumidos por el Perú ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)". Plantea una visión al 2021 para lograr que el Perú se adapte a los efectos adversos y aprovecha las oportunidades que impone el cambio climático, sentando las bases para un desarrollo sostenible bajo en carbono[17].

La ENCC considera que el principal reto asociado al Cambio Climático en el Perú es la reducción de los riesgos e impactos previsibles mediante acciones de gestión integrada de los sectores y regiones para la reducción de la vulnerabilidad, el aprovechamiento de las oportunidades y el fortalecimiento de capacidades para enfrentarlo. Si bien la ENCC se centra en las competencias públicas, se considera indispensable contar con la contribución amplia e incluyente de la sociedad en su conjunto, de manera que los esfuerzos públicos y privados coincidan en la misma ruta[18].

La ENCC de Perú contiene dos objetivos, uno referido a adaptación y otro a emisiones de GEI.

OBJETIVO I: La población, los agentes económicos y el Estado incrementan conciencia y capacidad adaptativa frente a los efectos adversos y oportunidades del cambio climático.

- Incremento de la proporción de personas que reconocen el Cambio Climático como un tema que necesita acción.
- Incremento de la inversión pública que incorpora la condición de Cambio Climático.
- Reducción de pérdidas económicas en infraestructura respecto al PBI por la ocurrencia de desastres.

OBJETIVO II: La población, los agentes económicos y el Estado conservan las reservas de carbono y contribuyen a la reducción de emisiones de GEI.

- Tasa de crecimiento de las emisiones de GEI sobre la tasa de crecimiento del PBI.
- Porcentaje de reducción de emisiones de GEI por USCUSS.
- Incremento de captura de carbono por reserva de carbono y reducción neta de emisiones en el sector forestal.

Además de los indicadores mencionados, cuyos resultados deben ser medidos a través del MINAM, plantea cuatro áreas de implementación: institucionalidad y gobernanza, conciencia y fortalecimiento de capacidades, conocimiento científico y tecnología, y financiamiento. Dentro de cada área de implementación se establecen líneas de acción que guían a las entidades de distintos niveles de gobierno.

La implementación de la ENCC requiere asegurar la disponibilidad de recursos financieros, para ello se han identificado tres fuentes principales de financiamiento: recursos públicos, recursos del sector privado y recursos de fuentes cooperantes externas[19].

Para dar continuidad y legitimidad a los esfuerzos que se desarrollan en el marco de la ENCC y asegurar compromisos de largo plazo, se debe contar con una ley marco ante el cambio climático.

[17] "El Perú y le Cambio Climático, Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas" Ministerio del Ambiente Perú (https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf)
[18] "Estrategia Nacional ante el Cambio Climático 2014" Ministerio del Ambiente Perú (https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Estrategia-Nacional-ante-el-Cambio-Climatico_ENCC.pdf)
[19] "Segundo Informe Bienal de Actualización ante la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático" Ministerio del Ambiente Perú (https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Segundo%20BUR-PERU.pdf)

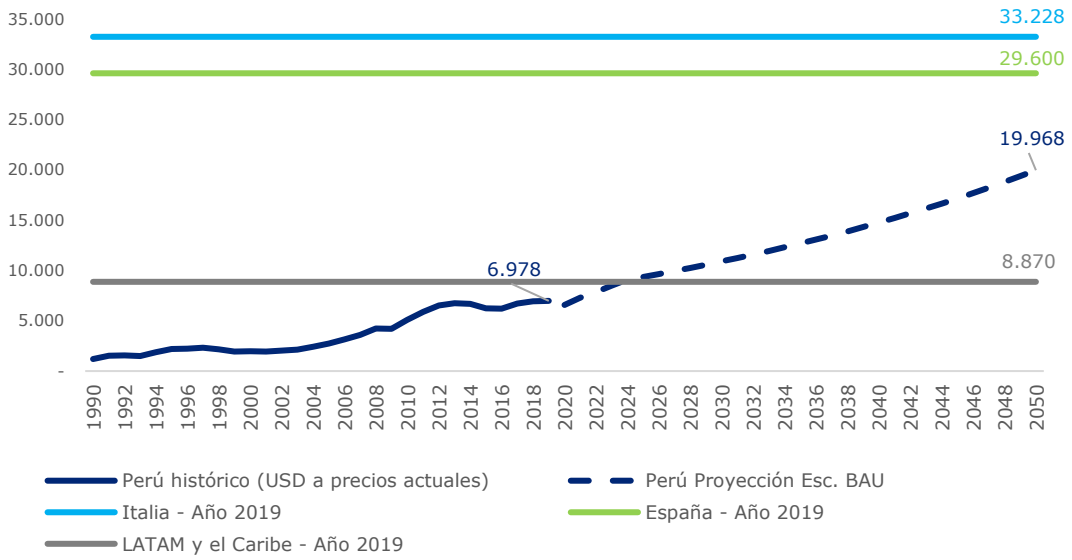
Para preparar esta ley el Congreso formó un grupo de 40 congresistas que promovieron propuestas normativas sobre cambio climático que fueron consolidadas por la Comisión de Pueblos Andinos, Amazónicos, Afroperuanos, Ambiente y Ecología (CPAAAAE), en calidad de comisión principal. Este esfuerzo permitió que el Congreso de la República aprobara el Dictamen que propone la Ley Marco de Cambio Climático. La creación del mecanismo y plataforma de coordinación denominado *Infocarbono*, establece un hito importante para la gestión de GEI en el país, ya que por primera vez se establece un marco normativo e institucional para la elaboración de inventarios nacionales de GEI. El *Infocarbono* se establece como un conjunto de acciones orientadas a la recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y remoción de GEI. Con esto, se asigna la responsabilidad de los sectores de gobierno competentes para recopilar información relevante y realizar reportes periódicos sobre GEI de las actividades de su competencia.

Proceso de construcción del Escenario BAU

El proceso de construcción de escenarios para la evaluación del modelo energético sostenible para Perú en 2050 requirió, necesariamente, de la elaboración de la línea de base para contrastar los resultados y los impactos de las acciones y medidas de mitigación de cambio climático para el sistema en su conjunto. **A partir de esta premisa, se simuló el escenario tendencial o "Business As Usual" el cual mantiene el status quo del año 2014 (en lo referente a la matriz productiva, energética y las emisiones) hasta el 2030 e incluye medidas de mitigación a partir del mismo año siguiendo los lineamientos trazados por el gobierno de Perú en sus propias proyecciones, bajo la suposición de que el crecimiento de la economía se mantiene constante un 4,21% (a partir del 2025, previendo un efecto Covid-19) hasta el año 2050.** Como resultado de la proyección se obtuvo que las emisiones de GEI totales alcanzarían un valor cercano a los 280 MtCO2eq a 2030 y a 348 MtCO2eq a 2050.

Es importante realizar una apreciación adicional que brinda un marco de referencia en el que se enmarcan este escenario. La actualización de la actividad económica peruana a una tasa del 4,21% anual, a priori puede resultar pesimista en un análisis macroeconómico de largo plazo considerando que la tasa histórica se encuentra unos escalones por encima (cercana al 7%). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la economía peruana debe atravesar una recuperación frente a la reciente caída económica. El tamaño de la economía resultante de esta proyección a 2050 permitiría lograr un ingreso per cápita para Perú mayor al que actualmente (2019) percibe América Latina y el Caribe, e inferior al que perciben países desarrollados como España e Italia.[20]

Figura 8: PBI per cápita - años 1990-2050 (millones de USD)



Fuente: análisis Deloitte en base a World Bank & The Economists Intelligence Unit (datos a 2019 e históricos)

[20] Ver Figura 8

2. El modelo energético peruano al 2050

2.1. Visión actual de Perú para el 2050

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar dos escenarios posibles de transición a 2050 para una economía baja en emisiones, teniendo en consideración las condiciones iniciales del Perú, los planes de mitigación desarrollados por las autoridades, las tecnologías disponibles o que se espera estén disponibles durante el periodo de estudio y las medidas regulatorias necesarias para que se realicen los escenarios.

"Son tres los vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050"

En función de la multiplicidad de opciones de mitigación disponibles, y no menos importante, la interrelación entre las mismas, estas se dividieron en tres vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050. Sin embargo, solo se consideraron medidas de mitigación a partir de tecnologías que, con la información actual, es razonable suponer que alcancen su madurez y sean viables comercialmente, utilizando como criterio para esto último que su aplicación tiene un costo menor a USD 100 por tonelada de CO2 equivalente evitada. Los tres vectores anteriormente mencionados son:

- **Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde**: Para que la sustitución de fuentes primarias tenga un efecto duradero, es necesario que a su vez la electricidad se produzca a través de fuentes renovables. Ligado a ello, el desarrollo de infraestructuras digitales y las redes inteligentes es clave como agentes habilitadores capaces de acomodar la introducción de renovables, las tecnologías distribuidas y la participación de los prosumidores en el sistema energético.

- **Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales mediante la digitalización de redes**: Existe un gran potencial de reducir emisiones desacoplando el crecimiento económico del consumo de energía. Las oportunidades para reducir la intensidad energética en la producción de bienes, el potencial de ahorro de energía en el consumo residencial y sector servicios, así como la eficientización de procesos de transformación que incrementen la energía utilizada y minimicen los desperdicios. A su vez, se espera un cambio a fuentes primarias de energía con menores emisiones a través del reemplazo del carbón y del petróleo con altos niveles de emisión por combustibles bajos en emisión, como la electricidad, los biocombustibles, y en menor medida el gas natural. Además, la actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

- **Incentivo a modelos de producción sustentables**: En la industria y especialmente en la ganadería y agricultura se requiere adoptar modos de producción bajos en emisiones.

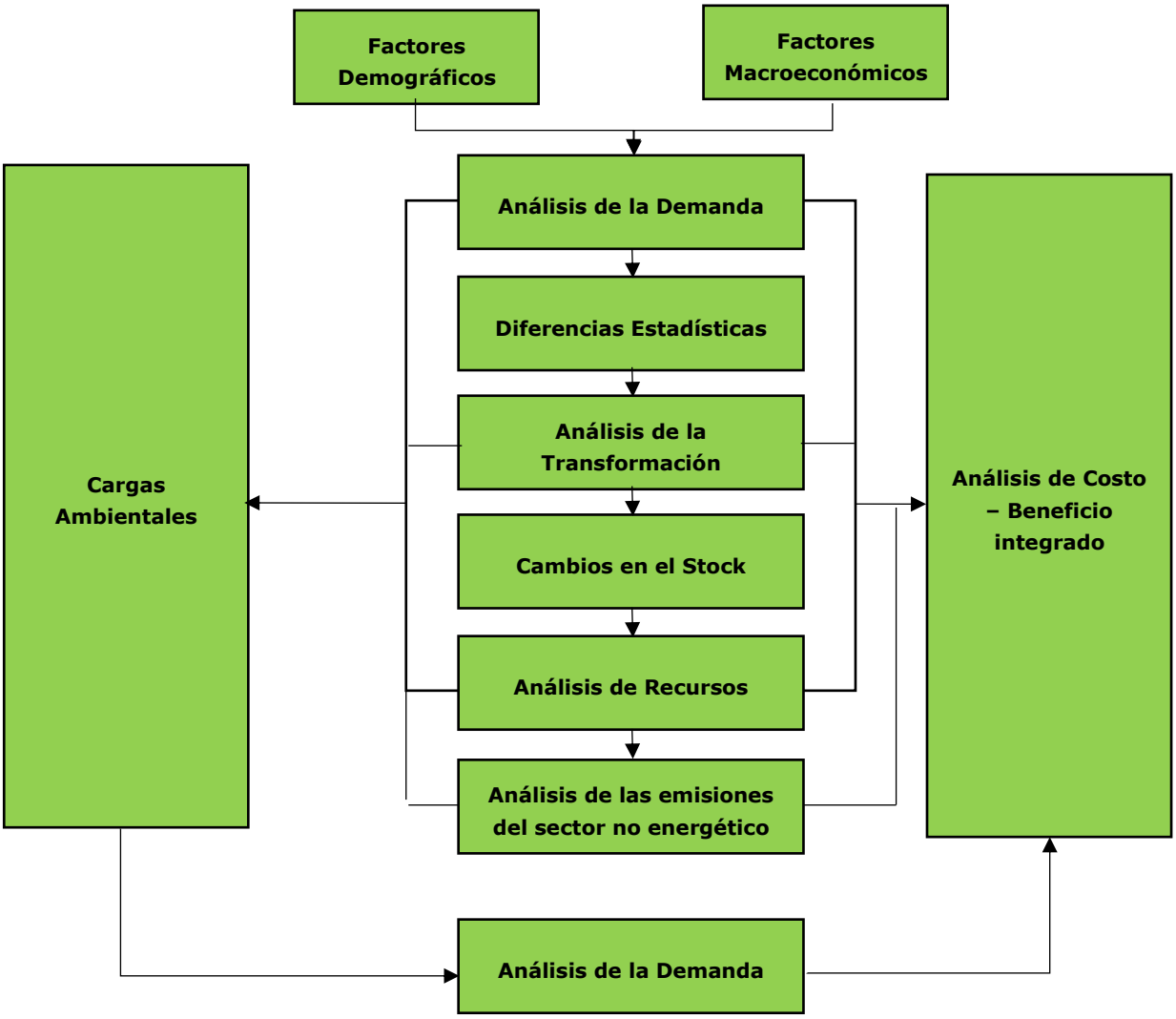
2.2 Transformaciones necesarias en el modelo energético

Construcción de escenarios ambiciosos de reducción de emisiones

Los escenarios que se desarrollan en el presente estudio son los que denominamos Increased Ambition y Green Development. En el **Increased Ambition** se aplican medidas de mitigación y cambios en la matriz energética maximizando el potencial en todos los sectores en base a lo propuesto por las contribuciones nacionales no condicionadas del gobierno. En el **Green Development**, por otro lado, se introducen políticas de mitigación y cambios en la matriz energética orientados a maximizar los beneficios de la descarbonización en un contexto de apoyo internacional alcanzando la carbono-neutralidad.

Para integrar en estos dos escenarios la relación entre actividad económica, conductas, políticas públicas y avances tecnológicos, se utilizó el Long-range Energy Alternatives Planning System (LEAP) para realizar una modelización cuantitativa. El LEAP es un software utilizado mundialmente para el análisis de políticas energéticas y la evaluación de mitigaciones del cambio climático, desarrollado en el Stockholm Environment Institute. Es una herramienta integrada, basada en escenarios, que puede ser utilizada para llevar registro del consumo y producción energética, en todos los sectores de la economía. Sirve tanto para las fuentes y sumideros de emisiones de GEI energéticas y no energéticas, y ha sido utilizada ya en el proyecto en Argentina y en otros estudios como herramienta de referencia y de fiabilidad contrastada.

Figura 9: Diagrama de funcionamiento del modelo LEAP

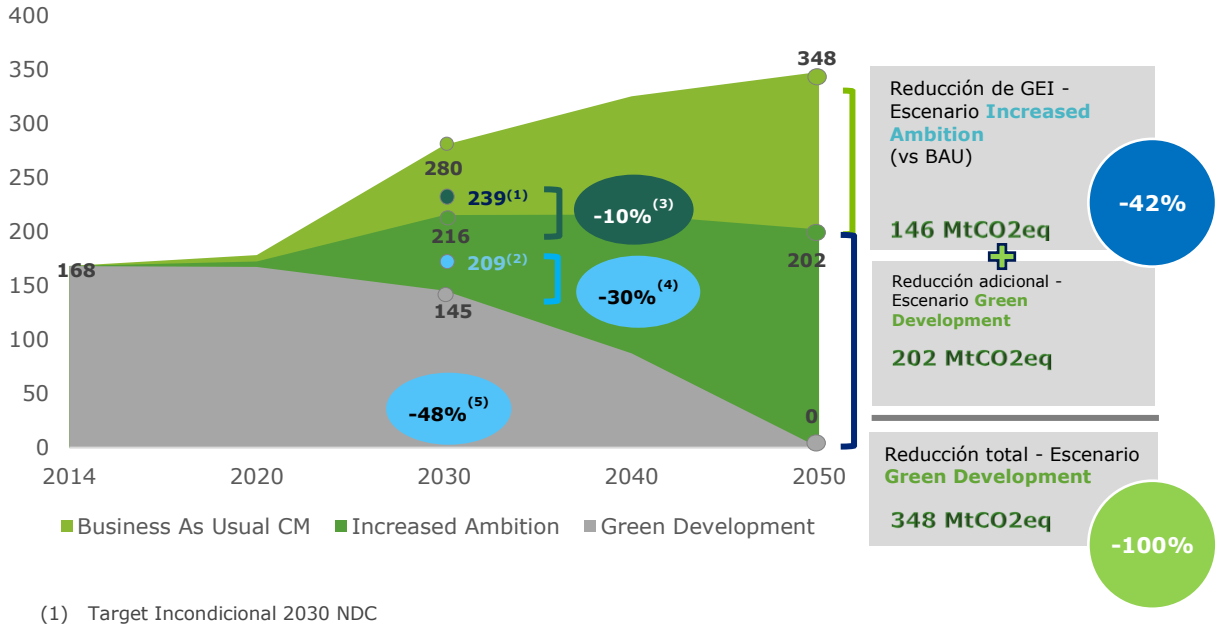


Fuente: adaptado de www.energycommunity.org

Los resultados obtenidos bajo los escenarios desarrollados muestran que las soluciones propuestas para la transición energética en Perú permiten alcanzar un elevado nivel de descarbonización en el medio y largo plazo para una economía que continúa su desarrollo.

Realizando un esfuerzo incremental para descarbonizar la economía, en el 2050, las emisiones de gases de efecto invernadero se estabilizan en 202 MtCO2eq., un 42% menor respecto al escenario de referencia (BAU 2050). Solo en un escenario Green Development, en el cual se transforman todos los vectores actuales de la economía, se reducen las emisiones a 0 MtCO2eq., alcanzando la carbono neutralidad.

Figura 10: Sendero de emisiones de GEI (MtCO2 eq.)

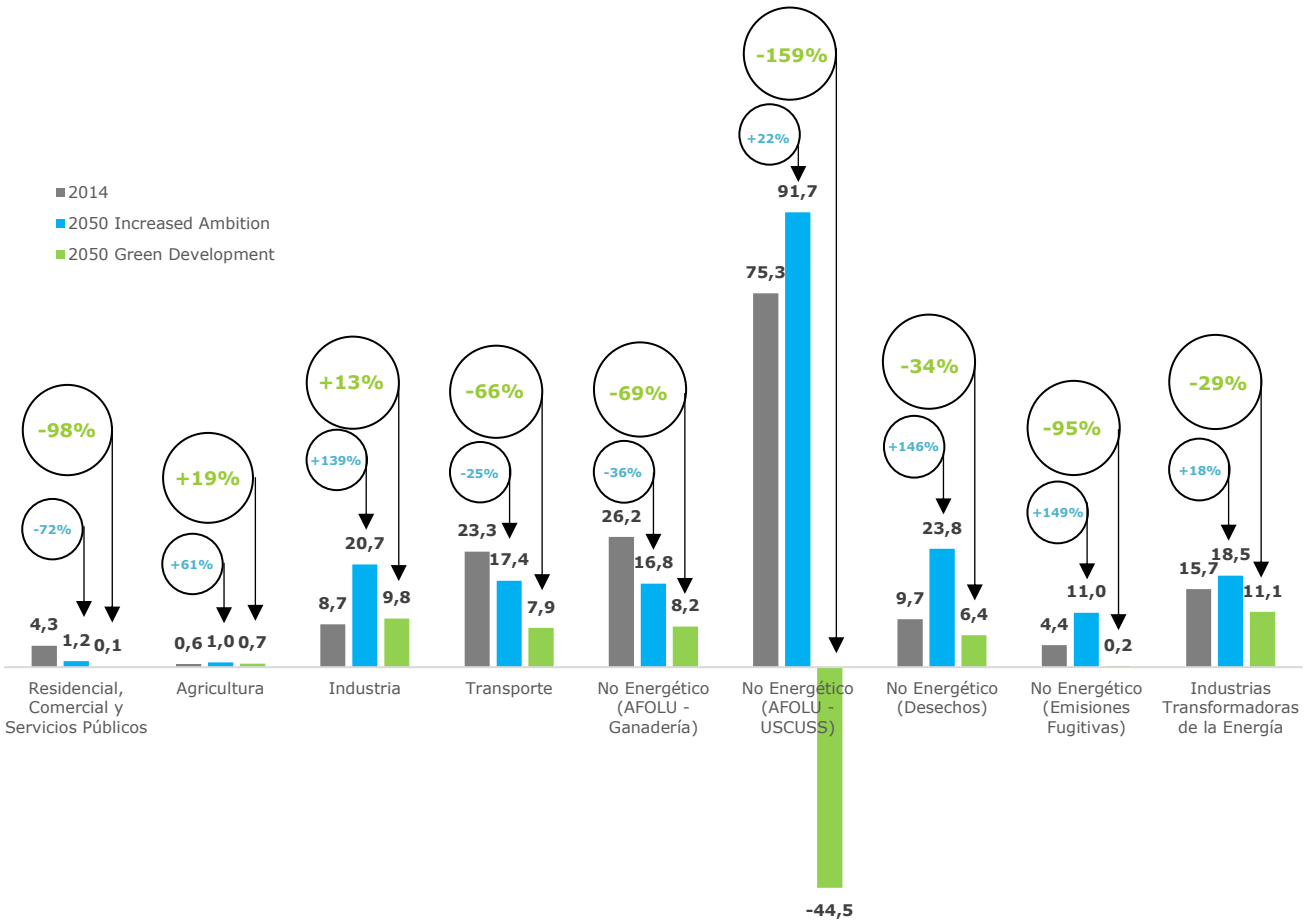


(1) Target Incondicional 2030 NDC
(2) Target Condicional 2030 NDC
(3) Comparación nivel 2030 del escenario Increased Ambition con objetivo Incondicional del NDC
(4) Comparación nivel 2030 del escenario Green Development con objetivo Condicional del NDC
(5) Comparación nivel 2030 del escenario Green Development con BAU

Nota: Año base 2014
Fuente: análisis Deloitte

En el escenario Increased Ambition se logra ralentizar el aumento de emisiones en todos los sectores compensando, de esta manera, el aumento relacionado al crecimiento de la población y un mayor PBI per cápita. En términos absolutos, se observa una reducción en el sector residencial, producto de la mayor eficiencia energética y la sustitución de combustible, en el sector transporte y en el sector AFOLU-Ganadería dentro de la categoría de no energético. **En el escenario Green Development los sectores no energéticos y el de industrias transformadoras de energía también contribuyen a disminuir las emisiones en términos absolutos.** Esto se debe principalmente a que la mayor agresividad de las medidas de mitigación (este escenario propone un **mayor nivel de electrificación** y **mayores niveles de eficientización**) genera que más allá del incremento en la población y en el nivel de actividad, las emisiones per cápita se reduzcan en tal proporción que las emisiones totales, en términos absolutos, lleguen a cero. Principalmente, la transformación en la matriz eléctrica dará lugar a una mayor ponderación de generación libre de emisiones en el sector de industrias transformadoras de energía.

Figura 11: Emisiones de gases de efecto invernadero por sector (2014 - 2050) (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

Para mantener o reducir las emisiones resulta clave que se produzca un desacople del crecimiento económico del uso de la energía, reduciendo la intensidad energética del desarrollo. En el escenario **Increased Ambition** el consumo total de energía se incrementa de 17 MTep a 22 MTep (un 24%) dado que la tasa de aumento del consumo energético (que se da como resultado del incremento demográfico y el crecimiento de la actividad económica) es mayor a la tasa de eficientización de las tecnologías utilizadas. En el escenario **Green Development** los esfuerzos para reducir la intensidad energética es generalizada pero además existe una serie de medidas destinadas específicamente a disminuir la intensidad de los sectores industriales y transporte, logrando una reducción de la demanda energética total que pasaría de 17 Mtep en el año base a 15 Mtep en 2050.[21]

[21] Ver Figuras 12, 13, 14 y 15

Increased Ambition

Figura 12: Consumo energético final total – por sector (Mtep)

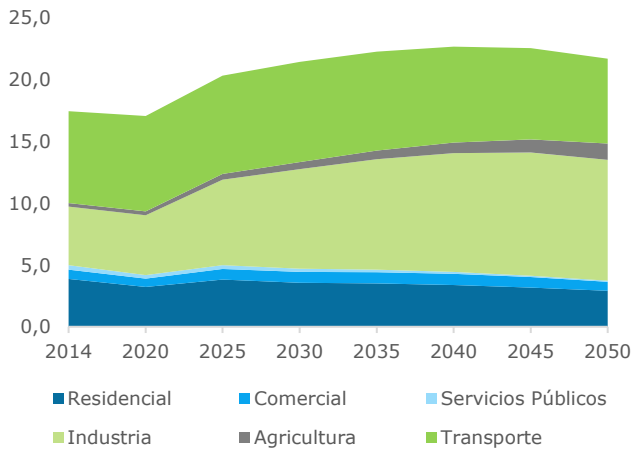
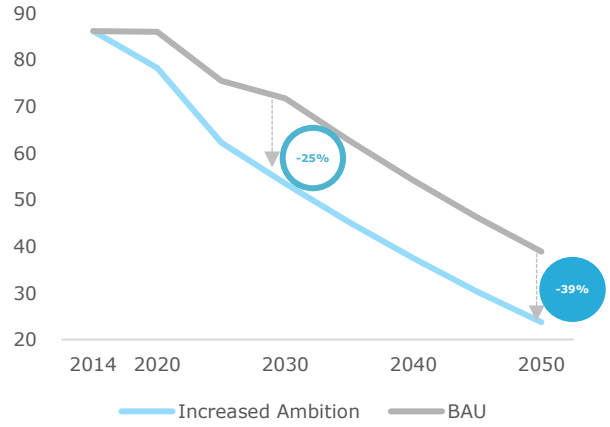


Figura 13: Intensidad energética total (tep/Mill. USD del PIB**)**



Fuente: análisis Deloitte.

