



“Plan Referencial de Uso Eficiente de la Energía al 2050” (PRUEE 2050)

RESUMEN EJECUTIVO



Plan Referencial de Uso Eficiente de la Energía al 2050 (PRUEE 2050)

RESUMEN EJECUTIVO



Dirección General de Eficiencia Energética -
DGEE

Documento elaborado con asesoría técnica del Centro de Conservación de Energía y del Ambiente- CENERGIA, por encargo de la cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través de los proyectos Proyecto Distribución Eléctrica 4.0 y Proyecto Promoción de modelos de negocios amigables con el clima - DKTi BB

"Plan Referencial de Uso Eficiente de la Energía al 2050" (PRUEE 2050) Segunda Fase

Resumen Ejecutivo

Lima - Perú, junio 2023

Resumen ejecutivo

La elaboración de la propuesta PRUEE 2050 permitirá definir la estrategia para la incorporación de la Eficiencia Energética a la economía, cultura y política local del país, desarrollando un conjunto de acciones y procesos de monitoreo, reporte y verificación del cumplimiento de los indicadores del PRUEE para los sectores industrial, transporte, residencial, comercial y sector público. Asimismo, esta propuesta del PRUEE definirá la hoja de ruta, objetivos estratégicos, metas e identificará los responsables de su ejecución, estableciendo los ámbitos de acción o sectores de intervención.

El alcance del presente Informe incluye el diagnóstico histórico de la problemática y visión internacional, evolución de nuevas tecnologías y la identificación de oportunidades para que el país pueda adaptarse a los cambios futuros de largo plazo. Asimismo, se incluye la revisión de antecedentes, estudios anteriores y la metodología para la elaboración del PRUEE 2050.

1. Antecedentes

Los estudios revisados se tomarán como referencia para la elaboración de programas propuestos, modelos, escenarios, co-beneficios, actores involucrados, condiciones habilitantes y mecanismos de implementación, con información más actualizada.

Se revisaron los estudios siguientes:

- Plan Referencial del Uso Eficiente de la Energía 2009-2018: Enfocado en cuatro sectores de consumo que señala el Reglamento de la Ley de Promoción de Uso Eficiente de la Energía, los cuales son: Residencial, productivo y de servicios, público y transporte. El objetivo principal fue un ahorro del 15% de energía para el horizonte al año 2018.
- Política Energética Nacional del Perú 2010-2040: Cuyo objetivo fue contar con una matriz energética diversificada, proporcionando acceso universal al suministro

energético, con subsidio temporal y focalizado de ser necesario. En el marco de esta política se contará con un abastecimiento energético competitivo, logrando autosuficiencia en la producción de energía, desarrollando un sector energético sostenible con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono, haciendo énfasis en promover la inversión privada tomando en cuenta los impactos sociales y ambientales para minimizarlos, e incentivar el desarrollo de los mercados energéticos, de la eficiencia energética y de las energías renovables.

- Nueva Matriz Energética Sostenible y Evaluación Ambiental Estratégica (NUMES): Cuyo objetivo fue la reducción del consumo de energía en un 15% hasta el año 2040 en relación a la demanda base proyectada hasta ese año. Se definieron programas sectoriales y prioritarios, tomando como indicadores de salida la reducción de la demanda, ahorros de energía, reducción de emisiones, ingresos por comercialización de bonos de carbono e inversiones netas requeridas.
- Proyecto de Planificación ante el Cambio Climático (PlanCC), cuyo objetivo fue incorporar la variable del cambio climático en la planificación del desarrollo del país, mediante el estudio de escenarios para la identificación de tendencias y acciones más rentables desde el punto de vista económico, social y ambiental, definiendo programas y estrategias para reducir el impacto del cambio climático en la senda de crecimiento de la economía peruana, presentando un programa de medidas de mitigación.
- Plan Energético Nacional 2014-2025, en donde se realizó el análisis del papel que el sector energético debe desempeñar para apoyar al desarrollo económico del país. El Plan fija dos metas: la propuesta de plan para el mediano plazo (hasta el horizonte 2025) y la preparación de una propuesta para institucionalizar el proceso de planeamiento energético en nuestro país.
- Propuesta de iNDC peruana, cuyo objetivo fue una reducción del 30% (89,4 MtCO₂eq) respecto a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) proyectadas para el año 2030, como parte de un escenario Business as Usual (BaU) que se basa en un crecimiento económico en ausencia de políticas explícitas de cambio climático adicionales, a partir del año 2010. En la propuesta se consideró que un 20% (59 MtCO₂eq) de reducción sería implementado a través de inversiones y gastos con recursos internos, públicos y privados (propuesta no condicionada), y que el restante 10% (30,4 MtCO₂eq) estaría supeditado a la disponibilidad de financiamiento externo internacional y condiciones favorables (propuesta condicionada).
- Estudio de las Barreras en la Eficiencia Energética en el Perú realizado por el Consorcio CREA Consultores S.L y Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos en coordinación con la DGEE (2016): Que tuvo como objetivo la identificación de las barreras de la Eficiencia Energética (EE) en el Perú y la propuesta de soluciones para superarlas, cuyo análisis se realizó desde una perspectiva, social, energética y regulatoria, usando como referencia la situación de Colombia y España, mediante un benchmarking de la normativa, planes y programas de EE realizados hasta la fecha en el país.
- Proyecto de las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA), cuyo objetivo fue preparar medidas de mitigación bajo iniciativas nacionales de gobierno, como

acciones o políticas dirigidas al cambio transformacional dentro de un sector económico o en todos los sectores, con un enfoque nacional más amplio. Estas medidas fueron respaldadas y habilitadas por la tecnología, el financiamiento y la creación de capacidades.

- Informe Final del Grupo de Trabajo Multisectorial para la implementación de las NDC (GTM-NDC), que orientó la implementación de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), mediante 62 medidas de mitigación en los sectores de energía (combustión estacionaria y móvil), procesos industriales y uso de productos, agricultura, uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura; y, desechos. Las medidas tuvieron como meta reducir en un 30 % la emisión de la GEI del país al año 2030. Posteriormente, en el año 2020 se actualizó el compromiso en mitigación incrementando la ambición de la NDC hasta el 40% de reducción al año 2030. En resumen, el informe concluye que la implementación de las medidas de mitigación de GEI y de adaptación al cambio climático que conforman las NDC del Perú, enmarcadas en el Acuerdo de París, consolidará el aporte peruano al esfuerzo global frente al cambio climático y, además, contribuirá directamente al desarrollo sostenible del país.
- Estudio Costos y Beneficios del carbono neutralidad en Perú, que realizó un análisis de los costos y beneficios de alcanzar la carbono-neutralidad de Perú, demostrando que lograr cero emisiones netas de GEI en Perú es técnicamente posible, con intervenciones en cada uno de los sectores de la economía y bajo las consideraciones hechas. El trabajo desarrolló un modelo de evaluación de rutas de descarbonización para Perú que combina modelos detallados de los sectores energía, transporte, agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), con modelos simplificados de los sectores residuos, y procesos industriales y uso de productos (PIUP), permitiendo estimar las emisiones de GEI, así como los beneficios y costos de rutas de descarbonización tanto a nivel sectorial y total del país.

2. Diagnóstico Histórico y Contexto Futuro Largo Plazo

2.1.- Definición de la Problemática y Visión del Sector Energético Mundial

El crecimiento industrial ha sido acelerado en las últimas décadas, y con ello el consumo energético, el cual se ha convertido en un recurso crítico en las actividades de una organización, las tendencias de mercado actuales están comenzando a exigir el concepto de desarrollo sustentable en sus sistemas de gestión es así que se impulsa el cumplimiento y aceptación de normas como la Norma ISO 50001 de Eficiencia Energética, según la proyección de impacto de la naciente ISO 50001, esta influiría en un 60% del consumo energético mundial, convirtiéndose esta en una alternativa a acuerdos internacionales sobre cambio climático y reducción de emisiones de CO₂.

De acuerdo con el informe Perspectiva Energética Mundial 2021 elaborado por la Agencia Internacional de Energía (IEA), la participación de la electricidad en el consumo final mundial de energía ha aumentado constantemente en las últimas décadas y ahora se sitúa en el 20%. Está apareciendo una nueva economía energética, impulsada por la acción política, la innovación tecnológica y la creciente urgencia de la necesidad de abordar el cambio climático.

La importancia de la eficiencia energética principalmente se basa en los siguiente 4 impulsores, lo cuales son la seguridad energética, el desarrollo económico y la competitividad, el cambio climático y la salud pública.