Green Development

Figura 14: Consumo energético final total – por sector (Mtep)

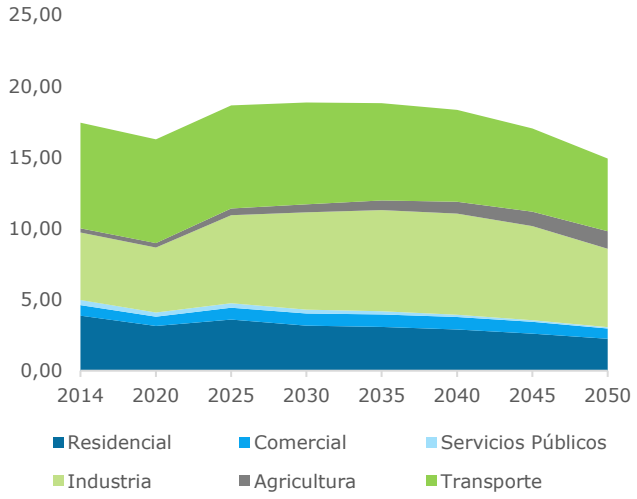
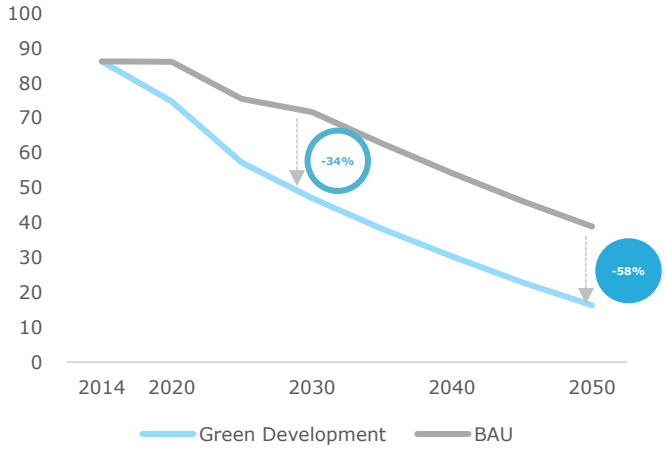


Figura 15: Intensidad energética total (tep/Mill. USD del PIB**)**



Fuente: análisis Deloitte.

Para que los esfuerzos de descarbonización sean efectivos, resulta necesario la sustitución del consumo de combustibles fósiles, de manera que su consumo no crezca o inclusive se reduzca. La opción más eficiente es promover la electrificación de la matriz energética. Si bien los biocombustibles pueden realizar un aporte adicional a la descarbonización, existen opiniones encontrados sobre el efecto neto a lo largo de su ciclo de vida, pudiendo ser el caso que no reduzcan las emisiones netas. En cambio, la mayor penetración de energías renovables en la matriz eléctrica es una estrategia probada para la reducción de emisiones y a la vez competitiva en términos económicos frente a otras alternativas.

CUADRO 1. Reducción de costo de las Energías Renovables

Las tecnologías energéticas con baja emisión de carbono tienen un rol clave en la transición energética, en particular en power sector, donde las tecnologías solar y eólica se presentan como opciones cada vez más competitivas a la luz de la continua disminución de sus costos.

En base al relevamiento de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) realizado en 2020[22], la reducción de costos medios de instalación para la tecnología solar fotovoltaica a escala industrial fue de un 32% sólo entre 2012 y 2019, alcanzando un precio promedio de 955 USD/kW en 2019. En el caso eólico, la disminución de los costos de instalación alcanzó el 25% entre puntas, destacándose la menor dispersión de precios existentes, con un rango en 2019 que va desde los 1.150 a 2.430 USD/kW.

Figura 16: Costo de instalación promedio mundial de la tecnología solar PV (USD 2019/kW)

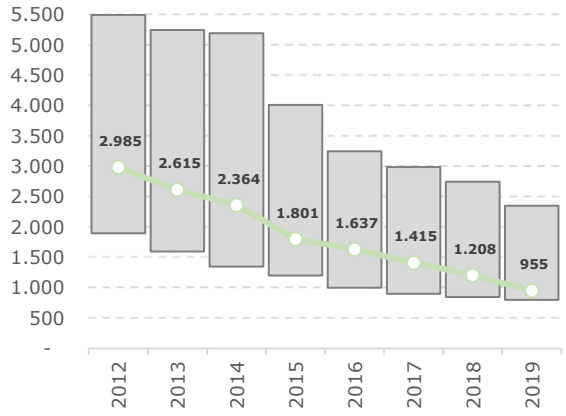
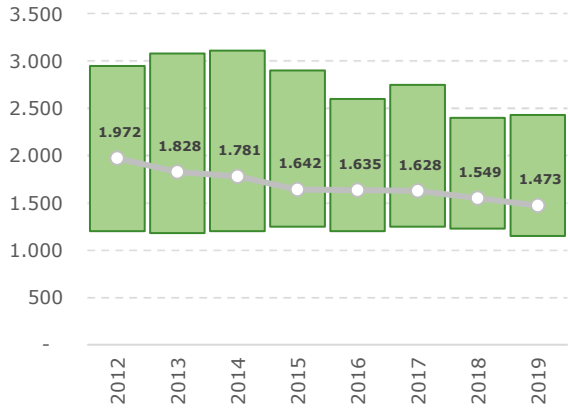


Figura 17: Costo de instalación promedio mundial de la tecnología eólica on-shore (USD 2019/kW)



Si además se mira el Costo Nivelado de la Energía (LCOE por sus siglas en inglés), un indicador que recrea el costo esperado de firmar un contrato de suministro a largo plazo (PPA por sus siglas en inglés) la caída es aún más pronunciada. Una de las causas se debe a las mejoras técnicas que permitieron un mayor rendimiento de los equipos, como así también la mayor participación que han ido adquiriendo regiones como Asia y Sur América con factores de capacidad notablemente más elevados respecto a zonas de mayor penetración. En el caso de los paneles fotovoltaicos el LCOE medio descendió 90% entre 2010 y los nuevos proyectos encargados para 2021, mientras que en las centrales eólicas el indicador cayó un 50% en el mismo período.

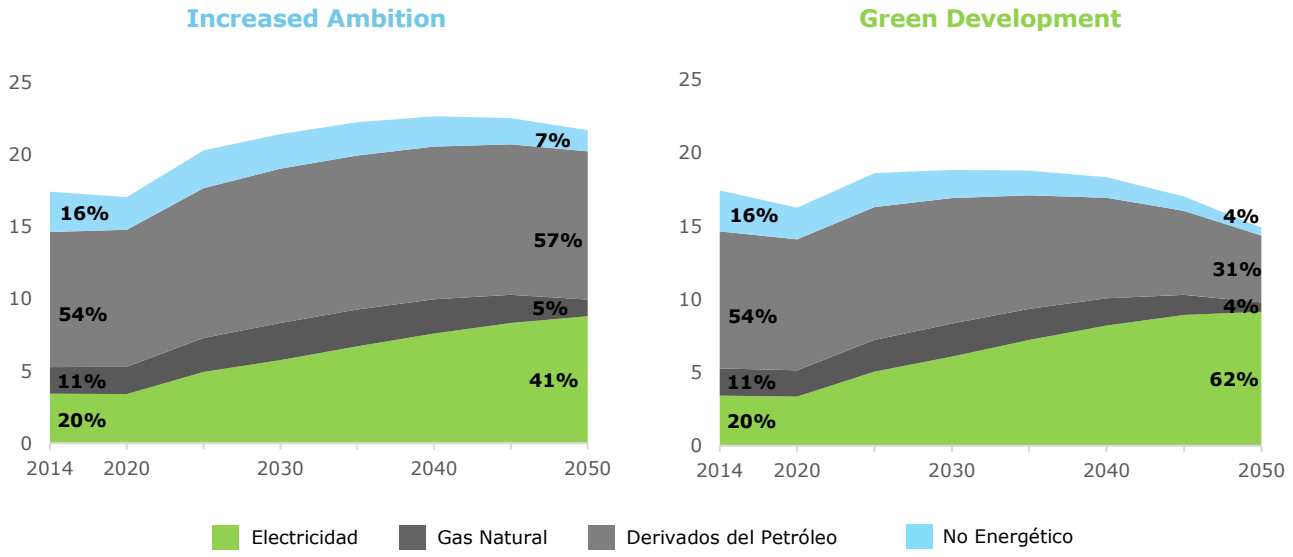
Los resultados de las recientes licitaciones para los proyectos que se encargarán en los próximos años, confirman que las reducciones de costos continuarán al menos hasta 2021 y la expectativa es que lo sigan haciendo hacia más adelante. El año pasado se han adjudicado precios récord para los paneles fotovoltaicos en países como Dubai, México, Perú, Chile, Abu Dhabi y Arabia Saudita; para el 2021 los mejores proyectos entregarán electricidad por un LCOE equivalente a 43 USD/MWh o menos. La energía eólica también se licitó a precios muy competitivos en Brasil, Canadá, Alemania, India, México y Marruecos, dando lugar a LCOE por debajo de los 43 USD/MWh. En suma, hoy las renovables ya compiten en condiciones de mercado con el resto de las tecnologías en numerosos lugares del mundo.

Hacia adelante IRENA ha identificado al menos tres grandes factores que permiten proyectar una nueva reducción de costos: **1) las mejoras tecnológicas**, que continúan siendo una constante en el mercado de generación de energía renovable y que irán reduciendo cada vez más los costos de instalación y aumentando el rendimiento de los equipos; **2) la adquisición en forma competitiva,** que permite beneficiarse de mejores precios a medida que aumente la escala; y **3) una gran base de desarrolladores de proyectos**, con experiencia internacional que busca activamente nuevos mercados.

[22]Fuente: IRENA Renewable Power Generation Costs in 2019. (https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf)

La capacidad de sustitución de combustibles dependerá, en consecuencia, del avance en la electrificación de la demanda, y la incorporación de nueva generación renovable. En el escenario **Increased Ambition** el mayor consumo eléctrico permite restringir el aumento del consumo de combustibles fósiles desde los 11,2 millones de Tep de 2014 hasta 11,4 millones de Tep esperados en 2050 Tep con una penetración del vector electricidad de 41%, mientras que en el escenario **Green Development**, la electricidad aumenta a 62% del consumo total, logrando que los combustibles fósiles se reduzcan 29% y su participación en la matriz pase de 64% a 35% de la matriz hasta los 5,2 millones de Tep.

Figura 18: Consumo energético final total – por combustible (Mtep)



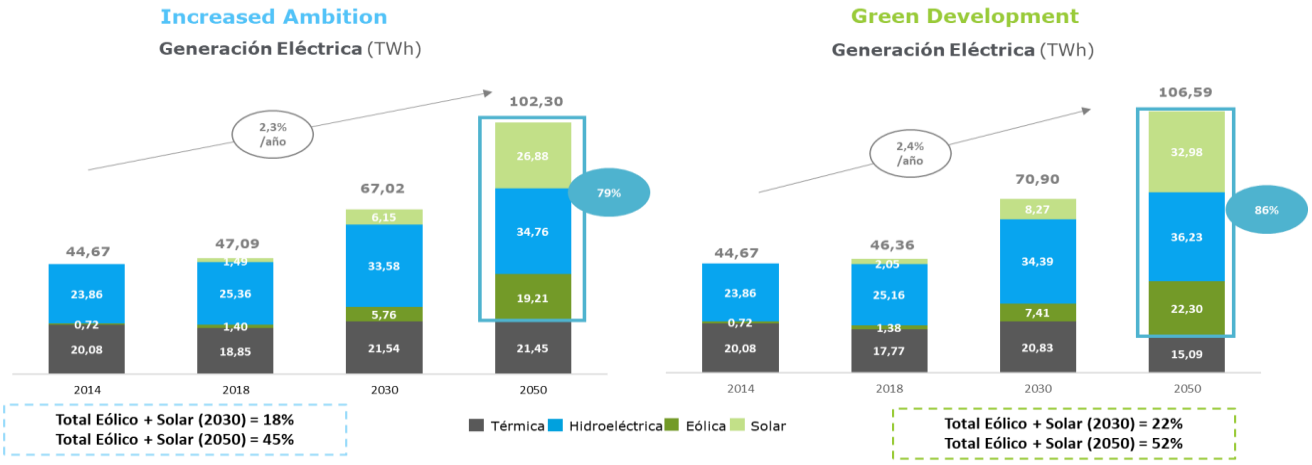
Fuente: análisis Deloitte.

La electrificación requiere acompañarse de un cambio en la matriz de generación hacia energías renovables o limpias de emisiones. En primer lugar, el consumo de energía eléctrica crecerá a una tasa anual del 2% en el escenario **Increased Ambition** y del 3,2% anual en el **Green Development** derivado de la mayor electrificación de la demanda, y en línea con el crecimiento del país.

En el escenario **Increased Ambition** la generación de fuentes contaminantes representa el 21% de la energía a 2050, mientras que el 45% proviene de fuentes renovables no convencionales como la solar y eólica, y el resto depende de generación hidroeléctrica.

En el escenario **Green Development**, a 2050, la generación térmica es sólo 14%, prácticamente eliminándose su participación, al utilizarse mayoritariamente como respaldo para cubrir los picos de consumo, aprovechando la flexibilidad que otorga la generación a gas natural. Por su parte, la generación de fuentes renovables no convencionales (eólicas y solares) alcanza el 52% y el resto depende de la generación hidroeléctrica.

Figura 19: Generación Eléctrica y penetración de renovables (TWh)



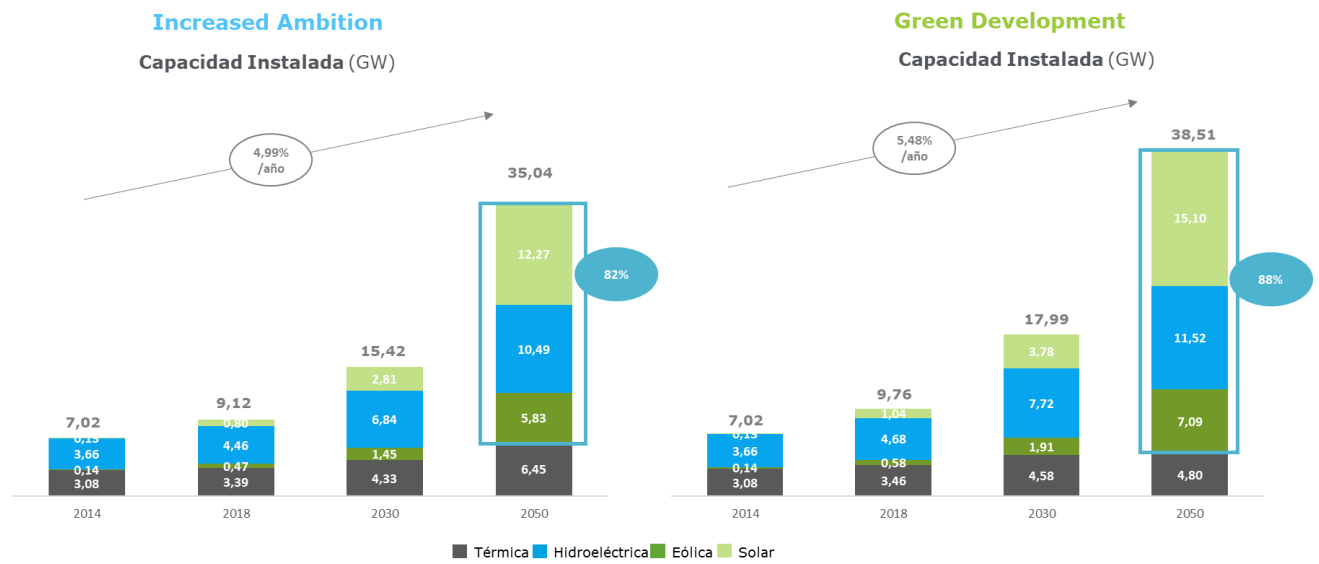
Fuente: análisis Deloitte.

Perú tiene recursos naturales que permiten desarrollar un parque de generación eléctrica libre de emisiones y alcanzar los objetivos ambiciosos antes descriptos. En este sentido, la capacidad instalada libre de emisiones establecida en el escenario **Increased Ambition** alcanza el 82%, y el 88% en el escenario **Green Development.**

En primer lugar, se desarrolla de manera racional el inventario hidroeléctrico, que asciende a 34,76 GW de potencia en el escenario **Increased Ambition** y a 36,23 GW de potencia en el escenario **Green Development** a 2050. A su vez, la complementación que se da entre la generación hidroeléctrica y eólica, más la expectativa de complementar la energía solar con la incorporación de baterías permite apuntar a una penetración agresiva de fuentes renovables no convencionales (eólicas y solares). En el escenario **Increased Ambition** se instalan 5,69 GW de potencia eólica y 12,14 GW de potencia solar, llegando en 2050 a un total de 5,83 GW y 12,27 GW respectivamente. Mientras que en el escenario **Green Development** se instalan 6,95 GW de potencia eólica y 14,97 GW de potencia solar, llegando en 2050 a un total de 7,09 GW y 15,10 GW respectivamente. Estas metas son factibles de ser alcanzadas desde el punto de vista técnico, en particular cuando se las compara con los recursos potenciales estimados desde distintas instituciones.

La generación eléctrica libre de emisiones proyectada para los escenarios Increased Ambition y Green Development alcanza el 79% y el 86%, respectivamente.

Figura 20: Capacidad Instalada (GW)



Fuente: análisis Deloitte.

3. Transición energética

3.1. Nuevas políticas energéticas en Perú

Proceso de implementación de medidas de mitigación en Perú: planes sectoriales existentes y nuevos

En los últimos años la República del Perú ha llevado a cabo planes, programas y acciones relacionados de manera directa e indirecta con la mitigación de GEI en varios sectores productivos y de consumo.

Entre las acciones en implementación, se pueden destacar en el sector energía dos leyes fundamentales: la ley de promoción del uso eficiente de la energía (ley 27.345) en la que se prevé desarrollar una cultura nacional del uso eficiente de la energía en coordinación con todos los sectores educativos y económicos del país y la ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica (ley 28.832) que tiene por objetivo perfeccionar las reglas establecidas en la ley de concesiones eléctricas. En este sentido, se han desarrollado marcos normativos y programas orientados a fomentar una mayor participación de fuentes renovables no convencionales como se estipula en el decreto legislativo N° 1002 orientado a la promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables

En el sector transporte los esfuerzos se han concentrado principalmente en la ampliación del sistema de transporte público. Por un lado, ya se ha empezado a trabajar en el transporte de pasajeros ferroviario mediante la construcción de nuevas líneas de fuentes eléctricas (si bien actualmente se encuentra operativa la línea 1, el gobierno analiza tanto la implementación de nuevos proyectos como la construcción de nuevas líneas), mientras que, por otro, ya se están evaluando iniciativas tales como la incorporación de buses eléctricos y el cambio modal de transporte.

En el sector de cambio de uso de los suelos y silvicultura (CUSS) se ha desarrollado el marco normativo e institucional para fomentar la plantación y el manejo sustentable de los recursos naturales y para establecer los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sustentable de los mismos, así como de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad. Este marco institucional permitió llevar adelante un proceso de ordenamiento territorial de los recursos naturales existentes, estableciendo diferentes categorías de conservación. En este marco se creó la ley forestal y de fauna silvestre y la ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Dentro del marco normativo para el sector de cambio de uso de los suelos y silviculturas, se destacan:

- **Ley 29.763**: Ley promulgada en julio de 2011 que establece el acceder al uso, aprovechamiento y disfrute del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación de acuerdo a los procedimientos establecidos por la autoridad nacional y regional y a los instrumentos de planificación y gestión del territorio; además de la participación en su gestión.
- **Ley 26.821**: Ley promulgada en junio de 1997 que establece que el aprovechamiento de recursos naturales por parte de particulares da lugar a una retribución económica que se determina por criterios económicos, sociales y ambientales. Además, se estipula que es responsabilidad del Estado promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a través de las leyes especiales sobre la materia, las políticas del desarrollo sostenible, la generación de la infraestructura de apoyo a la producción, fomento del conocimiento científico tecnológico, entre otros.

A su vez, para la construcción de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development**, se han considerado medidas adicionales (sobre las que se brindará mayor detalle a lo largo del presente capítulo), especialmente en los sectores residencial, comercial y público e industrial, donde se prevé una mayor electrificación de las tecnologías actuales y una tasa de eficientización de las nuevas tecnologías acorde a estándares internacionales.

3.2. Planificación para una transición exitosa al 2050

El camino a recorrer en la transición deberá contar con una cuidada planificación que garantice el logro de los ambiciosos objetivos ambientales, de modo que el esfuerzo conjunto que haga toda la sociedad, así como el importante volumen de inversiones, se plasmen de forma eficaz. En este sentido, las transformaciones deberán realizarse sin poner en riesgo la actividad económica ni la seguridad del suministro energético y al mismo tiempo optimizar los costos e inversiones.

Además, y en términos generales, la concreción de las acciones específicas a llevarse a cabo en cada caso deberá contar al menos con las siguientes consideraciones:

- La secuencia de implementación de las medidas deberá priorizarse según el volumen de emisiones que éstas eviten, o sobre los combustibles que más contaminen.
- Se deberá tener en cuenta la dimensión económica, eligiendo primero aquellas medidas más eficientes económicamente, en el caso de plantearse varias alternativas.
- El uso de tecnologías de transición que permitan la progresiva adopción por el mercado de otras más limpias, a medida que se reduzcan sus costos.
- El establecimiento de metas de mediano plazo sectoriales, que permitan un monitoreo de las variables críticas y la detección de posibles desvíos.

En las siguientes secciones del informe se profundiza acerca de estos aspectos, agrupándolos por cada uno de los vectores y detallando el conjunto de medidas elegidas para la transición hacia el modelo energético a 2050.

3.3. Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde

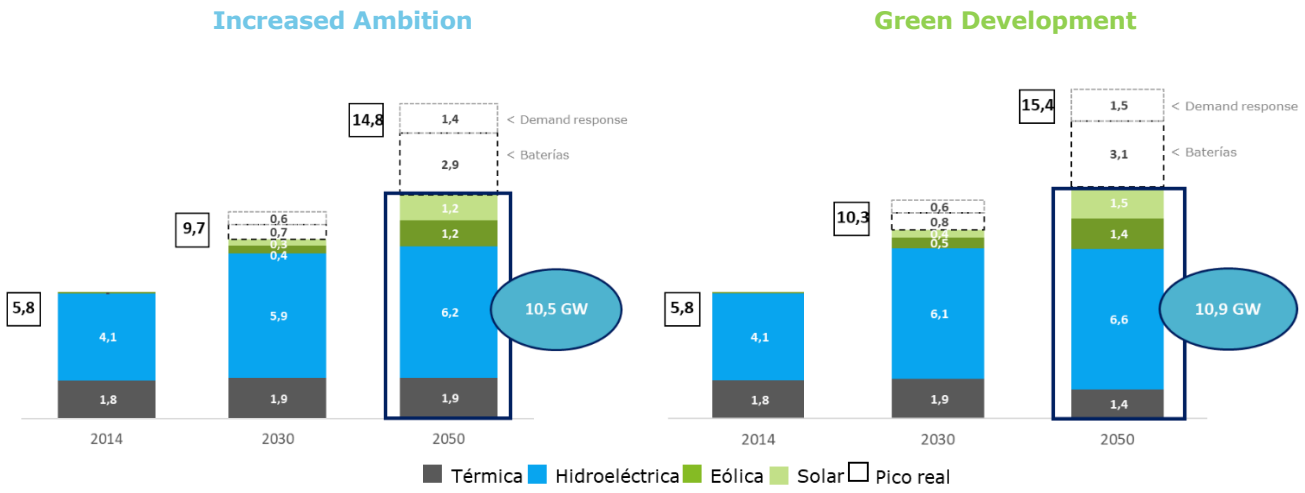
La baja participación de las energías térmicas en Perú (alcanzan un 45% en 2014) y, en contraposición, la alta participación de las fuentes hidroeléctricas (alcanzan un 53% en el año base), han llevado a que, comparativamente, su matriz eléctrica tenga una baja intensidad de emisiones. Tal es así que, en 2014, el indicador gCO2/kWh ascendió a 37, muy por debajo de los 277 promedio de América Latina y de los 289 registrados para el promedio de países de la Unión Europea, según datos estadísticos de Enerdata.

Pese a la actual baja participación de energías térmicas, para lograr las metas de descarbonización, es necesario un esfuerzo adicional. **Por este motivo, la capacidad instalada libre de emisiones establecida en los escenarios Increased Ambition y Green Development alcanza el 82% y 88%, respectivamente**. A su vez, la complementación que permite la generación hidroeléctrica y eólica, más la expectativa de complementar la energía solar con la incorporación de baterías, posibilita apuntar a una penetración agresiva de fuentes renovables no convencionales como la eólica y la solar

En el escenario Increased Ambition se instalan 12 GW y 6 GW de potencia eólica y solar - en sus diversas variantes -, que se incrementa hasta llegar a 15 GW y 7 GW en el escenario Green Development, respectivamente.