Figura R-1: Impulsores de la Eficiencia Energética



La nueva economía energética implica interacciones variadas y complejas entre la electricidad, los combustibles y los mercados de almacenamiento, lo que crea nuevos desafíos para la regulación y el diseño del mercado. Una pregunta importante es cómo gestionar el potencial de una mayor variabilidad tanto en el lado de la demanda como en el de la oferta dentro de la ecuación energética. La variabilidad del suministro de electricidad se verá afectada por el aumento de la participación de la energía eólica y solar fotovoltaica, lo que otorga una gran importancia a las redes sólidas y otras fuentes de flexibilidad del suministro. La variabilidad de la demanda estará determinada por el creciente despliegue de sistemas de calefacción y de aire acondicionado, así como también podría verse exacerbada por la recarga mal secuenciada (Recargas en hora punta o donde el factor de coincidencia es alto) de las flotas de vehículos eléctricos o por olas de frío, olas de calor u otros eventos climáticos extremos. Sin políticas efectivas para prepararse y gestionar estas fluctuaciones, la variación diaria de la demanda podría aumentar.

Las tecnologías digitales juegan un papel crucial en la integración de diferentes aspectos del nuevo sistema energético. Los sectores que hasta ahora han operado en gran medida de forma independiente (como la electricidad y el transporte) se conectan de nuevas formas con el auge de la movilidad eléctrica, y las redes necesitan hacer frente a una diversidad y complejidad de flujos mucho mayores a medida que aparezcan nuevos actores, incluidos los hogares, que entran en escena como productores. La gestión de las plataformas y los datos necesarios para mantener este sistema en funcionamiento se convierte en una parte central de la nueva economía energética, al igual que la mitigación de los riesgos asociados a la ciberseguridad y la privacidad de los datos.

Los estudios IEA 4E Mapping and Benchmarking han encontrado tasas de mejora anual similares en refrigeradores, lavadoras, lavavajillas y acondicionadores de aire en una variedad de países, todos los cuales tienen medidas políticas vigentes durante al menos parte del período en el que los datos están disponibles. En la tabla a continuación se muestra un resumen de las mejoras anuales de 'eficiencia' en los estudios de evaluación comparativa IEA 4E. Cabe señalar que algunos de los datos utilizados para estimar estos promedios están ponderados por modelo (en lugar de ponderados por ventas, que tiende a ser más preciso). Además, las series temporales disponibles varían según el país y no siempre abarcan por completo las políticas EES&L de interés. Como tales, es probable que sean subestimaciones del impacto de las medidas políticas de EES&L.

Tabla R-1: Mejoras de Eficiencia Anual Promedio de los Estudios de Evaluación Comparativa 4E (% anual)

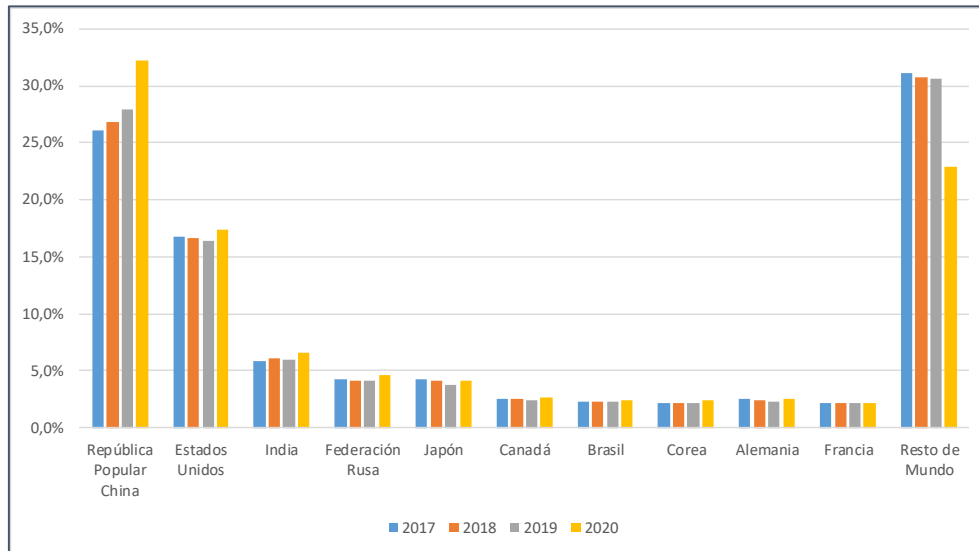
PRODUCTO ->	REFRIGERADOR	LAVAVAJILLAS	MÁQUINAS LAVADORAS CARGA FRONTAL	AC-UNITARIO	AC-SPLIT
Unidades subyacentes ->	(Normalizado kWh/litro) ₁	(EEI normalizado) ₁	(EEI normalizado) ₁	(REE)	(REE)
Australia	- 3,6%	- 2,3%	- 1,4%	3,1%	5,3%
Austria	- 4,0%	- 4,8%	- 3,7%	-	-
Canadá	- 2,3%	- 2,1% *	- 10,4% *	0,2% *	-
Dinamarca	- 2,6%	- 1,9%	-	-	-
Corea	-	- 2,3%	0,0% ₂	0,5%	1,5%
Suiza	-	- 0,9%	-	-	-
Reino Unido	- 3,9%	- 2,8%	- 2,3%	-	-
EE.UU	- 11,9%	- 2,1% *	-	-	-
UE	- 3,0%	- 1,3%	- 3,0%	-	5,1%
Promedio (incluida la superposición de la UE)	- 3,2%	- 2,3%	- 2,1%	1,8%	3,0%