La mayor penetración de energía renovable variable no convencional requiere administrar la gestión de los picos de demanda, a través de respuesta de la demanda, utilizando como respaldo la flexibilidad del gas y aumentando la participación de tecnologías de almacenamiento.

Figura 21: Potencia para cubrir el pico de demanda (GW)



Fuente: análisis Deloitte.

CUADRO 2. Proyecciones para la reducción de costo del almacenamiento mediante baterías

Los sistemas de almacenamiento o electricity storage system (ESS por sus siglas en inglés) brindan importantes ventajas para los sistemas eléctricos en donde las tecnologías variables como la energía solar y eólica ganan participación. Las aplicaciones estacionarias de las baterías permiten profundizar la inserción de las energías renovables, en la medida que permiten acumular energía no consumida en el momento de la generación y estar disponible para cuando se requiera, suavizando así las fluctuaciones de las condiciones climáticas que aparecen durante el día, semanas o incluso meses. Además, brindan un mayor grado de flexibilidad a los operadores de la red, garantizando un funcionamiento suave y confiable y/o reacción a los cambios inesperados en la demanda, evitando así daños a los aparatos eléctricos y cortes de suministro. Otra ventaja del storage electricity es que puede reducir las congestiones en la red de transmisión en horas de generación pico y puede aplazar la necesidad de grandes inversiones en infraestructura en este segmento.

Las baterías además juegan un rol importante en la descarbonización de segmentos clave de uso de energía, como en el transporte con la e-movilidad y en el caso de baterías para sistemas domésticos y mini-redes que operan fuera de la red. Estas últimas están emergiendo como parte de la solución para aumentar el acceso a la electricidad, así como proporcionar servicios de estabilidad a mini-redes, mejorando la calidad de la energía y reemplazando sistemas que dependen en gran medida del combustible Diésel.

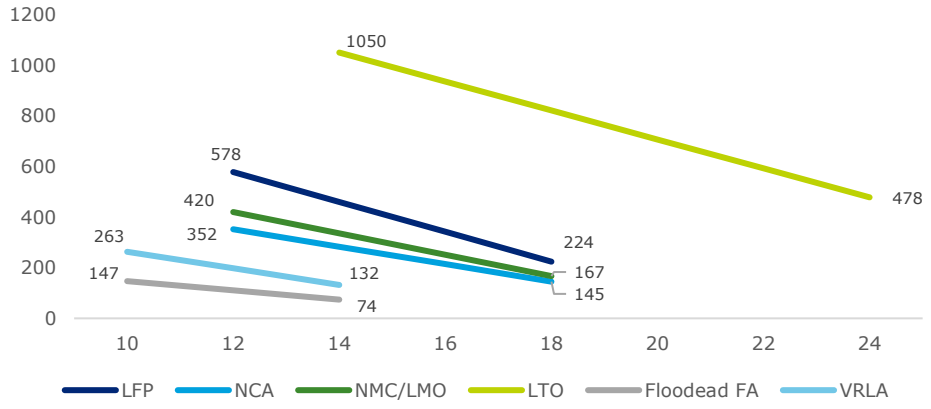
El desarrollo de baterías más eficientes, el aumento de su vida útil y la tendencia hacia una rápida caída en su costo, ubican a esta tecnología en el corazón de la transición energética como una alternativa competitiva, al proporcionar servicios de valor en toda la cadena del sector eléctrico y en los consumidores finales. La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés) en su trabajo "Almacenamiento de electricidad y renovables: costos y mercados hasta 2030" (2017) señala que el costo de las baterías de ion-litio ha caído hasta un 73% entre 2010 y 2016 para aplicaciones de transporte, pudiendo trasladar estos beneficios de mayor escala de fabricación a las baterías para aplicaciones estacionarias, que hoy tienen un costo de instalación más alto debido a ciclos de carga / descarga más sofisticados que requieren sistemas y hardware de administración más costosos.

Se estima que el costo de instalación de baterías de ión de litio para aplicaciones estacionarias podrían disminuir entre 54% y 61% hasta 2030.[23] Esto reflejaría una caída en el costo total de instalación de entre USD 207/kWh y USD 572/kWh, dependiendo de la composición química de las baterías. Como se muestra en el gráfico, las opciones de plomo ácido serán todavía más económicas, pero encuentran un límite a la expansión de su vida útil que las hace menos competitivas.

[23] Ver Figura 22

Figura 22: Proyección de costo y vida útil de baterías seleccionadas por tecnología - Años 2016 y 2030.[i]

(En USD/kWh instalado/almacenado)



Nota (1): Baterías de Iones de Litio (LFP, LTO, NCA y NMC/LMO) y de plomo ácido (Floodead FA y VRLA).
Fuente: análisis Deloitte en base a IRENA.

3.4. La promoción de infraestructuras digitales y redes inteligentes

Análisis del contexto

La red de transmisión de Perú está muy desarrollada en Lima y sus alrededores, mientras que otras regiones menos pobladas no están interconectadas y solo están conectadas por una sola línea al sistema.

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

Es por ello que **el Plan de Transmisión 2021-2030 incluye una seria de proyectos que permitirán impulsar el crecimiento de las energías renovables.**

El Plan de Transmisión tiene dos productos principales, el **Plan Vinculante** y el **Plan de Transmisión de Largo Plazo**. El Plan Vinculante está conformado por proyectos cuya ejecución debe iniciarse dentro de su periodo de vigencia, es decir entre los años 2021 y 2022. El Plan de Transmisión de Largo Plazo está conformado por los proyectos no vinculantes, cuya ejecución podría concluir antes del 2030, pero que requieren ser revisados en los siguientes planes de transmisión.

Por su parte, en lo que respecta al **Plan Vinculante**, el gobierno llevará a cabo inversiones por un total de **USD 981 millones**, que contemplan los siguientes proyectos (de los cuales 5 corresponden a Proyectos de Instalaciones de Transmisión de Conexión en el Horizonte Vinculante):

1. Proyecto Enlace 500 kV Huánuco – Tocache – Celendín – Trujillo, ampliaciones y subestaciones asociadas;
2. Proyecto Enlace 500 kV Celendín – Piura, ampliaciones y subestaciones asociadas;
3. Proyecto Enlace 500 kV San José – Yarabamba, ampliaciones y subestaciones asociadas;
4. Proyecto Ampliación de la Transformación de la SE Montalvo 500/220 kV (2do transformador) y Enlace 220 kV Montalvo – Moquegua (2do Circuito);
5. Proyecto Ampliación de la Transformación de la SE Poroma 500/220 kV (2do transformador);

6. Proyecto Enlace 220 kV Ica – Poroma, ampliaciones y subestaciones asociadas;

7. Proyecto ITC Ampliación de la SE Planicie, ampliaciones y subestaciones asociadas;

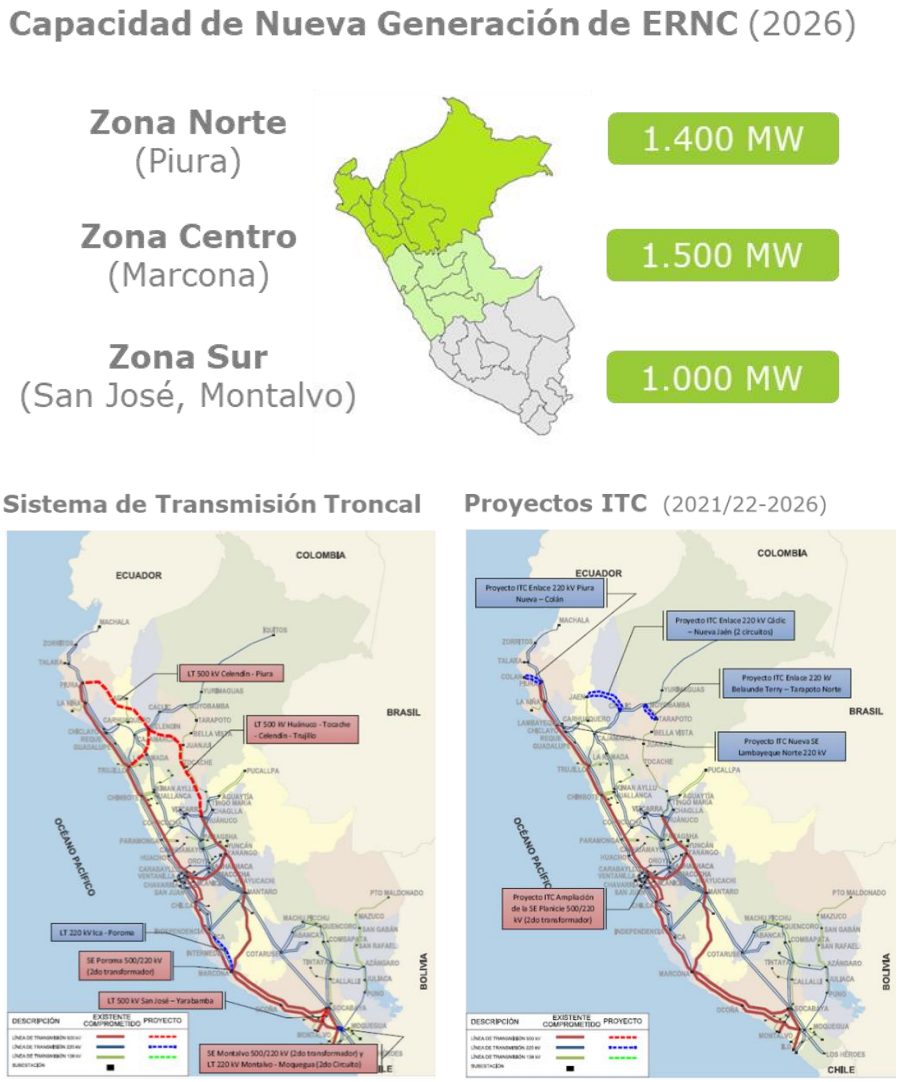
8. Proyecto ITC Enlace 220 kV Piura Nueva – Colán, ampliaciones y subestaciones asociadas;

9. Proyecto ITC SE Lambayeque Norte 220 kV con seccionamiento de la LT 220 kV Chiclayo Oeste – La Niña/Felam, ampliaciones y subestaciones asociadas;

10. Proyecto ITC SE Lambayeque Norte 220 kV con seccionamiento de la LT 220 kV Chiclayo Oeste – La Niña/Felam, ampliaciones y subestaciones asociadas;

11. Proyecto ITC Enlace 220 kV Belaunde Terry – Tarapoto Norte (2 circuitos), ampliaciones y subestaciones asociadas;

Figura 23: Inversiones en capacidad de transporte eléctrico – Plan Vinculante



Por otro lado, en lo que respecta al **Plan de Transmisión de Largo Plazo**, el gobierno llevará a cabo inversiones por un total de **USD 659 millones**, que contemplan los siguientes proyectos:

Plan de Transmisión de Largo Plazo:

1. Proyecto Enlace 500kV Colcabamba - Independencia y SE 500/220 kV Independencia, ampliaciones y subestaciones asociadas;

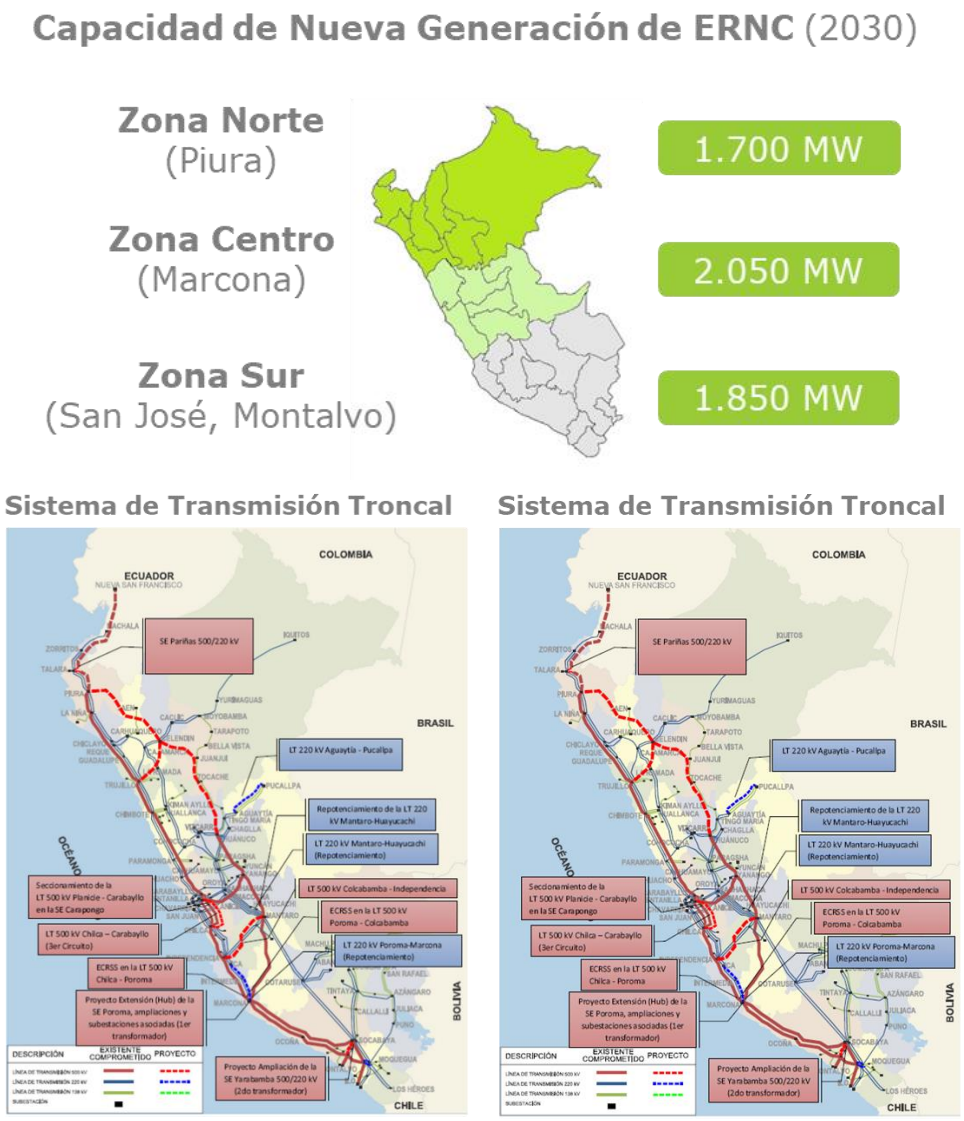
2. Proyecto Enlace 220 kV Aguaytía - Pucallpa, ampliaciones y subestaciones asociadas;

3. Proyecto Ampliación de la Transformación de la SE Yarabamba 500/220 kV (2do transformador);
4. Proyecto Extensión (Hub) de la SE Poroma, ampliaciones y subestaciones asociadas;
5. Repotenciamiento de la LT 220 kV Mantaro-Huayucachi a 250 MVA;
6. Proyecto Enlace 500 kV Chilca – Carabayllo (3er Circuito), ampliaciones y subestaciones asociadas;
7. Proyecto Seccionamiento de la LT 500 kV Planicie - Carabayllo en la SE Carapongo;
8. Proyecto Seccionamiento de la LT 500 kV Piura – Frontera en la SE Pariñas 500/220 kV;
9. Repotenciamiento de la LT 220 kV Poroma-Marcona a 315 MVA;
10. Equipos de Control de Resonancia Subsíncrona (ECRSS) en las LLTT 500 kV Chilca – Poroma y Colcabamba – Poroma;

Proyectos de Instalaciones de Transmisión de Conexión (ITC) de Largo Plazo

11. Proyecto ITC Expansión de Transmisión en 500 kV al Oeste de Lima (1ra etapa), líneas, ampliaciones y subestaciones asociadas;
12. Proyecto ITC Enlace 220 kV Piura Nueva – Sullana Nueva, ampliaciones y subestaciones asociadas.

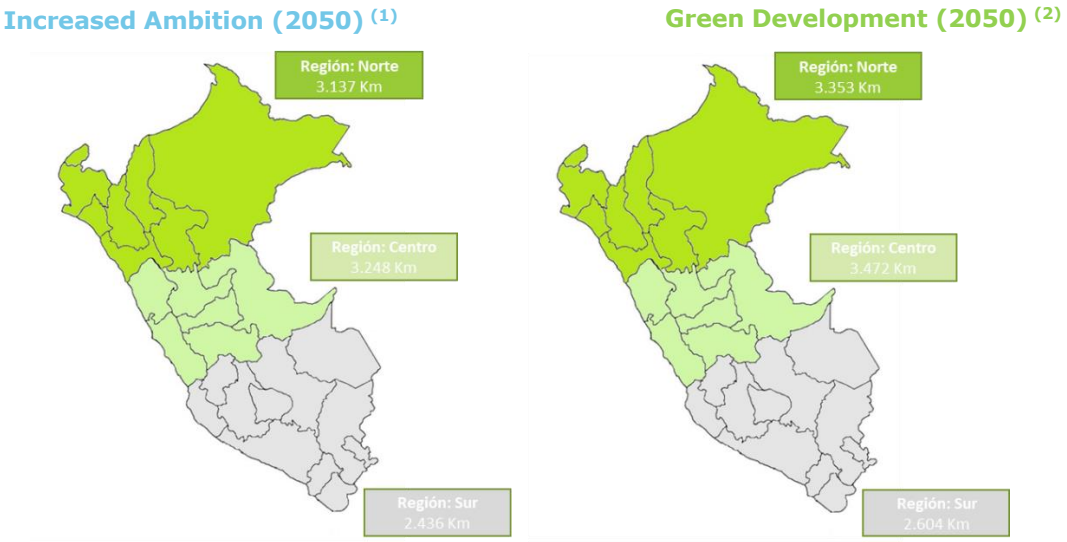
Figura 24: Inversiones en capacidad de transporte eléctrico – Plan de Transmisión de Largo Plazo



La transmisión en el Perú se realiza a través del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y los Sistemas Aislados (S.S.A.A) existentes a lo largo del territorio nacional. Perú tiene una gran parte de su territorio interconectado con líneas de alta tensión, no obstante, aún quedan poblaciones sin interconectar debido a factores tales como la distancia, el estado del territorio, los bajos consumos y los costos, entre otros.

Para lograr los objetivos de electrificación a 2050, es necesario un esfuerzo adicional ya que se requerirá expandir en un total de entre 8.800 km y 9.500 km de líneas de transporte eléctrico, que permitirán despachar entre 7,1 y 7,6 GW de potencia adicional para la descarbonización de Perú.

Figura 25: Inversiones en capacidad de transporte eléctrico



(1) Y (2) La construcción de ambos escenarios a 2050 considera los proyectos indicados en la "Propuesta definitiva de actualización del plan de Transmisión 2021-2030" publicado por COES en Octubre 2020

Fuente: análisis Deloitte.

En lo que respeta a **Interconexiones Internacionales**, se implementará un proyecto que involucra a la línea existente de 220 kV junto con la línea única de 500 kV La Niña - Piura - Pasaje - Chorrillos (parte del proyecto Andino) y mejora la capacidad de transferencia neta entre los dos países hasta 660 MW en ambos sentidos.

Figura 26: Interconexiones Internacionales

Construir un sistema eléctrico más limpio y amplio requerirá inversiones en líneas de transmisión y en capacidad de respaldo firme, que podrían verse reducidas gracias a la interconexión regional. El aumento de la demanda requerirá ampliar la capacidad de transporte eléctrico a lo largo del territorio nacional pero especialmente desde las regiones donde los recursos renovables son más abundantes. Esta inversión reemplaza - en parte - la mayor necesidad de gasoductos en el escenario de referencia. A su vez, la integración regional permite reducir la necesidad de una mayor capacidad de generación destinada únicamente a cubrir los picos de demanda, gracias al aporte de capacidad firme proveniente de países vecinos. Según un estudio del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (CESI)[24] el avance hacia una mayor integración permitiría aumentar la participación renovable en al menos ,5 GW de potencia renovable variable sin necesidad de respaldo, por la mejor diversificación geográfica, y disminuir la necesidad de respaldo térmico en al menos 3 GW de potencia para 2030.

La inversión para la expansión de redes eléctricas (SEIN) proyectada en nuestros escenarios **Increased Ambition** y **Green Development** será de USD 5,5 mil millones y USD 5,9 mil millones respetivamente. Esta nueva infraestructura permitirá brindar soporte a la transmisión de la energía adicional generada a partir de energías renovables no convencionales, la cuál será de +45.364 GWh en el escenario **Increased Ambition** y de +54.559 GWh en el **Green Development**. Esto último, genera un impacto positivo al permitir el aumento de los niveles de electrificación de usos finales y a su vez, apoyando al cambio hacia una nueva matriz verde (brindando apoyo al desarrollo de energías renovables no convencionales), lo que lleva a que estas inversiones tengan un impacto positivo en términos de descarbonización logrando una reducción en las emisiones de GEI de 227,78 millones tnCO2eq en el escenario **Increased Ambition** y de 255,94 millones tnCO2eq en el **Green Development. Si tomamos en consideración el beneficio económico que se genera por evitar dichas emisiones (costo social de carbono), llegamos a que esta infraestructura en redes genera un beneficio neto a valor presente de USD 1,25 MM en el escenario Increased Ambition y de USD 1,42 MM en el Green Development**

Perspectivas

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono.[25] El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

Las nuevas infraestructuras de red en transporte y distribución son claves para impulsar el crecimiento de las energías renovables. En el horizonte 2030, se requerirán nuevas inversiones en las redes eléctricas tanto para permitir el acceso a sitios de alto potencial renovable, y para perseguir una red más interconectada que permita aumentar la confiabilidad del sistema. Para ello, se necesita un número mayor de puntos de conexión disponibles para futuras subastas en programas de desarrollo de energías renovables. Por su parte, en el horizonte de 2050, se espera que la terminación de las redes de las principales áreas urbanas y los nuevos refuerzos en la red aumenten enormemente los sitios potenciales de generación distribuida para energía eólica y solar.

Las nuevas infraestructuras de red en transporte son fundamentales para desarrollar nuevos recursos autóctonos de gas natural. Con la adecuada planificación a largo plazo requerida para estructurar el futuro del sistema energético integral de Perú, y cuando se combine con la generación en el sitio, Perú puede beneficiarse de sus recursos de gas natural y de electricidad (generada a partir de fuentes renovables) simultáneamente. Una adecuada red de transmisión funcionaría como la mejor carretera posible para conducir nueva energía valiosa a los principales centros de consumo. Este modelo de desarrollo para la red proporcionaría beneficios económicos sustanciales debido a las sinergias con las fuentes de energía renovables, y también evitará redundancias y superposiciones financieras en infraestructuras muy demandadas de recursos.

[24] https://www.cesi.it

[25] El análisis de esta sección se sustentó mayormente en un informe de Deloitte realizado previamente: “Hacia la descarbonización de la economía: la contribución de las redes a la transición energética”, 2018. (https://perspectivas.deloitte.com/contribucion-redes-electricas)

La digitalización de la red es el habilitador clave de la transición requerida, que trae beneficios significativos en términos de ahorro en el gasto de energía, eliminación de emisiones de GEI y mejora de la calidad del aire. La transición a 2050 requerirá, entre otras cosas, una inversión en la red eléctrica, tanto en el sector de la transmisión como en el sector de la distribución. Las inversiones requeridas en las redes de distribución permitirán integrar completamente la nueva capacidad renovable, la mayoría de las cuales se conectará a las redes de baja y media tensión, gestionará el desarrollo de la movilidad eléctrica y apoyará la electrificación del consumo en los sectores residencial y de servicios.

Una red eléctrica moderna traerá diversos beneficios para la población y la economía del país. La digitalización de red permitirá a los clientes de servicios públicos administrar y reducir mejor los costos de electricidad, cortes de energía más cortos y menos frecuentes, mejoras en las condiciones de trabajo y seguridad pública. Al mismo tiempo, reforzará el sistema eléctrico, aumentando así la confiabilidad y la capacidad de recuperación del servicio incluso en el caso de condiciones climáticas severas.

El despliegue masivo de medidores inteligentes proporcionará un retorno positivo tanto para el sistema como para los clientes. Los beneficios incluyen la eficiencia energética y la oportunidad para que los usuarios gestionen su demanda de manera activa y cambien los hábitos y renueven la tecnología, lo que brinda una mejor eficiencia.

Los medidores inteligentes pueden ayudar a crear patrones de demanda activos y un sistema más confiable y predecible. Las tarifas hora por hora deben desarrollarse, si no es en tiempo real, para permitir un efecto de aplanamiento de la demanda. Una curva de carga más aplanada requerirá una demanda menor y una demanda menos firme, lo que permitirá una mejor planificación y optimización de la generación. La masificación de los medidores inteligentes será la base para el desarrollo de las redes inteligentes y para la optimización en la planificación de las inversiones en la distribución.

Es recomendable que se otorguen incentivos para las inversiones en la distribución para reconfigurar y modernizar las redes (que son puramente radiales) hacia modelos más resilientes y acordes a la digitalización de esta, que permita para llegar a niveles óptimos de calidad y gestionar de manera eficiente el ingreso de la movilidad eléctrica, la generación distribuida, respuesta a la demanda, optimización de las inversiones, entre otros servicios

3.5. Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales

Fomento de la eficiencia energética

La evolución hacia una matriz energética más limpia en términos de emisiones involucra también la reducción de intensidad energética, que se logra a través de la mejora en eficiencia energética. Todos los sectores de actividad a nivel nacional deberían estar alineados para disminuir el consumo energético del país, y, por ende, las medidas correspondientes han de afectar a cada uno de estos.

La regulación legislativa es una excelente herramienta para lograr impactos fuertes en materia de consumo energético. Hoy el principal instrumento normativo es la ley 27.345 de promoción del uso eficiente de la energía que permite 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. De esta manera, se estableció que el Ministerio de Energía y Minas es la autoridad competente del Estado para la promoción del Uso Eficiente de la Energía (UEE), con atribuciones para:

1) Promover la creación de una cultura orientada al empleo de los recursos energéticos para impulsar el desarrollo sostenible del país buscando un equilibrio entre la conservación del medio ambiente y el desarrollo económico;

2) Promover la mayor transparencia del mercado de la energía, mediante el diagnóstico permanente de la problemática de la eficiencia energética y de la formulación y ejecución de programas, divulgando los procesos, tecnologías y sistemas informativos compatibles con el UEE;

3) Diseñar, auspiciar, coordinar y ejecutar programas y proyectos de cooperación internacional para el desarrollo del UEE;

4) La elaboración y ejecución de planes y programas referenciales de eficiencia energética;

5) Promover la constitución de empresas de servicios energéticos (EMSES), así como la asistencia técnica a instituciones públicas y privadas, y la concertación con organizaciones de consumidores y entidades empresariales;

6) Coordinar con los demás sectores y las entidades públicas y privadas el desarrollo de políticas de uso eficiente de la energía;

7) Promover el consumo eficiente de energéticos en zonas aisladas y remotas.

Además, introducir conceptos de Eficiencia Energética en la currícula de la educación formal, tanto en los niveles primarios y secundarios, así como en ambientes técnicos y universitarios afines, incorporar sistemas de gestión de la energía en empresas, generar regulación específica en construcciones y difundir nuevos procesos industriales, son solo algunas de las cuestiones que debería tratar la ley, en pos de alentar un cambio de paradigma en la conducta de la población y las empresas. El desarrollo de actuaciones dirigidas a realizar procesos de forma más eficiente, o simplemente no desperdiciar energía en consumos innecesarios, son maneras mediante las cuales, tanto el usuario con capacidad de gestión como el pequeño usuario, pueden colaborar en el aumento de eficiencia.

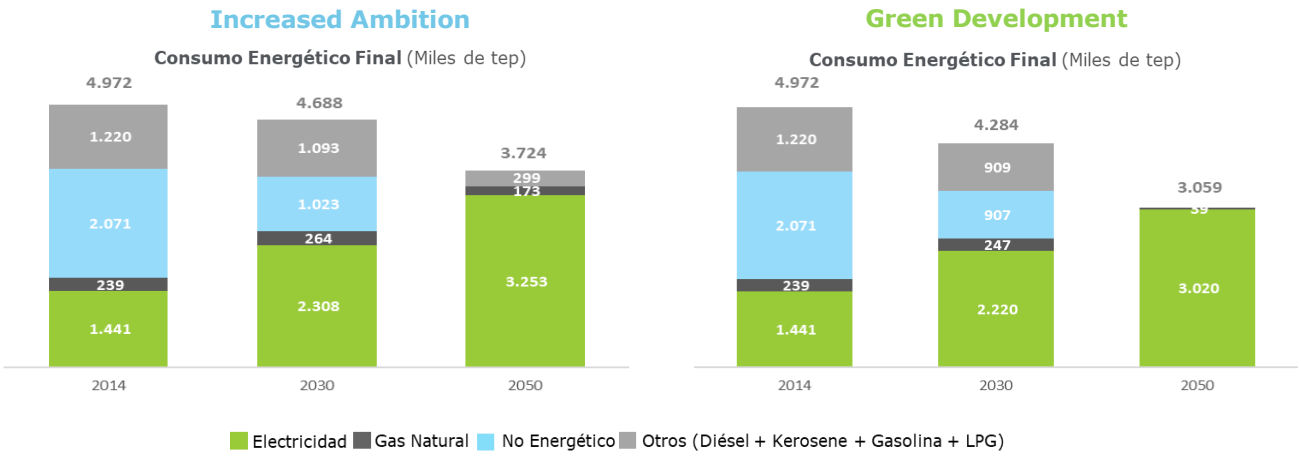
Rumbo a una mayor electrificación en los usos finales

En 2050 sería necesario alcanzar un nivel de electrificación del 41% sobre el consumo total de energía final en el escenario Increased Ambition, y del 62% en el Green Development. De la misma manera, el consumo de gas natural debería representar el 5% en el escenario **Increased Ambition** y reducir su participación hasta el 4% en el **Green Development**, del total del consumo de energía final, frente a un nivel actual de gasificación del 11%. Esto representa una reducción del 2,17% y 2,77% anual, como resultado del traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas.

3.5.1. Electrificación de los sectores residencial, comercial y público

En el año 2014 (año base), el sector residencial, comercial y público, era responsable de la emisión de 4,3 MtCO2 equivalentes (un 2,6% de las emisiones totales de Perú en aquel entonces), explicado principalmente por el consumo de energía para usos térmicos.[26] El consumo eléctrico en el sector residencial, comercial y de servicios públicos necesitaría aumentar hasta situarse en el 87% (escenario **Increased Ambition**) y en el 99% (para el caso del escenario **Green Development**) del consumo energético total en dichos sectores, y el consumo de gas tendría que reducirse en términos de participación porcentual hasta el 5% bajo los supuestos del escenario **Increased Ambition** y reducirse hasta el 2% en el escenario **Green Development**, como consecuencia de las políticas más agresivas en términos de electrificación y eficientización.

Figura 27: Consumo energético final – sectores residencial, comercial y público (Miles de tep)



Fuente: análisis Deloitte.

[26] Fuente: Elaboración Propia. El modelo para el año base se alimenta de datos del Balance Energético Nacional (BEN).

Para alcanzar esta penetración desde los valores actuales, el consumidor residencial, así como el Estado para sus edificios e instalaciones públicas, necesitarán invertir en nuevos equipos para usos térmicos, en cocinas eléctricas y en artefactos con un mayor nivel de eficiencia que pudieran aparecer en el mercado en años venideros. La adopción de una energía u otra vendrá derivada de la competitividad en costos de las distintas soluciones tecnológicas disponibles y de la reglamentación aplicable, incluida la que incentive unas menores emisiones en estos consumos.

CUADRO 3. Refrigeradores

Los aparatos de refrigeración y frío son tecnologías maduras cuyo mercado ha alcanzado el nivel de saturación en los países más desarrollados, con tasas de penetración de casi el 100%.[27]

El mercado de hoy se caracteriza por una disminución significativa en el tamaño del congelador, con un aumento de refrigeradores combinados. Los dispositivos de refrigeración comercial (gabinetes de servicio y de explosión, cámaras frigoríficas, unidades de condensación empaquetadas, enfriadores de procesos) se utilizan en restaurantes, hoteles, pubs, cafés, supermercados y en procesos industriales. En algunos tipos de edificios comerciales (por ejemplo, supermercados), la refrigeración representa hasta el 50% del consumo de energía del edificio[28][29]. Todos estos dispositivos incluyen compresores, válvulas de expansión, condensadores y evaporadores, ventiladores de evaporador y fluidos de proceso apropiados. En lo que respecta al fluido del proceso, en las últimas décadas del siglo XX, los gases a base de freón, CFC y HCFC se han utilizado ampliamente porque son eficientes, estables y seguros. Sin embargo, las regulaciones para proteger la capa de ozono atmosférica han llevado a la eliminación gradual de la mayoría de estos gases, y se han desarrollado gases de hidrofluorocarbono (HFC) alternativos y se utilizan actualmente. Los fluidos con un potencial de calentamiento global más pequeño están actualmente en desarrollo. La demanda de energía para los aparatos de frío puede reducirse mediante mejoras de eficiencia, como el aislamiento térmico por vacío y las espumas de poliuretano, los descongeladores adaptativos, los intercambiadores de calor, compresores y ventiladores más eficientes y el control electrónico.

En términos de eficiencia, nuestro modelo proyecta una tasa de eficientización del 5-27% para 2030 y del 15-61% para 2050.

CUADRO 4. Iluminación

La iluminación representa aproximadamente el 19% de toda la electricidad generada en todo el mundo. El consumo de energía de iluminación puede reducirse mediante mejoras en la eficiencia energética de los sistemas de iluminación, que se componen de lámparas, luminarias y balastos. (Este último para lámparas de descarga). Las mejoras clave de eficiencia están asociadas con la elección de la lámpara. Los principales tipos de lámparas utilizadas en el sector doméstico incluyen las tradicionales (ineficientes) lámparas incandescentes de filamento de tungsteno (servicio de iluminación general, GLS), lámparas halógenas (HL), las lámparas fluorescentes compactas más eficientes (CFL) y luminarias con tecnología LED.

En nuestro modelo, en el escenario **Increased Ambition**, se proyecta un reemplazo del 85% de luminarias tradicionales a luminarias de tecnologías LED a 2030, mientras que a 2050 se espera un remplazo total. Por su parte, en el escenario **Green Development**, se da un remplazo total a 2030.

Nuestro modelo considera además que estas tecnologías aún tienen potencial de mejora, con lo que podemos establecer una tasa de eficientización del 20-22% para el año 2030 y del 45-50% a 2050.

[27] IEA, Key World Energy Statistics
[28] IEA, Cool Appliances: Policy Strategies for Energy Efficient Homes
[29] Cold appliances data, ODYSSEE

CUADRO 5. Cocinas

En los países desarrollados, los aparatos de cocción son tecnologías maduras con una penetración de mercado muy alta.

Por su parte, en las economías en desarrollo, la energía para cocinar es un uso final más importante en comparación con las economías desarrolladas: en la India, la cocción representa el 90% del consumo doméstico de energía.[30]

El equipamiento doméstico puede clasificarse ampliamente en hornos, parrillas, fogones y microondas. Al 2014, la tecnología más utilizada en Perú es la cocina GLP, con una participación de mercado del 77,6%, mientras que la participación de las cocinas eléctricas es de tan solo el 1,36% (tendencia que se espera que se revierta en el mediano plazo).[31]

CUADRO 6. Calefacción y refrigeración mediante bombas de calor

Las bombas de calor no son una tecnología nueva y se han utilizado en todo el mundo durante décadas. De hecho, ejemplos de este tipo de tecnología son los aires acondicionados frío-calor. Las bombas de calor proporcionan calefacción y refrigeración de espacios en edificios que utilizan principalmente electricidad como fuente de alimentación principal. El costo de capital de las bombas de calor para la calefacción de espacios podría ser mayor que el costo del equipo de combustión tradicional en algunos casos, sin embargo, el costo de la tecnología está disminuyendo. Si bien las bombas de calor son una tecnología madura, se espera que su eficiencia aumente en 2030 en un 16-17% para la calefacción y refrigeración, y en 2050 en un 38-40%. Se esperan reducciones de costos como consecuencia de las mejoras tecnológicas, la penetración en el mercado y la sinergia con los sistemas de almacenamiento térmico. Los costos de funcionamiento de las bombas de calor son más bajos que el calentamiento del aceite y son comparables al calentamiento por gas, y con la conveniente ventaja de proporcionar también enfriamiento durante las estaciones más cálidas.

Entre las principales ventajas de las bombas de calor está el hecho de que su principio de funcionamiento les permite usar menos cantidad de energía que el calor que proporcionan, lo que les permite alcanzar fácilmente rendimientos estacionales del 200% al 300%, en comparación con un máximo del 100% alcanzable por un Caldera de gas o aceite de primera clase. Las bombas de calor modernas son adecuadas para cualquier condición climática, y esto se ve corroborado por la amplia penetración que tienen las bombas de calor en los mercados del norte y nórdicos. La energía extra recuperada por el proceso sobre la base del 100% cuenta como energía renovable, ya que no se necesita energía primaria adicional para producirla. Con la mezcla eléctrica promedio en América Latina, las bombas de calor emiten menos CO2 que cualquier otro dispositivo de calefacción. Si las bombas de calor se adoptaran ampliamente para aplicaciones de calefacción de agua y espacios en edificios, podrían reducir las emisiones globales de CO2 en 1.250 millones de toneladas en 2050, según la Agencia Internacional de Energía.[32] [33]

CUADRO 7. Sistemas para calentar el agua

En los países desarrollados, se han producido modestas mejoras de eficiencia en el calentamiento del agua en los últimos años. El calentamiento de agua suele ser el tercer uso final de energía doméstica más grande después de la calefacción / refrigeración de espacios y la iluminación. Esta demanda puede ser atendida por sistemas de calentamiento de agua dedicados o por sistemas combinados que también desempeñan un papel de calefacción de espacio primario. [34]

Los sistemas dedicados pueden caracterizarse ampliamente como sistemas de almacenamiento, dispositivos instantáneos o sistemas alternativos, incluidas bombas de calor y sistemas solares. Las

[30] D. K. a. M. R. S.D. Pohekar, Dissemination of cooking energy alterntives in India - a review
[31] Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGHo) - Indec
[32] Buildings roadmap - International Energy Agency
[33] Energy Technology Perspectives - International Energy Agency
[34] IEA ETSAP - Technology Brief R03

divisiones de combustible varían sustancialmente; la mayoría de los países dependen principalmente del gas y la electricidad, aunque el uso de petróleo y biomasa puede ser significativo.

En el sector comercial, el consumo de calefacción de agua contribuye a una menor proporción del consumo total y se concentra en tipos de edificios limitados. El equipo de calentamiento de agua comercial generalmente se amplía en comparación con el equipo doméstico, en términos de potencia y capacidad de almacenamiento o tasa de flujo, con una importante superposición entre los equipos pequeños.

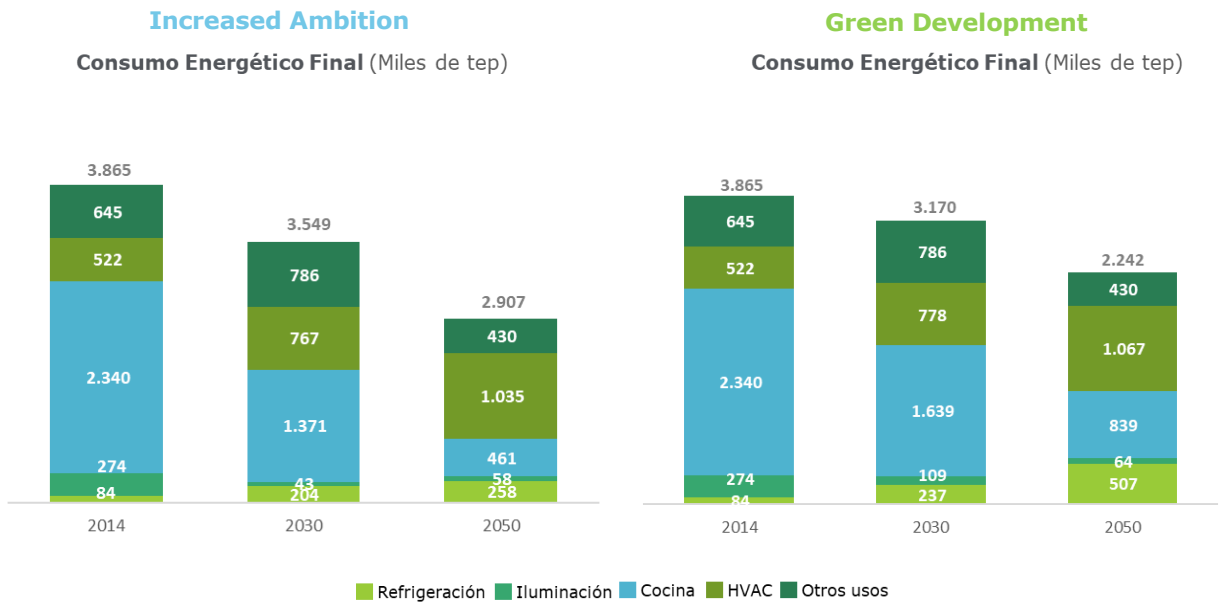
Sector residencial

Según el censo publicado por INEI, en el año 2014 había 8,9 millones de hogares habitados en Perú, y la proyección de población realizada por el mismo organismo espera unos 11,6 millones para 2050.

En el año base, el 41% del total de la demanda energética en los hogares corresponde al uso de la madera como fuente de combustión, el segundo recurso energético más utilizado es la energía eléctrica con una participación del 30%, el tercer lugar es el GLP con un 19%, quedando el 10% restante distribuido entre otros combustibles (principalmente Gas Natural y Biomasa).

Para la construcción de los escenarios se ha considerado el traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas en los principales rubros de demanda energética del hogar: calefacción, ventilación y aires acondicionados (HVAC por sus siglas en inglés), cocina y otros usos (principalmente, calentamiento del agua). A su vez, se espera que la mayor eficiencia de las nuevas tecnologías lleve a un menor consumo energético por dispositivo (mayor en términos absolutos respecto del año base).

Figura 28: Consumo energético final por uso – sector residencial (Miles de tep)



Fuente: análisis Deloitte.

Tasa de traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas

- Refrigeración: La tasa anual de traspaso de tecnologías existentes a tecnologías con mayor nivel de eficiencia proyectada para el escenario **Increased Ambition** es del 0,4% y del 1,7% en el **Green Development**. A su vez, en ambos escenarios hay una penetración adicional del 1,1% de las tecnologías eficientes, dado que se parte de la premisa de que los nuevos hogares que se construyen implementan este tipo de tecnologías. Como resultado de dicho traspaso, la demanda energética en el escenario **Increased Ambition** presenta una reducción del 28,7% respecto del escenario "Business as Usual" (BAU) para el año 2050, mientras que en el escenario **Green Development**, la reducción es del 63,7% respecto del BAU. Por último, en términos de emisiones, cabe destacar que el ahorro de consumo eléctrico permite una reducción indirecta en las emisiones de 0,62 MtCO2eq. en el escenario

Increased Ambition y de 0,93 MtCO2eq. en el escenario **Green Development** con respecto al escenario BAU (2050).

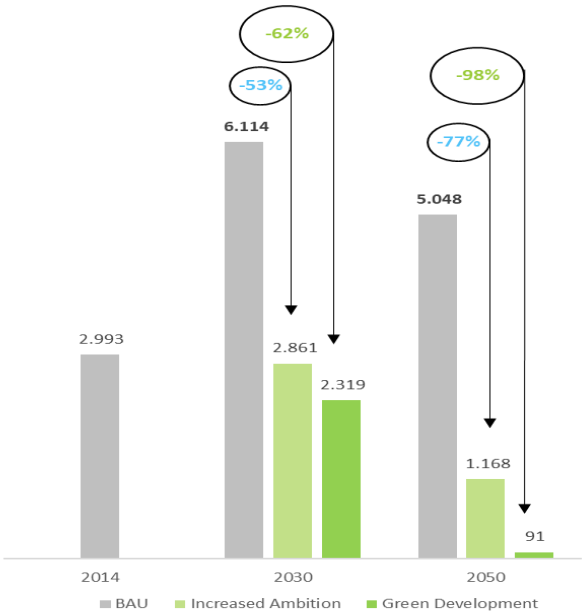
- Iluminación: La construcción de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development** implica el supuesto del traspaso de luminarias tradicionales a luminarias LED. En el escenario **Increased Ambition** la tasa de penetración hasta el año 2030 es del 5,31% mientras que para el período 2030-2050 es del 0,75%. Por su parte, en el escenario **Green Development** la tasa de penetración es del 6,25% anual logrando en 2030 un remplazo total de las luminarias. Esto, permitirá un menor consumo energético (-28% respecto del BAU en el escenario **Increased Ambition** a 2050 y -34% en el **Green Development**) y menores emisiones indirectas (una reducción de 0,08 MtCO2eq. a 2050 con respecto al BAU en el escenario **Increased Ambition** y de 0,1 MtCO2eq. en el **Green Development**) como consecuencia de la baja en el consumo de electricidad.

- Cocinas: Las medidas de mitigación contempladas para la construcción de los escenarios tiene que ver con el traspaso de cocinas tradicionales a cocinas eléctricas. En este sentido, se proyecta un incremento anual de la participación de cocinas eléctricas del 1,8% en el escenario **Increased Ambition** y del 2,6% en el **Green Development**. Como resultado de dicho traspaso, la demanda energética en el escenario **Increased Ambition** presenta una reducción del 64% respecto del escenario BAU para el año 2050, mientras que en el escenario **Green Development**, la reducción es del 80% respecto del BAU. Por último, en términos de emisiones, cabe destacar que el remplazo por cocinas eléctricas permite una reducción en las emisiones directas de 3,32 MtCO2eq. en el escenario **Increased Ambition** y de 4,38 MtCO2eq. en el escenario **Green Development** con respecto al escenario BAU (2050).

- HVAC: Si bien para lo que son los sistemas HVAC actualmente en Perú ya se cuenta con una alta tasa de electrificación, las medidas apuntan a un remplazo total de las tecnologías no eléctricas por eléctricas (dominando las bombas de calor). Para cumplir con esta meta, se espera una tasa anual de traspaso del 0,1% en ambos escenarios. Como resultado de estas medidas, se espera una reducción en la demanda energética respecto del escenario BAU del 24% en el escenario **Increased Ambition** y del 26% en el **Green Development** para el año 2050.

- Otros usos: Este rubro se refiere principalmente a aquellos dispositivos utilizados para calentar el agua en los hogares, por lo que las medidas a considerar para la construcción de escenarios tienen que ver con el traspaso de calefones a gas por termo tanques de encendido eléctrico. Con respecto a la participación en el total de hogares, se espera que las tecnologías eléctricas tengan una tasa de incremento del 1,1% en ambos escenarios. Esto dará como resultado una reducción tanto en la demanda energética del 77% en ambos escenarios con respecto a la demanda energética del escenario BAU en el año 2050, como en el total de emisiones directas (97% en el escenario **Increased Ambition** comparado con la proyección para el año 2050 del escenario BAU, y 100% en el **Green Development**).

Figura 29: Emisiones directas – sector residencial (Miles tCO2 eq.)



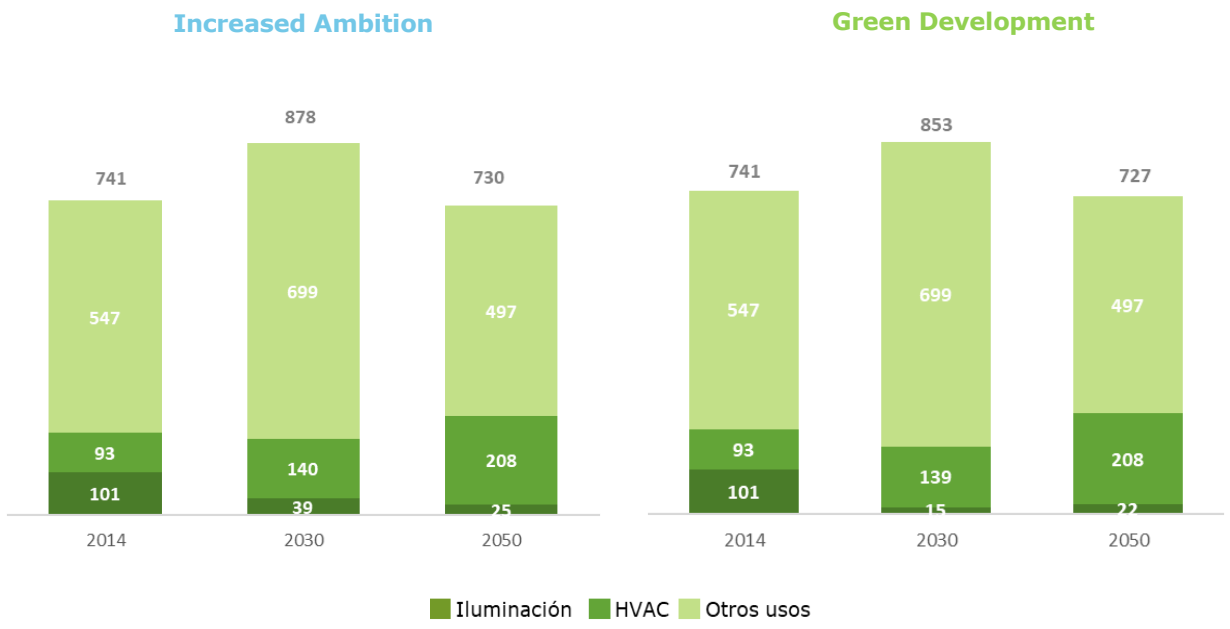
Fuente: análisis Deloitte.

Sector comercial

En línea con últimos censos e informes publicados[35], en 2014 se registraban 879.609 comercios en Perú. Si tomamos para la proyección la tasa de crecimiento del PBI[36], en 2050 la cantidad de comercios debería ascender a aproximadamente 4 millones.

De la misma manera que en el sector residencial, se espera que los nuevos locales construidos estén adaptados para la utilización de artefactos eléctricos. A su vez, se estima un traspaso gradual de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas a medida que estas últimas consigan mayores niveles de eficiencia.

Figura 30: Consumo energético final – sector comercial (Miles de tep)



Fuente: análisis Deloitte.

Tasa de traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas

- Iluminación: La construcción de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development** implica el supuesto del traspaso de luminarias tradicionales a luminarias LED. En el escenario **Increased Ambition** la tasa de penetración hasta el año 2030 es del 5,31% mientras que para el período 2030-2050 es del 0,75%. Por su parte, en el escenario **Green Development** la tasa de penetración es del 6,25% anual logrando en 2030 un remplazo total de las luminarias. La aplicación de esta medida permitirá un menor consumo energético (-88% respecto del BAU en el escenario **Increased Ambition** a 2050 y -89% en el **Green Development**) y menores emisiones indirectas (una reducción de 0,3 MtCO2eq. a 2050 con respecto al BAU en el escenario **Increased Ambition** y de 0,31 MtCO2eq. en el **Green Development**) como consecuencia de la baja en el consumo de electricidad.

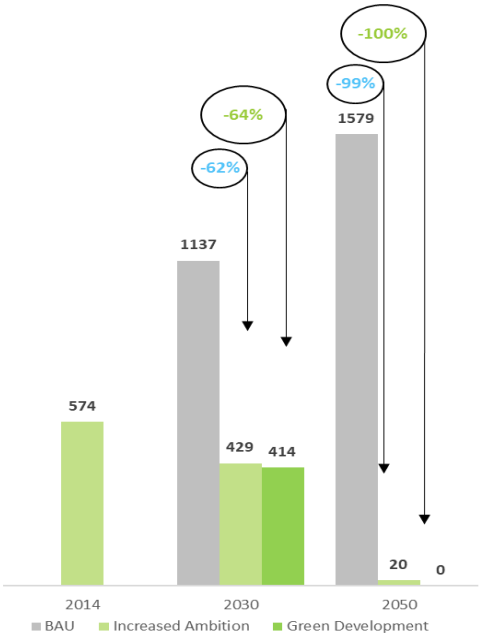
- HVAC: Las medidas en este rubro tienen que ver con el traspaso de sistemas de calefacción actuales a tecnologías eléctricas (al igual que en el sector residencial). En este sentido, se espera una tasa anual de penetración del 0,1% en el escenario **Increased Ambition** y del 0,1% en el **Green Development**. Como resultado de estas medidas, se espera una reducción en la demanda energética respecto del escenario BAU del 23,5% en el escenario **Increased Ambition** y del 23,6% en el **Green Development** para el año 2050.

- Otros usos: Este rubro se refiere principalmente a artefactos que no son comunes a todos los tipos de comercios (por ejemplo: artefactos de cocina, calefones y termo tanques en locales gastronómicos y equipos de computación en oficinas de atención al público). Las medidas de mitigación se enfocan principalmente en la eficientización de las tecnologías que componen este rubro, aunque incluye también medidas de electrificación en los artefactos que así lo permiten (por ejemplo: remplazo de

[35] Perú: características económicas y financieras de las empresas comerciales (ejercicio económico 2014) - INEI
[36] Estimaciones propias en función de proyecciones realizadas por "The Economist Intelligent Unit"

las cocinas a GLP en locales gastronómicos). Esta batería de medidas, permite una reducción de la demanda energética respecto del escenario BAU del 80% en ambos escenarios para el año 2050 y menores emisiones directas (una reducción de 1,56 MtCO2eq. a 2050 con respecto al BAU en el escenario **Increased Ambition** y de 1,58 MtCO2eq. en el **Green Development**)

Figura 31: Emisiones directas – sector comercial (Miles tCO2 eq.)



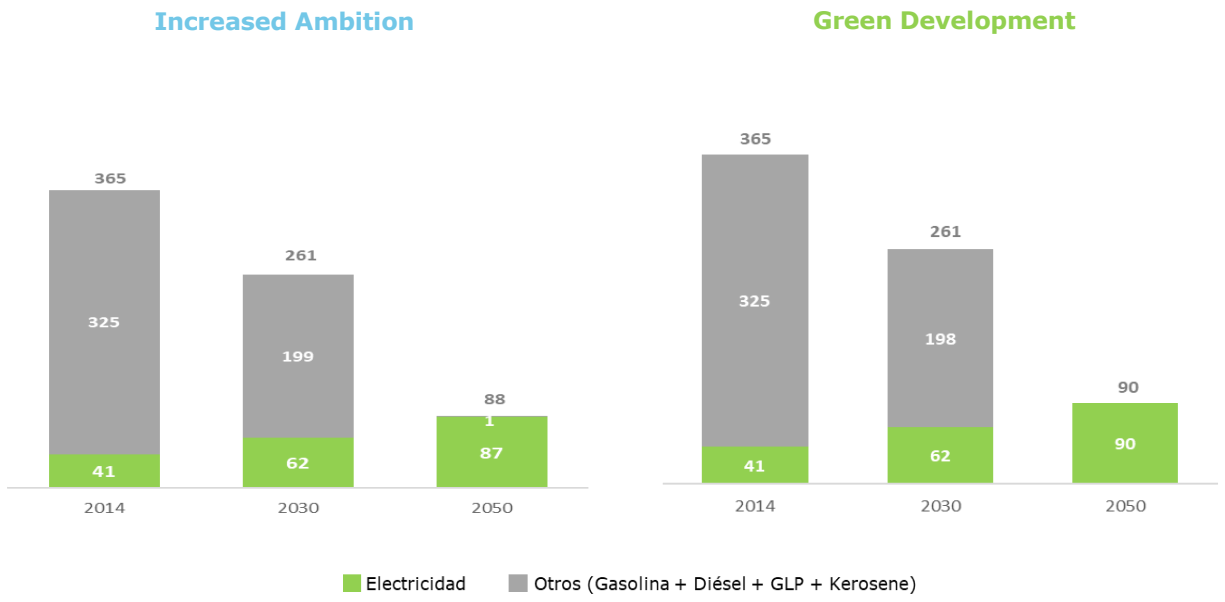
Sector público

Se espera que, con el transcurso de los años, los edificios (tales como colegios y hospitales) de carácter público que se inauguren se encuentren adaptados para la utilización de artefactos eléctricos. A su vez, los establecimientos públicos existentes reemplazarán paulatinamente los artefactos no eléctricos por eléctricos conforme estos últimos se vuelvan más eficientes.

A modo resumen podemos enumerar las siguientes medidas para el rubro de servicios públicos:

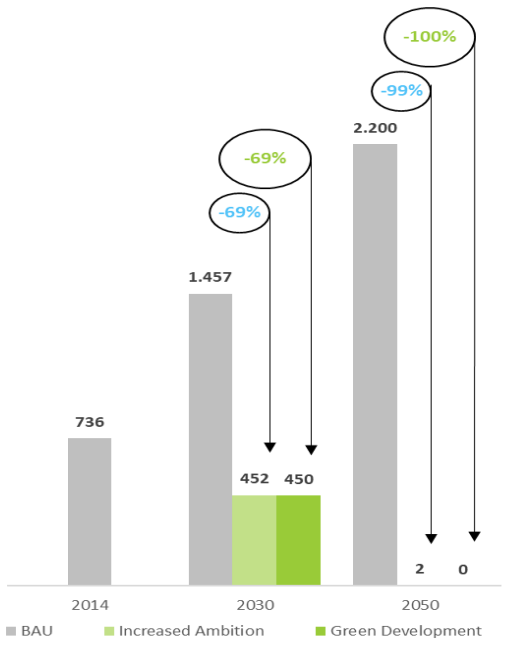
- En lo que respecta a luminarias, el traspaso del 100% de luminarias convencionales a luminarias LED para 2050.
- Traspaso de calefactores de tiro balanceado por bombas de calor, a medida que las tecnologías eléctricas sigan ganando terreno en términos de eficiencia.
- Electrificación de artefactos para el calentamiento del agua.
- Electrificación de cocinas en comedores públicos.

Figura 32: Consumo energético final – sector público (Miles de tep)



Fuente: análisis Deloitte.

Figura 33: Emisiones directas – sector público (Miles tCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

3.5.2. Electrificación del sector agricultura

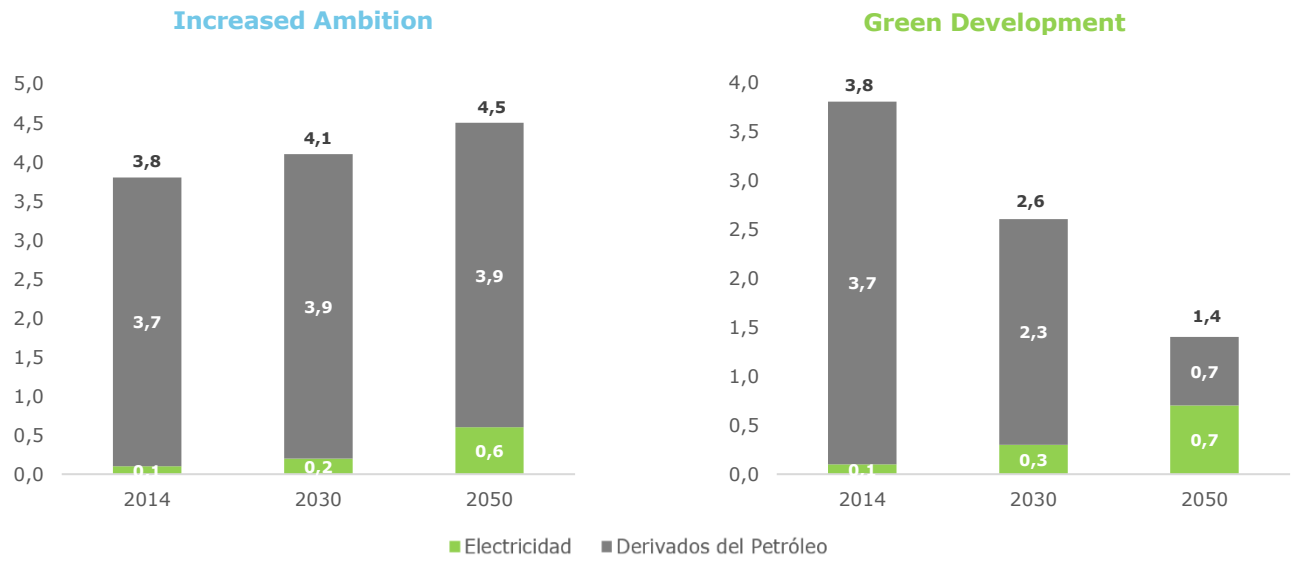
En los próximos 10 años se espera que se produzca una migración tecnológica en la maquinaria agrícola global que provoque cambios de paradigmas productivos, comparables a lo que produjo la irrupción del tractor diésel en las décadas del 50/60 del siglo pasado.[37] Por ello, si bien en Sudamérica el desarrollo de "robots" y/o maquinarias que utilizan baterías de recarga eléctrica o solar (ya

[37] Fuente: "La maquinaria agrícola, innovaciones y tendencias al 2030" - INTA

disponibles en algunos países de Europa) aún se encuentra en etapa de desarrollo y diseño de prototipos, la construcción de los escenarios **Increased Ambition** y **Green Development** contempla la irrupción de este tipo de tecnologías de forma paulatina para el período 2014-2050.

En términos de eficiencia energética, se espera que la electrificación de maquinarias agrícolas genere una reducción del 9% (escenario **Increased Ambition**) / 13% (escenario **Green Development**) en el consumo energético respecto del escenario BAU a 2050.

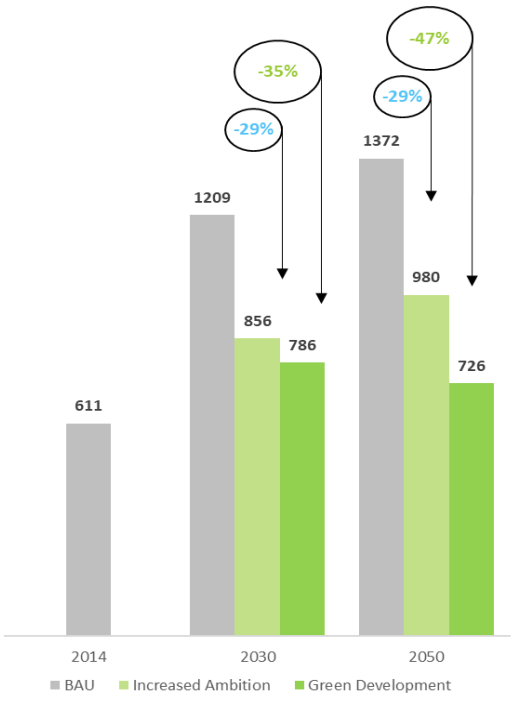
Figura 34: Consumo energético final – sector agricultura (Mtep)



Fuente: análisis Deloitte.

Con respecto a emisiones de gases, se espera una reducción directa de 0,39 MtCO2eq en el escenario **Increased Ambition** y de 0,64 MtCO2eq. en el **Green Development** con respecto a los valores proyectados en el escenario BAU a 2050.

Figura 35: Emisiones directas – sector agricultura (Miles tCO2 eq.)



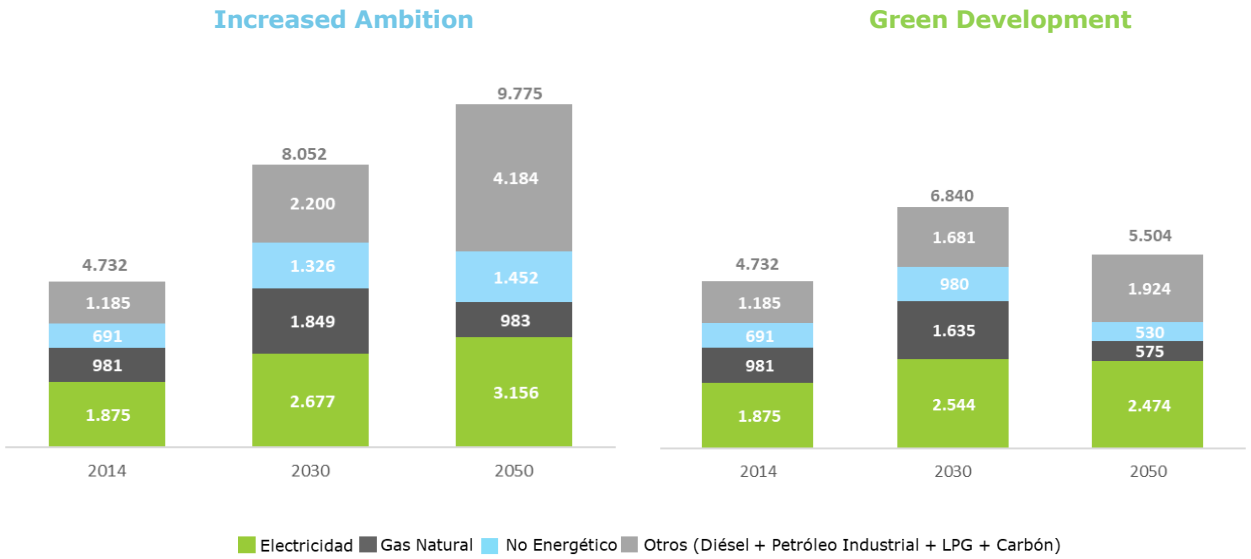
Fuente: análisis Deloitte.

3.5.3. Sustitución de combustibles en el sector industrial

La alta penetración de los combustibles fósiles en el sector industrial permite importantes posibilidades de reducción de emisiones GEI para los horizontes 2030 / 2050 a partir de la sustitución de combustibles. El aprovechamiento de procesos térmicos para la cogeneración eléctrica, la sustitución de combustibles propios de la industria siderúrgica (gas de altos hornos, gas de coquería, etc) por chatarra, una mayor utilización de desechos industriales para generación eléctrica a partir de biomasa, uso de hidrógeno verde en la sustitución de procesos industriales o una mayor electrificación de los procesos a base de generación libre de emisiones, son todas alternativas de fuentes limpias de energía que la industria puede explotar y así disminuir la intensidad de las emisiones generada por su consumo energético. Cabe mencionar, no obstante, que este potencial es menor en relación a otros sectores, donde el gas natural se mantiene como el combustible relevante por su papel en ciertos procesos térmicos donde no es posible otro vector energético con menores emisiones.

La implementación de medidas que tiendan a mejorar la eficiencia energética en la industria permitiría reducir costos sustanciales a las empresas, logrando una optimización del uso de la energía y al mismo tiempo contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. El recambio tecnológico a equipos más eficientes también permitiría lograr avances significativos en materia de intensidad energética y emisiones. Específicamente en el caso peruano, el recambio de equipamiento altamente difundido en las plantas fabriles como motores eléctricos y calderas (antiguos, de uso intensivo y de baja eficiencia media), contribuirían ampliamente en este sentido.

Figura 36: Consumo energético final – sector industrial (Miles de tep)



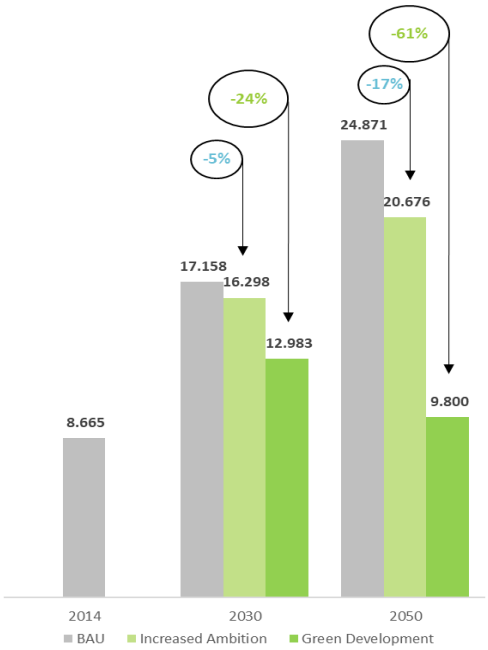
Fuente: análisis Deloitte.

Un exitoso proceso de descarbonización del sector industrial que logre estabilizar las emisiones a medida que la industrialización avanza requeriría la adaptación gradual de los procesos industriales locales a la vanguardia tecnológica a nivel mundial, sobre todo en sectores intensivos en emisiones de GEI. La reconversión tecnológica (incluye sustitución de materia prima) a los nuevos estándares internacionales que incorporan una visión ambiental, permitiría no sólo reducir la intensidad de las emisiones sino estabilizarlas en términos absolutos. Para citar sólo algunos ejemplos, se destaca el caso del Horno de Arco Eléctrico en la industria del hierro y acero; distintas mejoras en el proceso de obtención de aluminio (procesos Hall-Héroult y Bayer); la introducción de materia prima no carbonatada para la obtención de cemento; innovaciones y optimizaciones probadas en los catalizadores de la industria química; la introducción de las tecnologías de Carbon Capture, entre otras innovaciones ya disponibles comercialmente. La tendencia esperada es que los costos de adopción de las distintas tecnologías vayan decreciendo durante la transición.

La implementación de las medidas identificadas para la industria permitiría lograr una reducción de las emisiones totales – por consumo energético y procesos - del 17% y 61% para los escenarios Increased Ambition y Green Development a 2050 respectivamente. Al mismo tiempo se avanzaría

en una industrialización sustentable y achicaría la brecha existente en la intensidad energética de nuestro país con relación a la de los países industrializados.

Figura 37: Emisiones - por consumo energético de la industria (Miles tCO2 eq.)



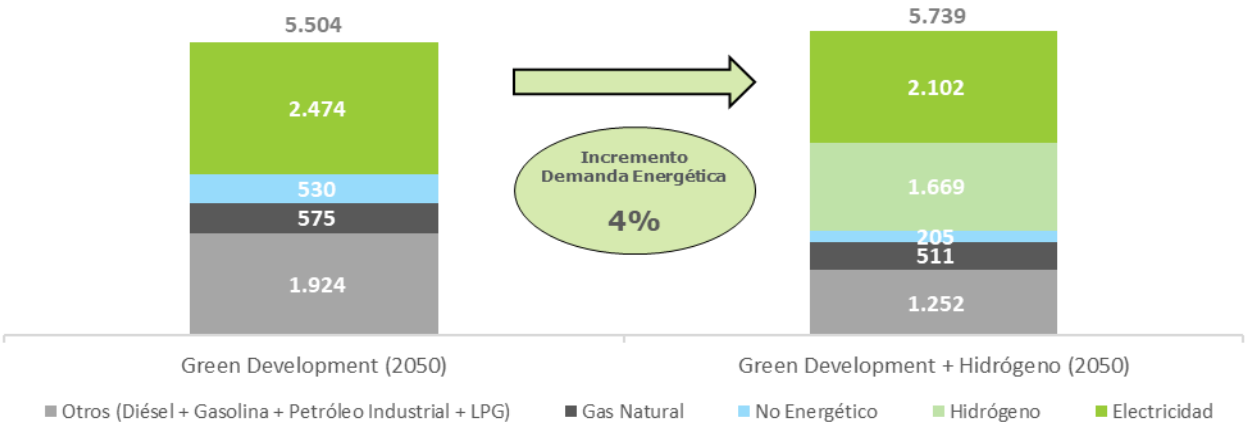
Fuente: análisis Deloitte.

Introducción del hidrógeno verde como fuente de energía limpia

El Hidrógeno verde es la mayor reserva de combustible no contaminante del mundo. Este gas se puede generar a partir de fuentes renovables, almacenarse y ser utilizado, a través de pilas de combustible, para generar electricidad sin contaminar.

El hidrógeno verde puede utilizarse como sustituto del carbón, el petróleo y el gas en una gran variedad de aplicaciones. En nuestro modelo, a modo de sensibilización, hemos incluido el uso del hidrógeno a largo plazo (período 2030-2050), principalmente en la industria química y manufacturera, y, en menor medida, en la industria ligada a la minería. Si bien la introducción del hidrógeno verde genera un impacto ambiental positivo, hemos observado que se generaría un aumento en el consumo energético.

Figura 38: Consumo Energético Final (Miles de tep)

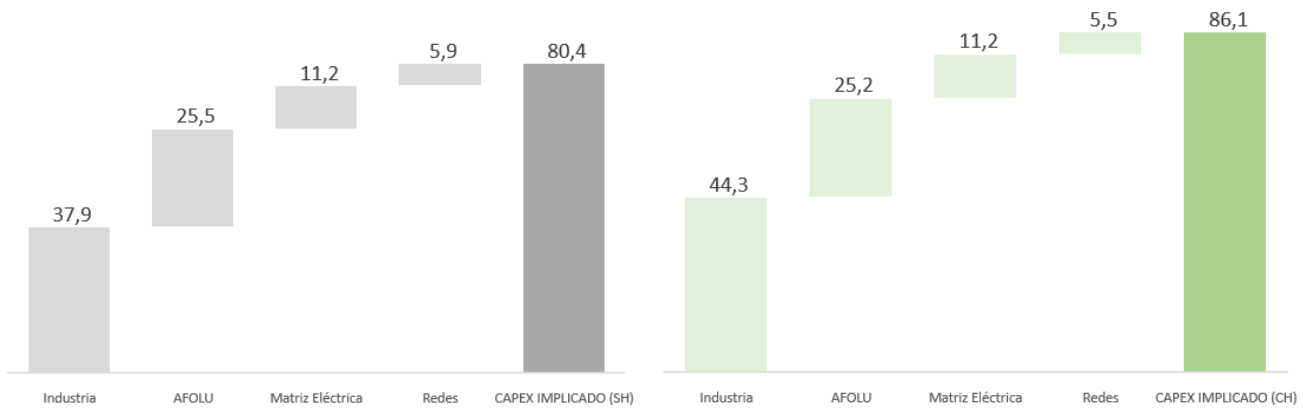


Fuente: análisis Deloitte.

Incluyendo el costo de almacenamiento e infraestructura de tuberías, el costo de entrega de hidrógeno verde podría caer a alrededor de $2 por kilogramo (USD 15 por MMBtu) en 2030 y $1 por kilogramo (USD 7.4 por

MMBtu) en 2050. **Esto permitiría reducir la necesidad de absorción acumulada a través del sector no energético en 5,38 MtCO2eq., aunque implicaría una inversión adicional de USD 5.677 millones.**

Figura 39: CAPEX Totales en Comparación al BAU
(miles de millones de USD)[1]



Fuente: análisis Deloitte.

¿Es entonces factible y realmente beneficiosa la introducción del hidrógeno verde?

Si bien en la actualidad, considerando las tendencias en costos, el hidrógeno verde no pareciera ser una alternativa optima en términos de análisis de costo-beneficio, se espera que en el mediano o largo plazo su competitividad mejore. Su implementación podría resultar factible en los siguientes escenarios:

- Cambios en las tendencias de costos de los sistemas de gestión de la energía y en su proceso productivo;
- Cambios en los costos de electrolizadores, necesarios para el proceso producir hidrógeno verde sobre la base de agua.
- Establecimiento de límites de emisiones y/o penalidades para aquellas industrias más intensivas en la emisión de gases de efecto invernadero
- Insuficiencia de las medidas no energéticas para mitigar las emisiones de GEI y lograr los objetivos propuestos.

3.5.4. Sustitución de combustibles en el sector transporte

Las emisiones de GEI del sector transporte crecen, a nivel internacional, a la mayor tasa desde 1970.[38] Entre las razones se destaca el incremento de la motorización a medida que crece el PBI per cápita. Para mitigar las emisiones potenciales del sector, cuatro líneas de acción son identificadas. En primer lugar, políticas tendientes a reducir la intensidad energética de los vehículos, y en conjunto con estas, medidas que tiendan a restringir la intensidad de carbón por combustible. Una mayor eficiencia, de todas maneras, será insuficiente, por lo que se requiere avanzar a modos de movilización libres de emisiones, como son los vehículos eléctricos y el cambio modal al tren, especialmente para el transporte de carga. Por último, existen oportunidades importantes para incrementar el uso del transporte público, o modificar conductas que promuevan el uso de la bicicleta, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de movilizarse, como puede ser el trabajo remoto.

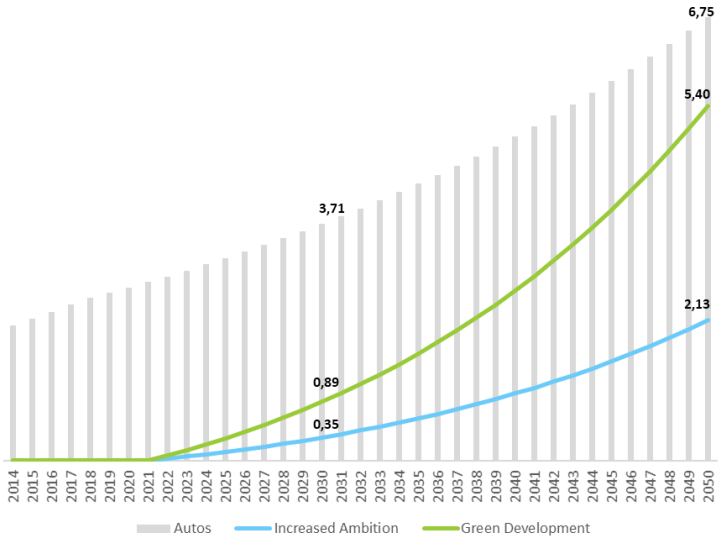
[38] Fuente: IPCC - https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf

El desarrollo del Vehículo Eléctrico a Batería (VEB) es la apuesta más importante para descarbonizar el sector transporte. Habiendo alcanzado ventas a nivel global de 3 millones de unidades, como IEA señala en su informe "Global EV Outlook 2018", el objetivo propuesto por varios países es alcanzar una penetración del 30% para 2030, y de 50% para 2050. El despliegue de una estrategia de alta penetración del VEB requerirá cambios sustanciales en la infraestructura necesaria para su uso.

En un escenario sin incentivos monetarios por parte del Estado, ni restricciones a la circulación de autos con motores de combustión interna, significaría una penetración muy baja del EV en los primeros años. En el escenario **Increased Ambition**, donde la adopción del VEB se lograría a partir de su abaratamiento relativo, se espera una penetración del VEB del 10% para 2030 y 32% para 2050 del total del parque de vehículos privados.

Para lograr una curva acelerada de adopción del VEB debería seguirse una política de promoción del vehículo eléctrico, con incentivos para adoptar la tecnología y restringir la circulación de autos a combustión interna, y en particular promover la electromovilidad en el transporte público de pasajeros, así como el uso de vehículos no motorizados. Como consecuencia, en el escenario **Green Development** se logra una curva acelerada de penetración de mercado alcanzando un 25% de participación de mercado al 2030 y una participación del 80% al 2050. [39] Un mecanismo de súper-créditos que vincule a los productores de automóviles a una determinada cuota de créditos de vehículos cero-emisiones, como los adoptados en China, California y Canadá podría resultar muy efectivo para el incremento de la movilidad sostenible. Otras posibilidades incluyen la introducción de requisitos de instalación de puntos de recarga en edificios nuevos y existentes. Las tasas de penetración en las nuevas ventas del EV privado en los dos escenarios se muestran a continuación.

Figura 40: Electrificación de los vehículos privados (en mill. de automóviles)



Fuente: análisis Deloitte.

Si se analizan las tendencias en el costo nivelado de la energía y en el precio de las baterías, podríamos concluir que, en un futuro cercano, la posibilidad de introducir una nueva tecnología como el VEB en el parque automotor de Perú sería económicamente factible, lo cual permitiría la reconversión de los consumidores frente a una tecnología más competitiva.

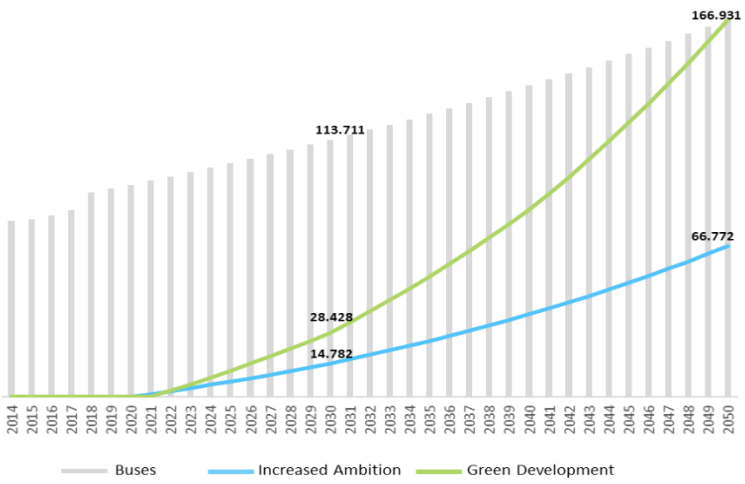
[39] La cantidad de vehículos por habitante aumenta. En 2014 hay 1 auto por cada 15 habitantes, aproximadamente. En 2030 y 2050 el múltiplo pasa a 10 y 6 habitantes por auto, respectivamente.

Figura 41: Vehículos privados (% pasajeros – km.)

Fuente: análisis Deloitte

Tal como mencionamos anteriormente, para lograr una transición eficiente a vehículos privados eléctricos, es necesario en primera instancia promover la electromovilidad en el transporte públicos de pasajeros apuntando principalmente a los buses eléctricos. Es por ello, que en el escenario **Increased Ambition** se logra una tasa de penetración de mercado del 13% al 2030 y una participación del 40% al 2050. Mientras que en el escenario **Green Development**, la tasa de penetración de los buses eléctricos a 2030 es del 25%, mientras que a 2050 se estima la electrificación total del sistema de transporte público por buses. [40]

Figura 42: Electrificación de los buses (en unidades de buses)



[40] Ver figuras 42 y 43.

Fuente: análisis Deloitte

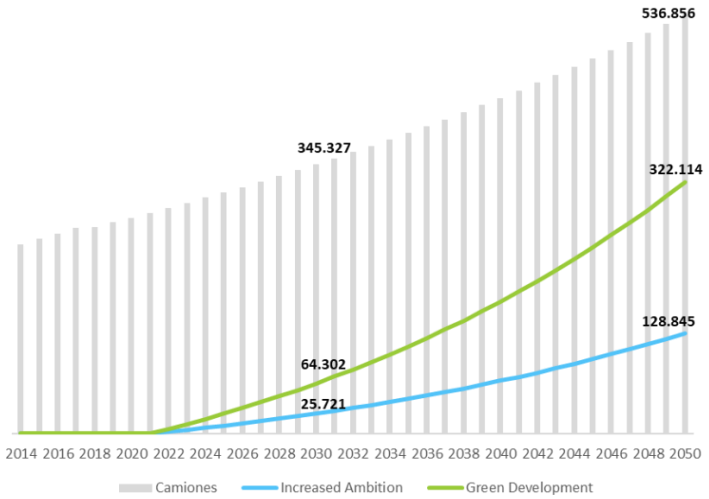
Figura 43: Buses (% Passenger – Km.)

Fuente: análisis Deloitte

Una vez se comienzan a implementarlas medidas en el transporte público de pasajeros y luego consecuentemente en el transporte privado, por último, las mismas comienzan a tener impacto en el sector de transporte de cargas. En lo que respecta a este sector, las medidas apuntan a promover la participación de los camiones eléctricos para el transporte de carga liviana y reducir el uso del diésel como combustible. Es por ello, que en el escenario **Increased Ambition** se logra llegar a una tasa de penetración de mercado del 7% al 2030 y a una participación del 24% al 2050. Mientras que en el escenario **Green Development**, la tasa de penetración de los camiones eléctricos a 2030 es del 19%, mientras que a 2050 es del 60%.

Mediante la electrificación de los vehículos de carga y la adopción de nuevas normas con los mayores estándares de emisiones de C02, Perú obtendrá un impacto sustancial en las emisiones de GEI y una reducción significativa en la flota a combustible. [41]

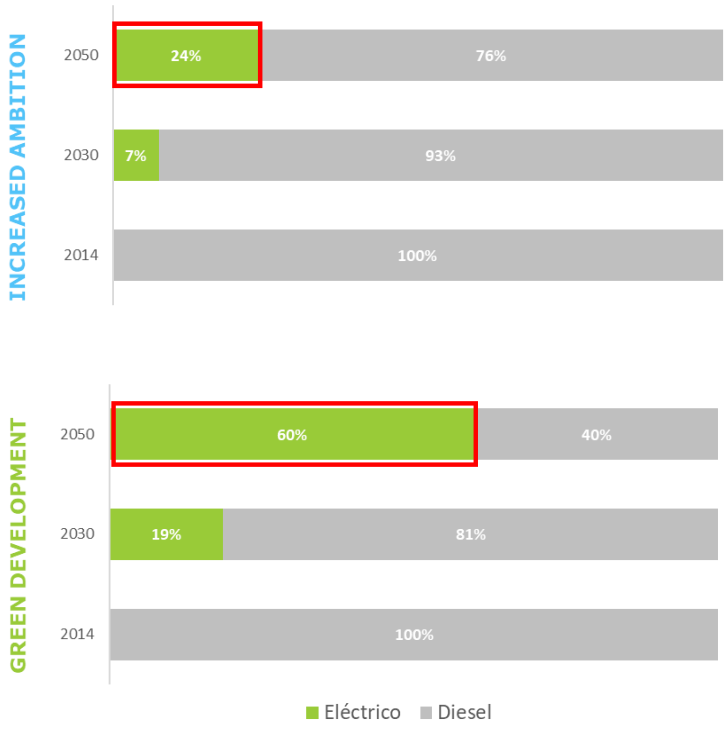
Figura 44: Electrificación de los camiones (en unidades de camiones)



Fuente: análisis Deloitte

[41] Ver figuras 44 y 45.

Figura 45: Transporte de carga liviana (% Passenger – Km.)

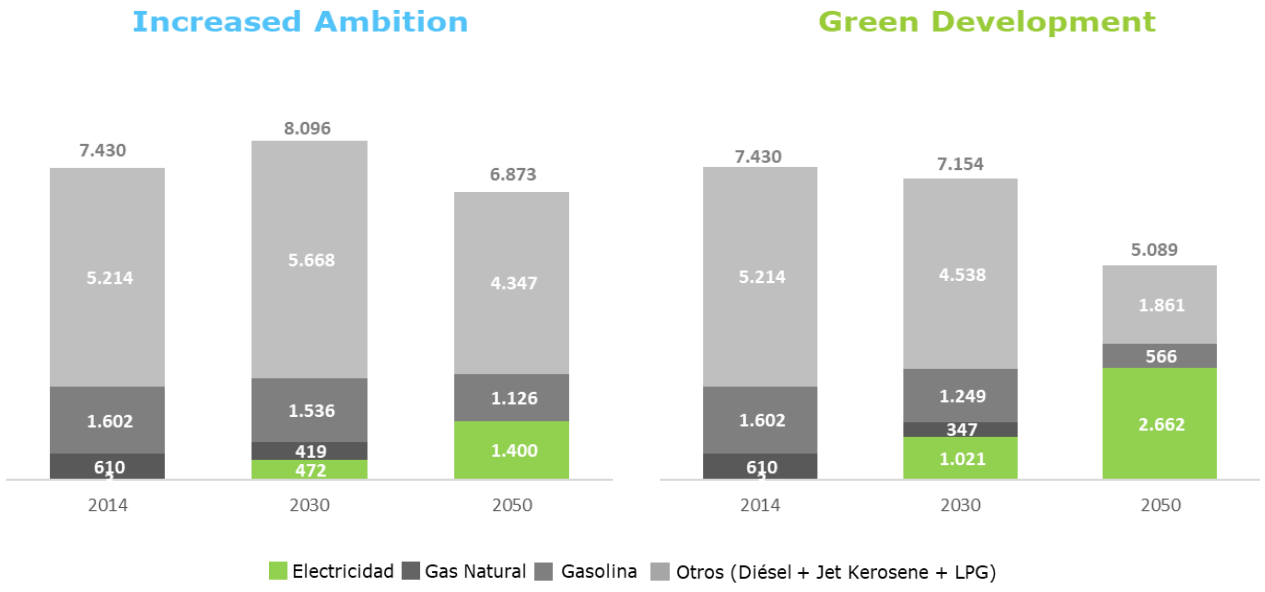


Fuente: análisis Deloitte

Para el sector de transporte de pasajeros y de carga (tanto naval como aéreo), las medidas de mitigación están enfocadas a la eficientización de tecnologías existentes con el fin de lograr una reducción en el consumo de combustibles fósiles.

En suma, todas estas medidas nos permiten reducir la demanda energética en un 20% para el año 2050 (en el escenario **Increased Ambition**) y un con 41% (en el **Green Development**) con respecto al BAU.

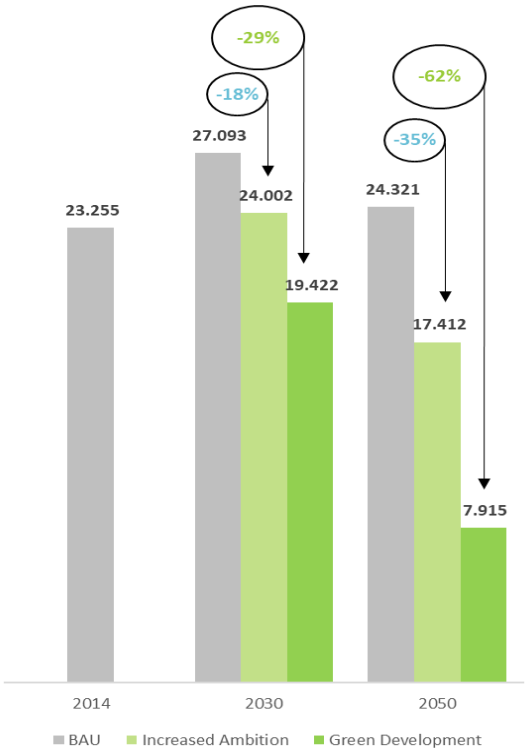
Figura 46: Consumo Energético Final (Miles de tep)



Fuente: análisis Deloitte

Con respecto a las emisiones de gases, se espera una reducción directa de 6,91 MtCO2eq en el escenario **Increased Ambition** y de 16,41 MtCO2eq. en el **Green Development** con respecto a los valores proyectados en el escenario BAU a 2050.

Figura 47: Emisiones de CO2 eq. (Miles tCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte

3.6. Incentivo a modelos de producción sustentable – sector no energético

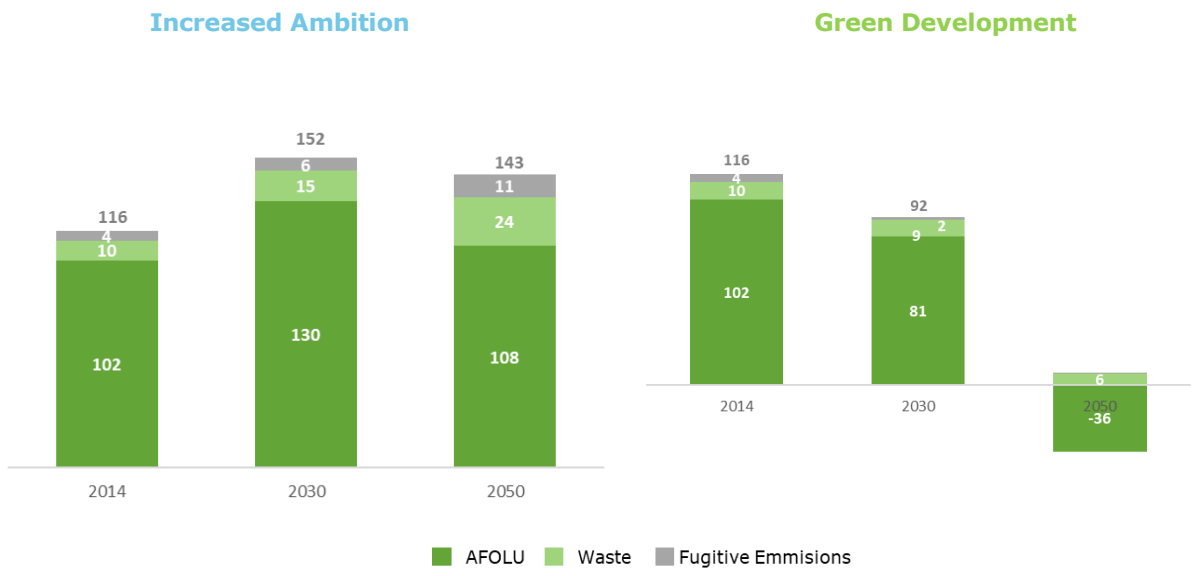
El sector "no energético" comprende las siguientes ramas:

- Ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos
- Tratamiento de residuos
- Emisiones fugitivas

Dado que representa uno de los sectores con mayor volumen de emisiones de gases de efecto invernadero, los escenarios proponen fuertes medidas de mitigación. Mientras que en el escenario BAU, el aumento del nivel de emisiones hacia 2050 es de 114%, el escenario **Increased Ambition** propone disminuciones para que dicho nivel se reduzca un 42%[42] mientras que en el escenario **Green Development**, las medidas disruptivas llegan incluso a logran reducciones del 112% con respecto a los niveles de emisiones del escenario BAU.

[42] Fuente: Elaboración Propia – proyección de emisiones de GEI según modelo. Ver figura 48

Figura 48: Emisiones – sector no energético (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

3.6.1. Sector AFOLU

Ganadería

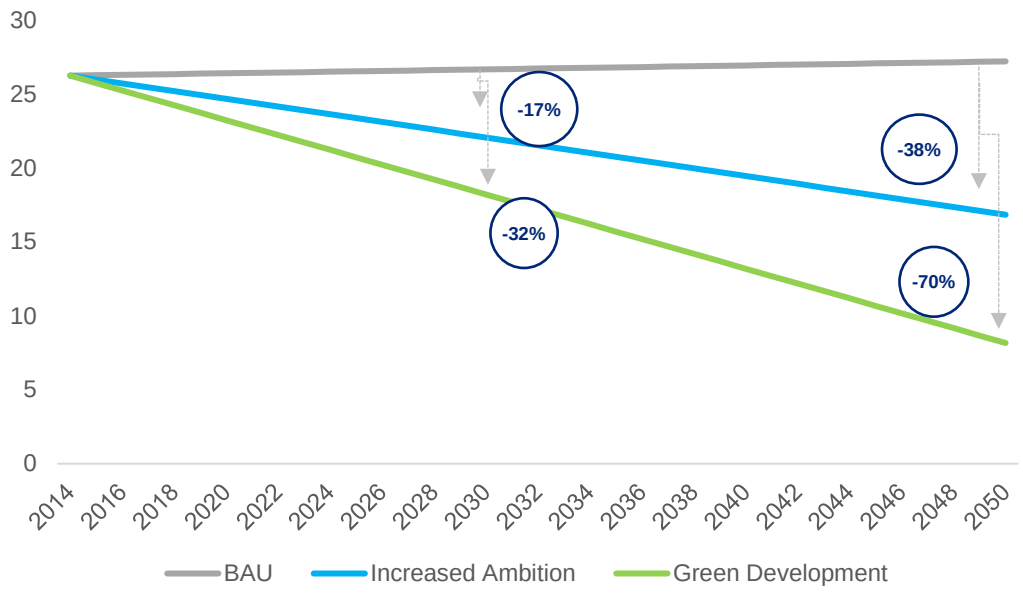
La ganadería en Perú representa cerca del 40% del valor bruto de la producción agropecuaria. Durante la última década, el VBP Agropecuario creció a un ritmo de 4,0% promedio anual, como resultado del dinamismo impuesto por el subsector pecuario (5,4%), más que por el subsector agrícola (3,2%). En el subsector pecuario, el motor de crecimiento fue la producción avícola, que registró una tasa de crecimiento anual de 8,0%. [43] En el año 2014, el sector ganadero fue responsable de la emisión de 26,2 MtCO2 equivalentes (representando un 15,6% del total de emisiones de ese año). Si estos niveles continuaran con la misma tendencia creciente, proyectando hacia 2030 y 2050, los niveles de emisiones se hallarían en torno a los 26,7 y 27,2 MtCO2 equivalentes respectivamente.

Los escenarios proponen mejoras en esta tendencia de aumento del nivel de emisiones, de distinto grado, pero con esfuerzos en distintas palancas a través de diversas medidas en lo que respecta al manejo de la ganadería, que ayudan a lograr resultados más favorables. El escenario **Increased Ambition** muestra reducciones por el 17% y el 38% en 2030 y 2050 respectivamente, con respecto a niveles BAU, mientras que en el escenario **Green Development**, estos niveles pasan a ser de 32% y 70%, mostrando disminuciones aún más agresivas.

Estas reducciones se logran, como se remarcó anteriormente, mediante la implementación de medidas de mitigación de carácter sistémico, ambiciosas y estratégicas, que abarcan al subsector entero. La promoción de buenas prácticas y la mejora de procesos mediante el desarrollo de planes y programas públicos de extensionismo rural es fundamental para lograr estas metas.

[43] "Diagnóstico de crianzas priorizadas para el plan ganadero 2017-2021", Ministerio de Agricultura y Riego Perú

Figura 49: Emisiones - sub-sector ganadería (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

Usos de los suelos

El sector Uso de Suelos, Cambio de Uso de Suelos y Silvicultura (USCUSS) fue responsable de la emisión de 75,3 MtCO2 equivalentes en 2014 (un 45% de las emisiones totales de Perú en aquel entonces)[44].

En caso de no aplicarse medidas que logren mitigar el nivel de emisiones, el sub-sector registraría niveles de 149,2 MtCO2 equivalente en 2030 y 185,6 2050 MtCO2 equivalente en 2050. El escenario **Increased Ambition** propone medidas en torno a la forestación que buscan reducir estos niveles un 27% en 2030 y un 51% en 2050, mientras que el **Green Development**, en línea con estas medidas y también mediante la mejora en pastizales y el mejor uso de tierra para cultivo, propone reducciones de 58% en 2030, mientras que en 2050 se logran absorber las emisiones remanentes del sector y se logra la carbono neutralidad reduciendo un 154% en relación a los niveles del BAU.

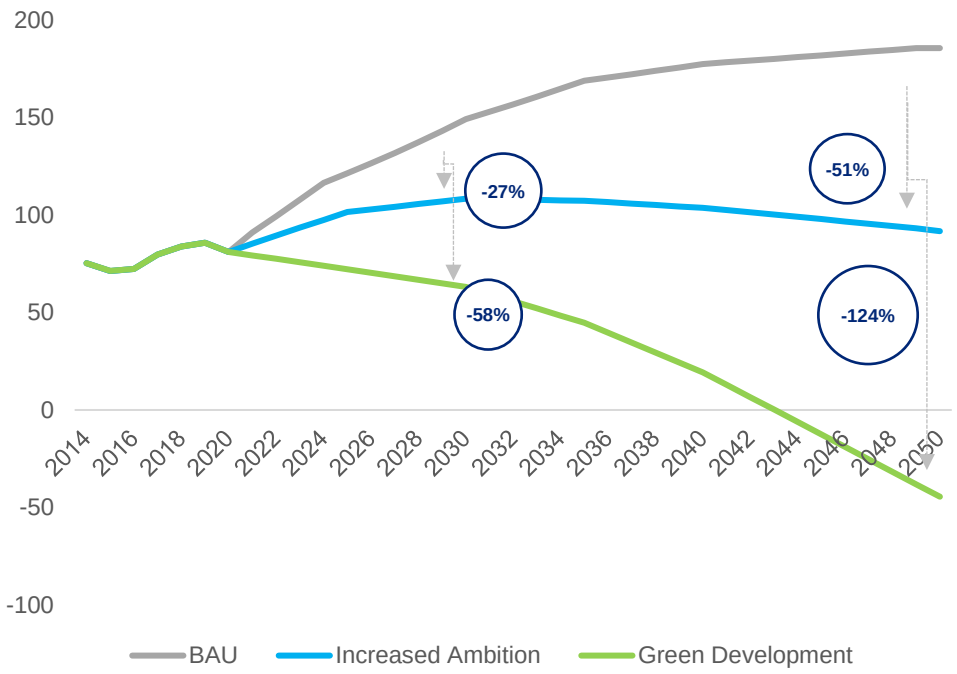
La reducción de la deforestación y la promoción del aumento de la superficie de las plantaciones forestales es fundamental para que lograr las metas.

A continuación, se muestran las medidas a implementar en el sector con el objetivo de alcanzar la carbono-neutralidad de Perú mediante la reducción y absorción de las emisiones de GEI:

- **Manejo de cultivos:** restauración de tierras, manejo silvopastoril, reconversión de cultivos de arroz por cultivos permanentes y asociados, sistemas de secas intermitentes (SICA) en el cultivo de arroz para la disminución de GEI, manejo sostenible de los cultivos permanentes en la Amazonia para la disminución de GEI.
- **Manejo forestal sostenible:** mecanismos de conservación de bosques en comunidades nativas, asignación de derechos de tierras no categorizadas en la Amazonia y mayor intensidad en el escenario **Green Development** mediante el desarrollo de programas de reforestación y agroforestería.
- **Mejora en pastizales.**

[44] Ver Figura 50

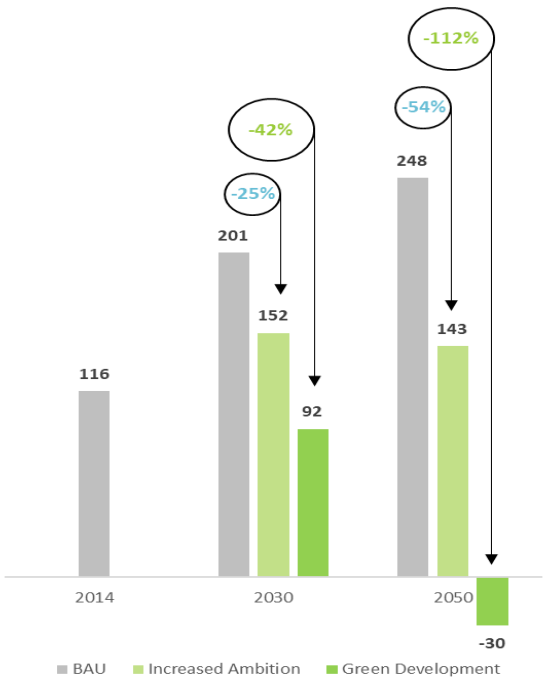
Figura 50: Emisiones - sub-sector otros usos de los suelos (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

La ganadería y el uso de suelos, en conjunto con otras actividades relacionada a la agricultura, componen la totalidad del sector que denominamos AFOLU, que alcanzó niveles de emisiones por 101,6 MtCO2 equivalentes en 2014. El escenario **Increased Ambition** propone reducciones con respecto a los niveles BAU del 26% y 49% para 2030 y 2050 respectivamente, mientras que **Green Development** lleva estos niveles a 54% y 117%.

Figura 51: Emisiones - AFOLU (MtCO2 eq.)



Fuente: análisis Deloitte.

3.6.2. Residuos Sólidos

Las emisiones de GEI del sector residuos ascendieron en 2014 a 9,7 MtCO2eq. (representando un 5,8% del total de emisiones de ese año), compuesto casi en su totalidad de emisiones de metano. La principal fuente de emisión es la subcategoría "Disposición de desperdicios sólidos en tierra" representando el 66,5% de las emisiones del sector, seguido de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" con el 25% y el 8,5% restante proveniente de "Efluentes industriales". [45]

Las medidas de mitigación consideradas en el escenario Increased Ambition podrían reducir las emisiones del sector en un 22% para el 2030 respecto a la línea base (BAU). Las mismas se centran en lo siguiente:

- Recuperación y valorización material y energética de los residuos a través de reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento. Disposición final de los residuos en la infraestructura respectiva a través de la implementación de tecnologías que permitan la reducción de GEI.
    - Construcción de rellenos sanitarios con tecnología semiareobia y con captura y quema centralizada de biogás.
    - Segregación de residuos sólidos orgánicos para su valorización material en plantas de compostaje.
    - Aprovechamiento del biogás generado en rellenos sanitarios para su valorización energética.
- Aumento de la cobertura actual de los servicios de saneamiento, considerando tecnologías que permitan la reducción de emisiones de GEI en las PTAR tales como la u otros sistemas de coberturas, sistemas de instalación de geo membranas tuberías de recolección de gas, digestores para el tratamiento de lodos, quemadores u otras tecnologías.
    - Mejorar el tratamiento de aguas residuales y control de presiones en los servicios de agua potable.
    - Construcción de nuevas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para el cierre de brechas del sector de saneamiento.
    - Cobertura de lagunas anaerobias y quema de metano, e instalación de digestores anaerobios de lodos de PTAR para la captura y quema de metano.
    - Aprovechamiento de aguas residuales tratadas y biosólidos

Por su parte, **en el escenario Green Development se reducen en un 53% en el año 2030 con respecto al escenario BAU.** Las medidas incrementales con relación al escenario anterior es establecer una política de reciclado que permita disminuir la cantidad de residuos anuales por habitante a través de una economía circular, aumentando el esfuerzo de reciclaje a lo largo de toda la cadena económica. **Esto permitiría llevar las emisiones a un mínimo, y alcanzar una reducción del 73% en el 2050 versus el BAU.**

3.6.3. Emisiones Fugitivas

Las Emisiones Fugitivas ascendieron en 2014 a 4,4 MtCO2eq. (representando un 2,6% del total de emisiones de ese año). El sector de producción y transporte de gas es el principal emisor de emisiones de metano. Las mismas se producen como consecuencia de las pérdidas de gas especialmente en transporte, y la quema o venteo de gas en boca de pozo. Los beneficios de disminuir las emisiones no son solo ambientales, pues el costo económico del gas perdido es sustancial.

Dentro de las principales medidas de mitigación se consideran las siguientes:

[45] "Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", Ministerio del Ambiente, Perú

- Captura de gases que permitan la generación de energía eléctrica.
- Sustitución de Clinker para disminuir la relación Clinker/cemento produciendo cementos adicionados.
- Uso de combustibles derivados de residuos como sustituto de combustibles fósiles en los hornos de producción de Clinker.
- Actualización o modificación de los equipos existentes.
- Cambios en prácticas operativas, incluyendo inspección directa y mantenimiento.
- Instalación de nuevo equipamiento.

En el escenario **Increased Ambition** la implementación de las medidas antes descriptas logran atenuar el crecimiento de las emisiones. En el escenario **Green Development** se establecen límites más estrictos y se incorporan norma de terminación de posos que permitiría reducir en un 75% al 2030 y prácticamente la totalidad de emisiones al 2050, alcanzando una reducción del 98% con respecto al escenario BAU.

3.7. Análisis de inversiones y costos en el sistema

Inversiones necesarias durante el periodo 2014-2050

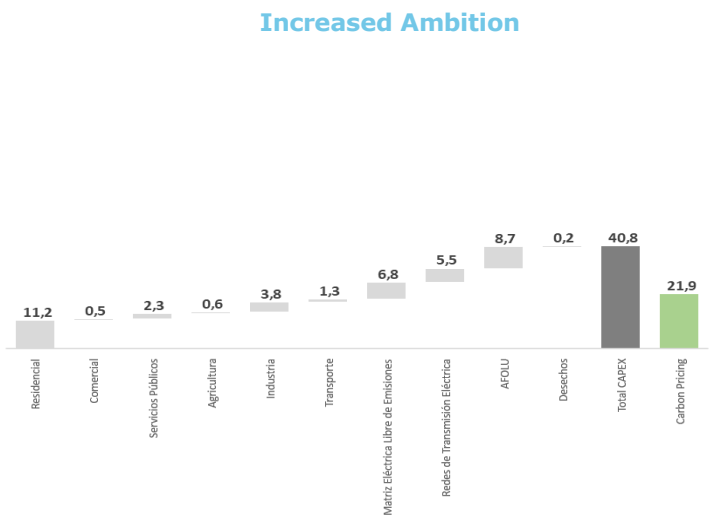
Los cambios planteados en los escenarios requerirán de inversiones incrementales con relación al escenario de referencia, que a valor presente alcanzan USD 40.800 millones y USD 103.400 millones de 2014[46]. Las inversiones abarcan todos los sectores económicos, especialmente la transformación de la matriz eléctrica y los cambios del sector transporte, incluyendo los cambios modales que desarrollen una mayor penetración del tren. Este último junto con la industria muestra que la inversión adicional entre el escenario **Increased Ambition** y **Green Development** es significativo, si se quiere lograr la reducción de emisiones en términos absolutos.

La literatura reciente producida desde distintas organizaciones para la lucha contra el cambio climático, observa en la fijación de precios del carbono, o en los llamados esquemas *Carbon Pricing* que penalizan las emisiones, una poderosa palanca política para apoyar la descarbonización y financiar las inversiones necesarias en la transición, al tiempo que estimulan la competitividad, la creación de empleos y la innovación.[47] En la actualidad, alrededor de 40 gobiernos nacionales y 23 Gobiernos subnacionales han implementado mecanismos de fijación del precio del carbono, con lo que se cubre el 12 % de las emisiones mundiales[48].

De las inversiones totales en cada uno de los escenarios, una parte se logra financiar mediante *Carbon Pricing.* A valores de 2014, hemos estimado que este mecanismo permitiría obtener un fondeo por un total de USD 21.900 millones en el escenario **Increased Ambition** y de USD 78.800 millones en el **Green Development.** De esta manera, las inversiones netas en cada escenario serían de USD 18.900 millones y USD 24.600 millones respectivamente, lo que nos permite concluir que, **con un 23% de inversión adicional, en el escenario más ambicioso se lograría obtener la carbono neutralidad.**

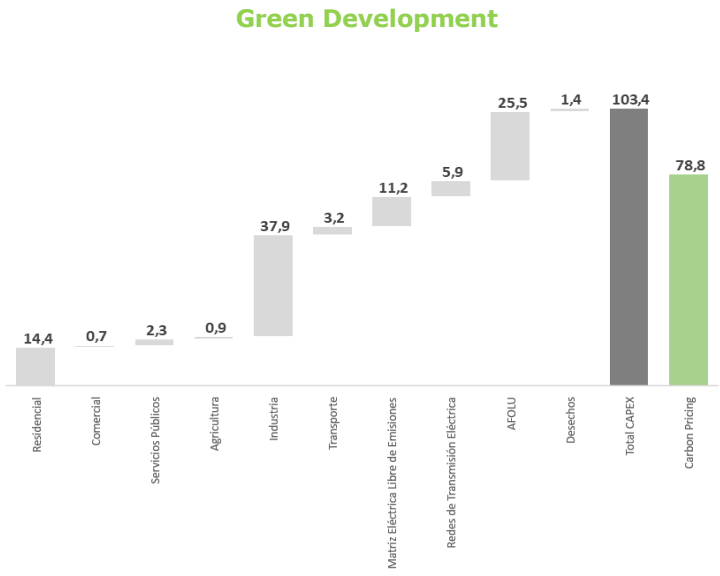
[46] Todos los valores se encuentran descontados a 2014, a la tasa utilizada por los organismos internacionales para países emergentes del 5%.
[47] Fuente: Coalición de Liderazgo para la Fijación del Precio del Carbono (CPLC, por sus siglas en inglés), una alianza mundial puesta en marcha durante las negociaciones sobre el clima en París, con el objetivo de reunir el apoyo público y privado para la fijación del precio del carbono en todo el mundo.
[48] Fuente: CPLC, Año 2016 (https://www.cdp.net/CDPResults/carbon-pricing-in-the-corporate-world.pdf)

Figura 52: CAPEX totales - en comparación al BAU (miles de millones de USD)[1]



Fuente: análisis Deloitte.

Figura 53: CAPEX totales - en comparación al BAU (miles de millones de USD)[1]



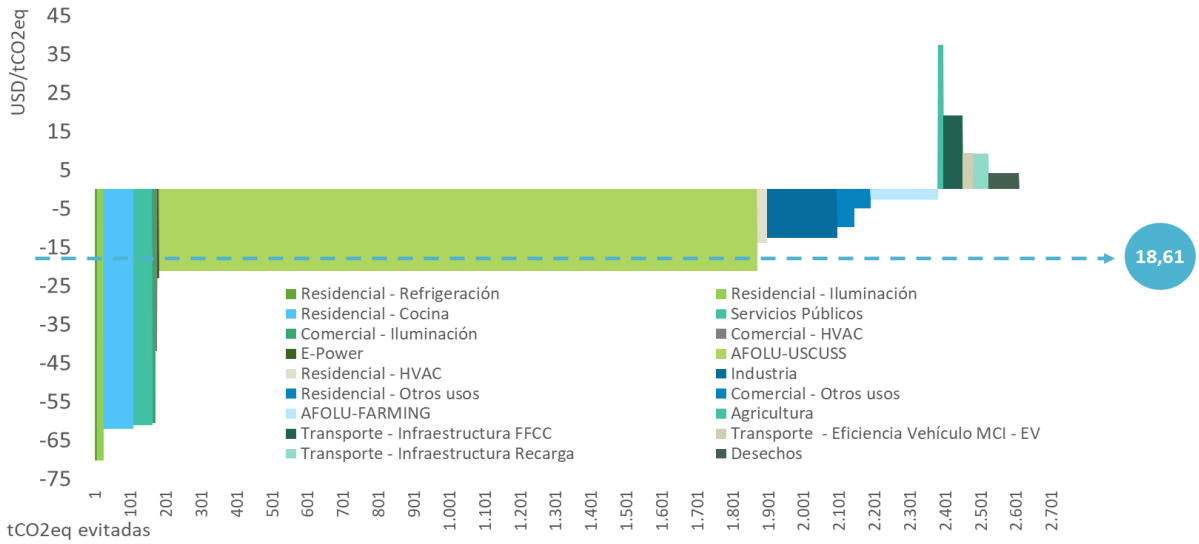
Fuente: análisis Deloitte.

Cuando realizamos un análisis del costo-beneficio por medida de mitigación incluyendo, por un lado, el costo de implementación de los paquetes de medidas y, por otro, el beneficio generado en concepto de costo social de carbono[49], arribamos que el beneficio medio por tonelada de CO_2eq. es de USD 18,61 en el escenario **Increased Ambition** y de USD 6,46 en el escenario **Green Development**.

[49] Por costo social de carbono se entiende al valor económico por la tonelada CO_2eq. adicional de emisiones evitada.

Increased Ambition

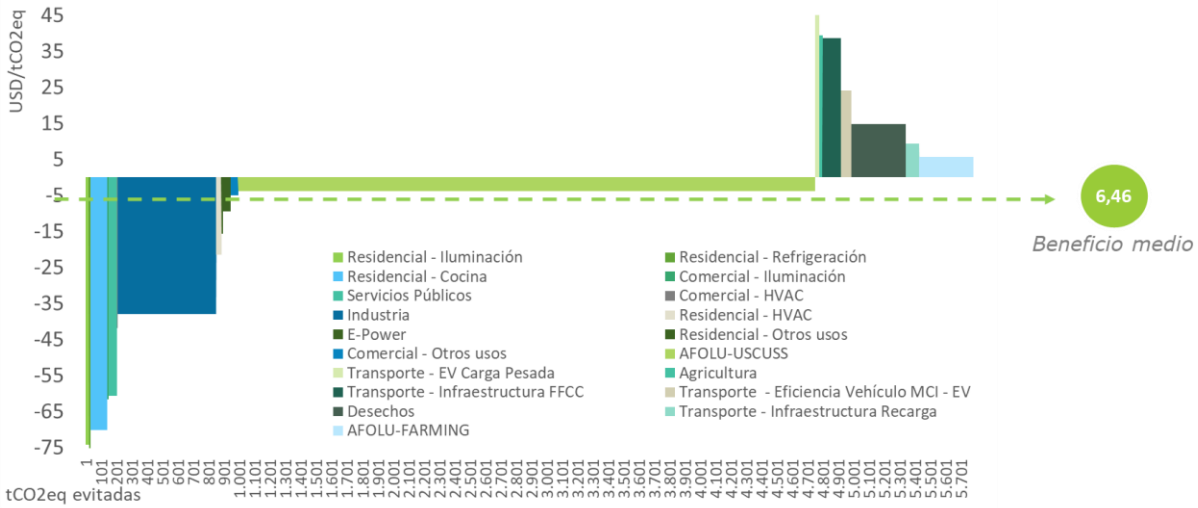
Figura 54: Curva de Costo – Beneficio (en signo negativo) Medio por Medida/Sector (USD/tCOeq y en millones de tCO2eq) (1)



Nota (1): Valor presente neto resultante de la/las medidas (descontado a una tasa del 10%) dividido las toneladas acumuladas evitadas. Incluye los costos sociales del carbono a USD 44 la tCO2eq. Fuente: análisis Deloitte.

Green Development

Figura 55: Curva de Costo (Beneficio) Medio por Medida/Sector (USD/tCOeq y en millones de tCO2eq) (1)



Nota (1): Valor presente neto resultante de la/las medidas (descontado a una tasa del 10%) dividido las toneladas acumuladas evitadas. Incluye los costos sociales del carbono a USD 44 la tCO2eq. Fuente: análisis Deloitte.

Si bien el beneficio medio resulta ser más alto en el escenario **Increased Ambition** en comparación con el **Green Development** (dado el menor volumen de inversiones en el primer escenario), si contemplamos el diferencial en cuanto a MtCO2eq. evitadas, esta tendencia se revierte en términos de beneficios medios totales tal como analizaremos en el siguiente apartado.

3.8. Beneficios de la descarbonización

Las inversiones incrementales necesarias para alcanzar estos escenarios son más que compensadas por los ahorros logrados por la descarbonización. En el escenario **Increased Ambition**, el beneficio neto social para la economía en el período 2014 - 2050 es de USD 101 millones de dólares a 2014. En primer lugar, existe una marcada reducción del costo del consumo de las fuentes primarias de energía.

Esto es, el ahorro por el menor consumo de combustibles fósiles es mayor que las inversiones en generación eléctrica, transporte y el costo de suministro necesario para su reemplazo. En segundo lugar, siguen los ahorros por la mayor eficiencia energética de los sectores residenciales, comercial y servicios. En cambio, en los sectores productivos, salvo en la industria, existe un costo neto, aunque como se muestra, inferior a los beneficios esperados de implementar los vectores de descarbonización.

En el escenario **Green Development** el beneficio neto para la economía sigue siendo positivo y ampliamente superior al escenario anterior, al alcanzar los USD 205 millones en el período 2014 - 2050. Aun cuando las inversiones para evitar las emisiones son mayores (especialmente en los sectores industria y transporte), los beneficios derivados por la mejora de eficiencia energética en el sector residencial, comercial y servicios públicos y también el beneficio al reducir una mayor cantidad de consumo de recursos primarios, crecen a una mayor tasa. **Como resultado podemos concluir que un mayor esfuerzo económico permite a su vez alcanzar mayores beneficios netos totales.**

Figura 56: Valor presente neto (miles de millones de USD)

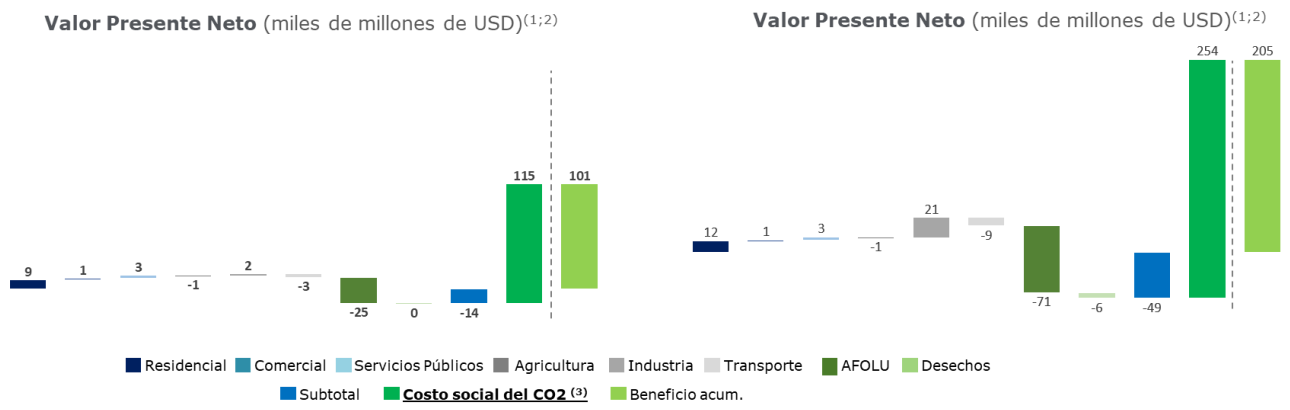


Figura 57: tCO2eq. evitadas

		Residencial	Comercial	Servicios Públicos	Agricultura	Industria	Transporte	AFOLU	Desechos		
tCO2 eq. Evitadas Mill.	I.A.	187	60	52	15	197	128	1.880	86	2.606	Subtotal
											Costo social del CO2 (3)
	G.D.	225	65	53	22	640	300	4.110	356	5.771	Beneficio

(1) Los valores positivos indican beneficios netos y los negativos costos netos resultantes de las medidas por sector, a valor presente neto descontado a una tasa del 10%.
(2) No considera el uso de redes inteligentes que permitan reducir el pico de demanda.
(3) Por costo social de carbono se entiende al valor económico por la tonelada CO2eq. adicional de emisiones evitada. Calculado a USD 44 la tCO2eq.

Fuente: análisis Deloitte

El camino hacia una transición justa

En el Acuerdo de Paris se reconoce la necesidad de que la transición sea rápida y equitativa para los trabajadores y para la comunidad. La transición aumentará la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo. Implica tanto al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°8 de la ONU que busca promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo el trabajo decente para todos, como al ODS N°13 centrado en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Alcanzar el Objetivo N°8 implica la creación de +600 millones de nuevos empleos para 2030, siguiendo el ritmo de crecimiento de la población mundial en edad de trabajar. El cambio climático incontrolado podría revertir los logros en prosperidad económica, progreso social y reducción de la pobreza.

La reducción de emisiones de GEI implica cambios dentro y entre sectores económicos, así como cambios entre las diferentes regiones a nivel global. Una transición mundial hacia una economía sostenible y con bajas

emisiones de carbono tiene efectos positivos y negativos en el empleo. A nivel general, en las industrias y servicios descarbonizadas la producción y el empleo crecerán, mientras que los sectores intensivos en energía y recursos probablemente se estancarán o contraerán. Esto resultará en:

- **Creación de empleos** dada por la expansión de productos, servicios e infraestructura de bajo consumo de carbono

- **Sustitución de empleos** como resultado de cambios en la economía en cuanto a eficientización, menor contaminación en procesos de producción y descarbonización.

- **Eliminación de empleos** cuando las actividades económicas contaminantes y de uso intensivo de energía y materiales se reducen o se eliminan por completo.

- **Transformación y redefinición de empleos** cuando se respeten las prácticas laborales cotidianas, los conjuntos de habilidades, los métodos de trabajo y los perfiles laborales.

Otra dimensión que es importante tener en cuenta junto con el cambio en el número de puestos de trabajo es la calidad del empleo. Los empleos creados en la transición deben ser "decentes", es decir que deben proporcionar ingresos adecuados y protección social, condiciones de trabajo seguras, respeto de los derechos en el trabajo y dialogo social. Además, los derechos de los trabajadores deben garantizar que tanto hombres como mujeres tengan igualdad de oportunidades, estén protegidos contra la discriminación, y tengan acceso a la política de licencias de maternidad y paternidad.
La escala y el alcance de estos cambios dependen de la velocidad y amplitud de los cambios tecnológicos y de mercado en la transformación verde. Tales impactos deben ser suavizados a través de la creación de políticas de transición justa para trabajadores afectados y su comunidad[50].

En América Latina la descarbonización puede generar 15 millones de puestos de trabajo netos en la región para 2030: resultado de 22,5 millones de puestos de trabajo creados y 7,5 millones de empleos eliminados[51].

En Perú se estima que se crearán 600.000 puestos de trabajo netos provenientes de la creación de 900.000 nuevos puestos de trabajo para el 2030 de los cuales 630.000 pertenecerán al sector de la construcción, 135.000 al de minería de cobre, otros 90.000 estarán relacionados a las energías renovables y los 45.000 restantes pertenecerán a la manufactura de insumos eléctricos. Por otro lado, 300.000 puestos de trabajo, relacionados especialmente al sector de refinería y extracción de petróleo (257.000 puestos) y a la minería y generación de electricidad por carbón (43.000), se verán amenazados[52].

En el camino hacia una transición justa se deben identificar las mejores prácticas impuestas a nivel global. Se debe abordar el problema de la competitividad internacional a través de los precios del carbono y los ajustes fiscales en la frontera.

Cuatro recomendaciones que llevan a una transición energética justa para todos[53]:

1. **Apoyar la intromisión de tecnologías eléctricas** a través de Bonos de Inversión de Transición Energética, Clusters Energéticos Nacionales sobre tecnologías de electrificación, Esquemas financieros innovadores para tecnologías maduras, Concientización.

2. **Gestionar el empleo y las oportunidades** a traves de medidas sociales para los trabajadores (ej.: jubilación anticipada), nuevos programas educativos (ej.: economía circular) y el desarrollo e implementación de programas de capacitación.

3. **Abordar la pobreza energética** mediante la creación de un índice para medir la pobreza energética, la creación de subsidios/planes de protección social para hogares de bajos ingresos y/o la introducción progresiva de reformas de precios.

[50] "Just Transition of the Workforce, and the Creation of Decent Work and Quality Jobs", Technical Paper, United Nations.
[51] "El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe", Organización Internacional del Trabajo
[52] Análisis Deloitte en base a lo publicado por la Organización Internacional del Trabajo en su artículo "El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe"
[53] Análisis Deloitte en base "Just E-volution 2030" Study; Enel, Enel Foundation, The European House – Ambrosetti, 2019

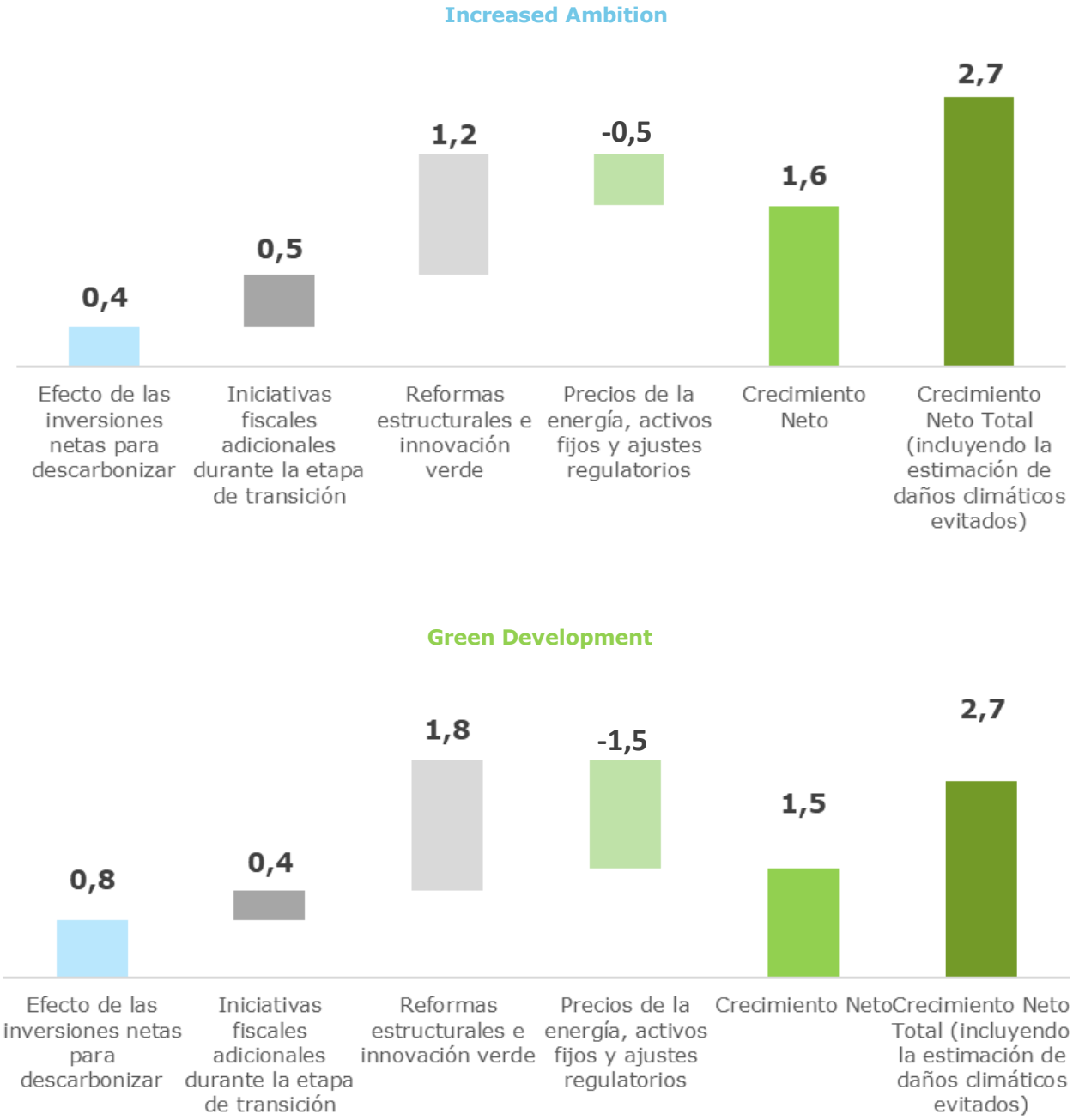
4. **Promover una redistribución justa de los costos de transición**, revisando los componentes de costos dentro de la factura de electricidad y/o eliminando impuestos/gravámenes indebidos de la factura de electricidad.

Una transición justa hace hincapié en un enfoque participativo de la sostenibilidad ambiental y social. El diálogo social que da voz a las preocupaciones y necesidades de trabajadores, empleadores y comunidades, afectados por la transición hacia cero emisiones netas, ayuda a crear confianza y forja el consenso.

Impacto en el PBI de las medidas de mitigación

La combinación de reformas económicas con políticas ambiciosas sobre el clima puede estimular el crecimiento económico al tiempo que moviliza la inversión necesaria para lograr objetivos climáticos a largo plazo. **Los resultados sugieren que una "transición decisiva" colectiva puede propiciar un crecimiento económico de hasta un 2,7% si se considera el impacto de los daños climáticos evitados.**

Figura 58: Efectos positivos sobre el GDP en Perú a 2050 (diferencia vs. BAU)



Fuente: análisis Deloitte elaborado en base a reporte de OECD "Investing in Climate, Investing in Growth"

4. Recomendaciones de política energética para una descarbonización sostenible

A partir del análisis de la visión a largo plazo del modelo energético peruano a 2050 y del período de transición, se plantean un conjunto de políticas a considerarse para direccionar a Perú hacia una descarbonización eficiente.

En primer lugar, se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050 en todas las áreas que impacten en los niveles de demanda energética, las industrias relacionadas con la generación y transformación de energía, y sobre lo que respecta al sector no energético. Dentro de cada categoría, se debería apuntar a nivel de cada sub-sector con políticas concretas que modifiquen y alteren las condiciones, funcionamiento y niveles de eficiencia, entre otras cuestiones, para lograr los objetivos planteados en el marco de reducción de gases de efecto invernadero (GEI).

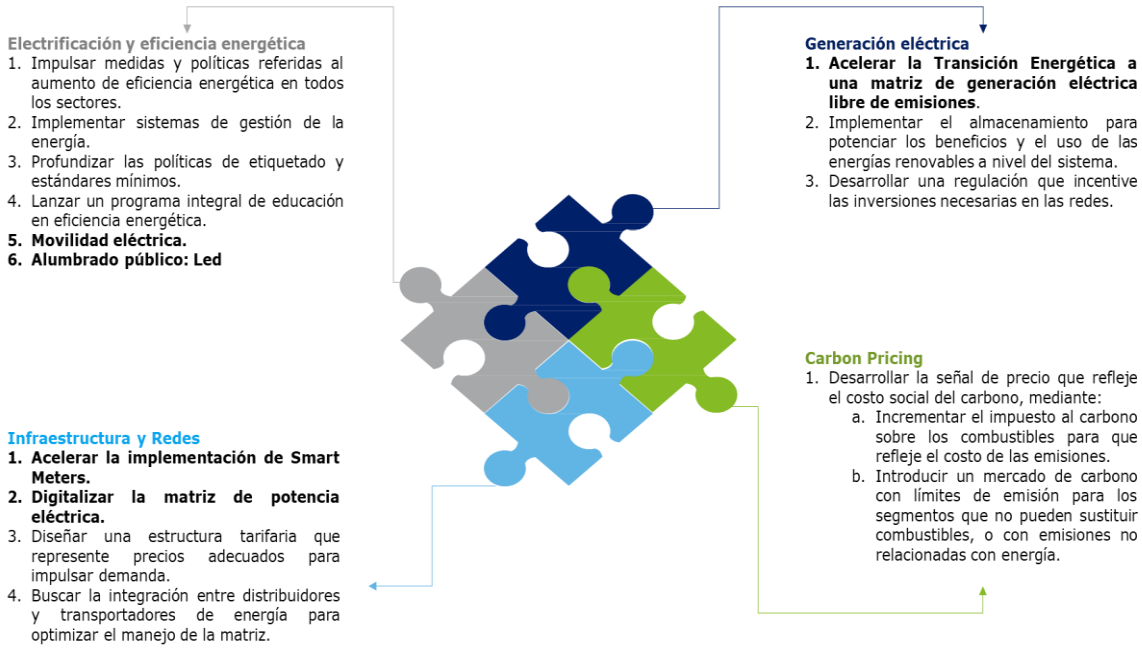
> "Se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050"

Se espera que estos objetivos y las políticas relacionadas sirvan de guía para entidades reguladoras con el fin de incentivar la descarbonización a nivel nacional, contando con el aporte de los distintos agentes económicos y los consumidores de energía.

Históricamente el país ha tenido un aumento sostenido en los niveles de emisión de GEI, siendo la Energía, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra los sectores que mayor participación en las emisiones totales poseen. Por lo tanto, estas recomendaciones encuentran su origen y fundamento en la necesidad y en la potencialidad de Perú para imponer metas y definir medidas en materia de eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

A continuación, se puede observar un resumen de las recomendaciones incluidas en la presente sección.

Figura 59: Recomendaciones de política energética para direccionar nuestro modelo energético hacia la descarbonización



Fuente: análisis Deloitte

4.1. Recomendaciones para la generación eléctrica a partir de una matriz verde

En el marco del Acuerdo de París, se propone una mayor utilización de la energía eléctrica como fuente de energía, dado el potencial que Perú tiene para el desarrollo de dicho recurso. De hecho, cuenta con las condiciones necesarias para convertirse en uno de los mercados de energías renovables más atractivos de América Latina. La amplia variedad y disponibilidad de recursos naturales y la amplitud del territorio proporciona una diversidad de características geográficas y microclimas que pueden favorecer el desarrollo de distintos tipos de tecnologías.

Recomendación 1: Acelerar la Transición Energética a una matriz de generación eléctrica libre de emisiones.

La Ley 27.345 de promoción de uso eficiente de la energía es el puntapié inicial para establecer el diseño de la matriz eléctrica del futuro. A partir de los escenarios de planificación, se deben establecer las políticas e incentivos para satisfacer la nueva demanda de cara a 2050, cuáles proyectos y en qué fecha se espera incorporar el potencial hídrico relevado, cuál es la penetración de la generación renovable variable considerando la introducción de almacenamiento, el respaldo térmico compatible con el escenario planteado y el retiro de activos de generación térmica de baja eficiencia.

Esta planificación deberá considerar el mínimo costo para el usuario, tomando en cuenta además el costo social de la emisión de carbono. Para esto resultará necesario monitorear y actualizar periódicamente el plan elaborado en base a la evolución de los costos de las tecnologías.

La configuración esperada de la matriz debe dar lugar a una reforma del mercado eléctrico mayorista para que remunere de forma competitiva la generación de energía como el respaldo de potencia, diseñando un mercado de capacidad compatible con la alta penetración esperada de energía renovable variable. Entre las reformas se debe analizar si el costo marginal de corto plazo sigue siendo una señal de precio eficiente no solo para el despacho de la generación a mínimo costo, sino para expandir la oferta, e introducir nuevos mercados de negociación o licitación de energía acorde a los cambios en el funcionamiento del mercado mayorista.

Recomendación 2: Implementar el almacenamiento para potenciar los beneficios y el uso de las energías renovables a nivel del sistema.

Los avances en la reducción del costo de almacenamiento con baterías han sido importantes en los últimos años y se espera que a partir de 2030 sean competitivos, o antes dependiendo el precio de los combustibles fósiles. Se debe considerar su utilización junto con la generación solar como capacidad firme para la satisfacción del pico de demanda anual. Igualmente, se deben explorar otras alternativas como las centrales hidroeléctricas de bombeo, que hagan compatible esta recomendación con el objetivo de minimizar el costo para el usuario.

Recomendación 3: Propender a la integración energética con los países limítrofes.

La mayor variabilidad de la generación renovable no convencional (eólica y solar) requiere de una mayor integración regional para gestionar los excedentes o déficits de generación local. Se requiere coordinar los sistemas de transmisión a nivel país con el objetivo de minimizar la reducción forzada de generación (curtailment) a nivel regional, permitiendo mayores intercambios. No obstante, es importante comprender que no solo alcanza con coordinar los sistemas de transmisión (parte técnica), dado que ya existen interconexiones, pero con bajo factor de uso como consecuencia de cuestiones políticas o criterios de auto seguridad del país. Un ejemplo de ello es el Sistema de Interconexión Eléctrica para Países de América Central (SIEPAC), cuya red incluye una línea de transmisión a lo largo de 1.790 kilómetros con una tensión de 230 mil voltios y una capacidad de transmisión de 300 megavatios entre Guatemala y Panamá, un total de 15 estaciones de transmisión.[54]

Recomendación 4: Desarrollar una regulación que incentive las inversiones necesarias en las redes.

La expansión del sistema de transmisión debe planificarse de modo tal que permita atender el pico de demanda del sistema y la integración regional. Esta inversión debe analizarse considerando los beneficios incrementales de todo el transporte energético. Es decir, considerando el reemplazo de la necesidad de transportar gas natural para la generación térmica.

4.2 Recomendaciones sobre eficiencia energética y descarbonización de usos finales a través de la electrificación

Recomendación 5: Establecer a la Eficiencia Energética como política de Estado, para lo cual se promueve la sanción de una Ley de Eficiencia Energética integral con el fin de:

- Impulsar medidas y políticas ambiciosas referidas al aumento de eficiencia energética en todos los sectores, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente y asegurando el suministro de energía para un país en crecimiento.
- Implementar sistemas de gestión de la energía.
- Crear la figura del usuario con capacidad de gestión: la gestión energética debería ser llevada a cabo por el propio usuario, en el caso de que se tratase de grandes usuarios, o por el distribuidor, para el caso de usuarios chicos como residencias, por ejemplo.
- Implementar y promover el etiquetado y los estándares mínimos (para establecer niveles máximos de consumo energético y mínimos de eficiencia energética de todo equipo consumidor).
- Desarrollar una regulación específica para construcciones, aplicada tanto a nuevas como existentes, que establezca estándares de cumplimiento mínimo y obligatorio en eficiencia energética, referidos particularmente a la construcción (aislamiento térmico y climatización mediante aberturas y cerramientos, iluminación natural, etc.).
- Lanzar un programa de educación en eficiencia energética, dirigido a los niveles escolar y superior, y que involucre cursos, seminarios, capacitaciones, y autodiagnósticos.

[54] http://crie.org.gt/wp/siepac/

Recomendación 6: Promover la reducción de emisiones de los sectores residencial y comercial.

- Lanzar campañas de información que remarquen las ventajas de la electrificación en materia de reducción de emisiones y que propongan medidas para lograrla, y promover la adhesión a este programa de cambio con incentivos económicos y financiamiento. Se busca de esta manera:
    - Incrementar la participación de artefactos eléctricos en el hogar, llevando a cabo el traspaso a dicho tipo de tecnologías en los rubros calefacción, calentamiento del agua y cocina, a medida que se eficientiza el consumo energético de acuerdo a estándares internacionales.
    - Reemplazar tecnologías existentes por eficientes en el rubro "refrigeración".
    - Reemplazar luminarias tradicionales por luminarias LED, siguiendo las tendencias del mercado que apuntan a que se dejen de comercializar las lámparas halógenas.
- Asegurar que la tarifa eléctrica sea una señal de precio que recoja los costes reales del suministro, eliminando aquellos sobrecostes derivados de políticas que distorsionen la señal de precio.
- Desarrollar también campañas de concientización sobre emisiones en edificios y equipamiento.
- En lo que respecta al sector comercial, se deberían establecer obligaciones, sujetas a revisión e inspección, de realizar inversiones en eficiencia energética, al mismo tiempo en que se crean incentivos (beneficios fiscales, por ejemplo) y se facilita el acceso al financiamiento para que se desarrollen proyectos atractivos.

Recomendación 7: Promover la reducción de emisiones del sector público.

- Definir un plan de adaptación de los edificios públicos que se vayan inaugurando a futuro (tales como colegios y hospitales), para que se encuentren aptos para la utilización de artefactos eléctricos.
- Reemplazar paulatinamente los artefactos no eléctricos por eléctricos en los establecimientos públicos existentes.
- Incorporar un plan de traspaso de luminarias tradicionales a tecnología LED a través de programas de licitación pública para efectuar dichos reemplazos.

Recomendación 8: Fomentar la movilidad sostenible en el transporte ligero

- Acelerar el cronograma de introducción de normativas que limiten la contaminación ambiental y de consumo de combustible proveniente de automotores con motores de combustión interna. Perú debe avanzar rápidamente a la convergencia de las normas internacionales más exigentes, estableciendo plazos claros y perentorios para su cumplimiento.
- Introducir en el marco de las normas antes mencionadas, un objetivo de emisión de dióxido de carbono a nivel flota por fabricante o importador, con límites crecientes a la emisión de GEI y/o mecanismos tipo súper-créditos. Incluir una meta mínima a 2030 y 2050 de participación en las ventas al mercado interno de vehículos híbridos o eléctricos a batería, estableciendo suficientes incentivos, como puede ser impuestos crecientes a la comercialización de vehículos con motores de combustión interna, que refleje la externalidad de emisiones.
- Las metas e instrumentos deben ser planificadas con suficiente tiempo de antelación y discusión para que sea la futura base de la configuración de la industria automotriz a nivel Mercosur.
- El desincentivo a la adquisición del auto a combustión interna deberá lograrse a través de mayores impuestos tanto a su adquisición como en el uso del mismo, incluyendo los impuestos en el combustible.
- Complementar los objetivos de penetración de vehículo eléctrico con incentivos a su adquisición o reemplazo de vehículos a combustión con alta antigüedad, incluyendo exención a impuestos internos y montos mayores en la desgravación en el impuesto al IGV e impuesto a la renta.
- Establecer medidas que reduzcan el tráfico de vehículos convencionales, restringiendo su circulación, especialmente en los centros urbanos, promocionando el auto eléctrico otorgando beneficios en el

estacionamiento en la vía pública, o fomentando los esquemas de movilidad alternativa al vehículo, como bicicleta y transporte público.

- Incentivar la electrificación del total del transporte público urbano. La primera medida es completar la electrificación de los trenes urbanos que todavía circulan a Diésel.
- Promover la electrificación del parque de colectivos, flotas públicas de transporte y servicios, y ómnibus, estableciendo metas mínimas de adquisición de nuevos transportes urbanos eléctricos.
- Desarrollar la infraestructura de recarga en las zonas urbanas de forma coordinada entre las provincias y el sector privado para cubrir progresivamente de manera eficiente y completa la disponibilidad suficiente de puntos de recarga, por ejemplo, incluyendo requisitos de puntos de recarga en nueva construcción. Esta planificación deberá considerar también la infraestructura mínima necesaria en las rutas nacionales y provinciales.
- Para esto resulta necesario establecer un marco normativo especifico a esta nueva realidad, estableciendo claramente los roles entre las distribuidoras de electricidad, agentes de recarga, y usuarios que incentive la inversión privada en la infraestructura de recarga.

Recomendación 9: Fomentar el cambio modal a ferrocarril del transporte pesado.

- Desarrollar una estrategia de infraestructuras logísticas que permita la descarbonización del sector del transporte de pesado.
- Revisión del estado de la infraestructura actual y capacidad de la red ferroviaria para maximizar su capacidad de transporte de mercancías.
- Impulsar la electrificación de la red actual y planificar su expansión en base a la electrificación de los ramales, considerando un costo de emisión evitada para realizar las licitaciones.

4.3. Recomendaciones sobre cambios estructurales a realizar en términos de infraestructura de redes y digitalización.

Recomendación 10: Acelerar la implementación de medidores Smart

La implementación inmediata de medidores Smart debe acelerarse para minimizar las pérdidas de la red y la reducción del costo operativo de los servicios públicos (costo de lectura del medidor). Modernizar la red para hacerla más "inteligente" y más resistente mediante el uso de tecnologías, equipos y controles de vanguardia que se comuniquen y trabajen en conjunto para suministrar electricidad de manera más confiable y eficiente puede reducir en gran medida la frecuencia y duración de los cortes de energía, y restaurar el servicio más rápido cuando ocurren interrupciones. Los consumidores pueden administrar mejor sus propios costos y consumo de energía porque tienen un acceso más fácil a sus propios datos. Las empresas de servicios también se benefician de una red modernizada, que incluye seguridad mejorada, cargas máximas reducidas, mayor integración de las energías renovables y menores costos operacionales.

Recomendación 11: Digitalizar la matriz de potencia eléctrica

La digitalización de la matriz eléctrica debe comenzar lo antes posible y es necesaria para mantenerse al día con las nuevas tecnologías, satisfacer los nuevos recursos de suministro y aumentar las demandas. Las actualizaciones de la matriz también permitirán un uso mayor y más eficiente de los recursos, reducirán la pérdida de electricidad debido a la transmisión a largas distancias y aumentarán el uso localizado de nuevos tipos de generación y almacenamiento de electricidad. En general, la creación de una matriz eléctrica más inteligente dará como resultado un mejor sistema eléctrico.

Recomendación 12: Diseñar una estructura tarifaria que represente precios adecuados para impulsar una respuesta activa por parte de la demanda

- Deben establecerse medidas específicas que garanticen la disponibilidad de redes de telecomunicaciones de alto rendimiento a un precio adecuado para permitir plenamente redes

eléctricas inteligentes. Un requisito previo es tener una amplia disponibilidad en el territorio, a costos adecuados, de redes de telecomunicaciones con características de baja latencia y omnipresencia. Deben promoverse los servicios de conexión ad hoc a precios 'atractivos' por parte de las empresas de telecomunicaciones.

- Deberían considerarse procedimientos basados en incentivos y simplificados para la adopción de tecnologías inteligentes por parte de los consumidores a fin de involucrarlos activamente en el sector de la energía. A través de tales tecnologías, los consumidores deberían poder leer fácilmente datos e información sobre el consumo y tomar sus decisiones de consumo en consecuencia. La adopción tecnológica debe incentivarse al menos en las primeras etapas de despliegue de Smart Grids. El procedimiento para vincular dispositivos inteligentes y dispositivos con medidores inteligentes debe ser simple y no discriminatorio para los consumidores. Una toma más rápida de electrodomésticos inteligentes por parte de los consumidores debería ser impulsada por medidas destinadas a superar barreras no económicas. Las iniciativas de financiación (por ejemplo, distribución de riesgos y líneas de crédito dedicadas), respaldadas efectivamente por campañas de información, podrían permitir a los operadores promover tecnologías inteligentes y que los consumidores las utilicen para responder a la demanda.

- La estructura tarifaria debe diseñarse de modo que envíe señales de precios adecuadas que puedan impulsar Demand response y los comportamientos energéticos eficientes. Deben promoverse tarifas dinámicas y tarifas de tiempo de uso para dar la señal de precio correcta a los consumidores, pasando el costo real de la energía del mercado mayorista al minorista. Con respecto a las tarifas de red, considerando que los costos subyacentes asumidos por los operadores de red están relacionados con la capacidad, debería existir una mayor proporción de componentes relacionados con la capacidad. Además, los costos que no están directamente relacionados con el costo industrial de servir, como los costos de la política energética, impuestos y gravámenes, deben eliminarse de las facturas de electricidad para evitar la introducción de sesgos tecnológicos.

Recomendación 13: Buscar la integración entre distribuidores y transportadores de energía para optimizar el manejo de la matriz

Una regulación que aproveche el rol de distribuidores y promueva una interacción bien diseñada entre éstos y las nuevas partes interesadas es fundamental para optimizar la asignación de recursos en las comunidades locales. Los municipios, otras empresas de servicios públicos y distribuidores pueden cooperar para optimizar el desarrollo de la infraestructura mientras se aprovechan las posibles sinergias y se evitan las duplicaciones. Esto incluye, por ejemplo, sinergias entre los sectores energéticos, como la medición múltiple, el transporte o las sinergias entre la electricidad y las infraestructuras de Telco (por ejemplo, alojamiento / alquiler). Con el objetivo de reducir los costos generales para los clientes finales, las intervenciones de los Distribuidores deben permitirse e incentivarse económicamente.

4.4. Recomendaciones sobre instrumentos económicos y políticas de carbon pricing

Recomendación 14: Introducir una regulación específica para desarrollar una señal de precio efectiva del coste de las emisiones.

- Podría realizarse mediante un impuesto aplicado sobre la emisión de CO2 (impuesto al carbono).
- Promover el mercado de carbono y establecer un suelo al precio de CO2, para dar una señal económica clara hacia la reducción de emisiones.
- Realizar cambios favorables en el modelo sustentable.

4.5. Recomendaciones sobre sectores no energéticos

Recomendación 15: Promover la reducción de emisiones del sector agricultura.

- Crear un programa de incentivos económicos para el desarrollo, promoción e implementación de maquinarias agrícolas eléctricas, de forma tal que se reemplace la utilización de GLP, Diésel y Fuel Oil como combustibles:
    - Programas de financiamiento a través de líneas de crédito que el gobierno otorgue específicamente para estos fines.
    - Otorgamiento de garantías que permitan a las compañías del rubro obtener financiamiento a un costo más bajo.

Recomendación 16: Promover la reducción de emisiones de los sectores ganadería, silvicultura, y en lo que respecta a otros usos de los suelos.

- Desarrollar buenas prácticas en el desarrollo y manejo del ganado.
    - Promoción de campañas de vacunación para el ganado contra bacterias metanogénicas a fin de reducir las emisiones de gas metano.
    - Campañas para la promoción de buenas prácticas en el manejo de ganado en lo que respecta a alimentos y suplementos dietarios para ganado.
- Reducir las emisiones causadas por el uso indebido e irresponsable de la tierra.
    - Impulsar medidas que prevengan la deforestación, tales como:
        - ✓ Ofrecer incentivos a los propietarios de tierras forestales para facilitar la conservación de los bosques y la adopción de actividades de bajo impacto.
        - ✓ Fomentar el uso responsable de la pulpa de madera.
    - Incentivar la aforestación de pastizales, incorporando de esta manera sumideros de carbono forestal que sirvan para la captación de dióxido de carbono. Determinar con antelación la existencia y disponibilidad de los terrenos a aforestar, que dependerá de la necesidad de suministrar alimentos para la población creciente.
    - Desarrollar un plan de reforestación de tierras degradadas.
- Definir un plan para incentivar y desarrollar el manejo eficiente y consiente de pastizales, cultivos y ganado, e impulsar la restauración de la tierra.
    - Aumentar la productividad de pastizales, implementando sistemas de riego eficientes y aumentando intensidad de pastoreo.
    - Promoción de mejores prácticas agronómicas, rotando cultivos, aplicando sistemas de cultivo menos intensivos y mejorando el manejo de nutrientes.
    - Desarrollo de planes de revegetación y la conserva de agua con el fin de lograr la restauración de tierras.

Contactos

Marcos Bazán Socio, Financial Advisory Services

Mail: mgbazan@deloitte.com

Cristian Serricchio Senior Manager, Financial Advisory Services

Mail: cserricchio@deloitte.com

Damián Grignaffini Senior, Financial Advisory Services

Mail: dgrignaffini@deloitte.com

Agustina Anelli Senior, Financial Advisory Services

Mail: manelli@deloitte.com

Florencia Aquerreta Analyst, Financial Advisory Services

Mail: faquerreta@deloitte.com

Deloitte se refiere a una o más de las firmas miembros de Deloitte Touche Tohmatsu Limited, una compañía privada del Reino Unido limitada por garantía, y su red de firmas miembros, cada una como una entidad única e independiente y legalmente separada. Una descripción detallada de la estructura legal de Deloitte Touche Tohmatsu Limited y sus firmas miembros puede verse en el sitio web www.deloitte.com/about