Demanda y Oferta de Energía Eléctrica en el Mundo

La producción de energía eléctrica después de disminuir en 2020, se ha incrementado un 1,3% hasta alcanzar los 27 044 TWh en 2021, elevando el consumo muy por encima de los niveles previos a la pandemia. El aumento en China es particularmente sorprendente, con una demanda que ya es alrededor de un 10% más alta que en 2019. El aumento mundial de la demanda de energía eléctrica supera la expansión de la generación con bajas emisiones de carbono y gran parte del aumento residual se está cubriendo con una mayor producción de carbón.

A nivel mundial durante el 2020, los países que más energía eléctrica consumieron son la República Popular China (32,2%) y los Estados Unidos (17,4%), quienes en conjunto representan más del 49,6% del consumo mundial. Les siguen India (6,6%), la Federación Rusa (4,5%), Japón (4,1%), Canadá (2,6%), Brasil (2,4%), Corea (2,4%), Alemania (2,6%) y Francia (2,2%). En total, los diez principales países consumidores representan el 77,1% del consumo mundial de energía eléctrica, como se muestra en la Figura R-2.

Figura R-2: Diez Países con Mayor Consumo de Electricidad



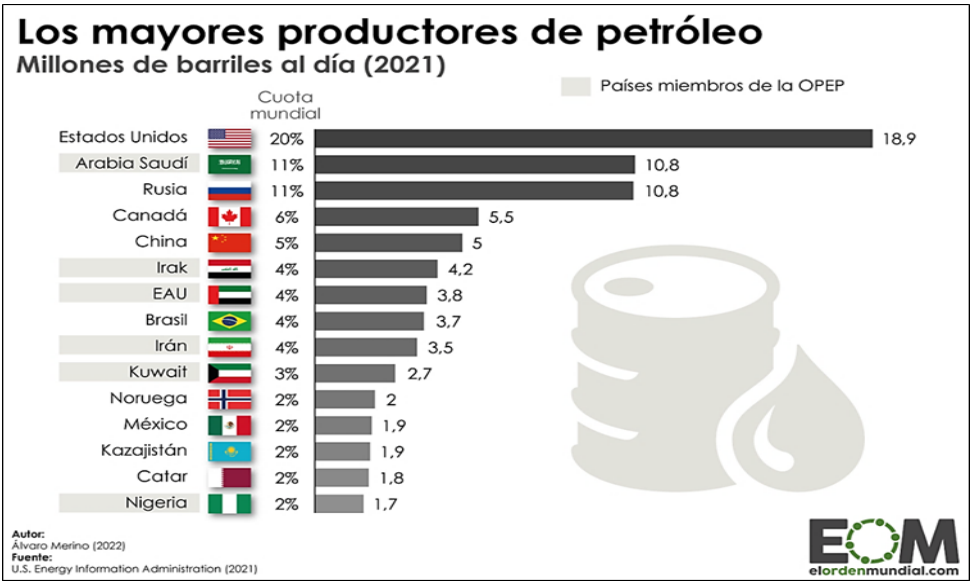
Fuente: Atlas de Energía de la IEA (2021)

Oferta y Demanda de Petróleo en el Mundo

El consumo mundial de petróleo se acelerará el año 2023, hasta situarse en 101,6 millones de barriles diarios, más de lo previsto hasta ahora y superando con creces los niveles anteriores a la pandemia. El aumento anual de la demanda será de 2,2 millones de barriles, frente a los 1,8 millones de barriles de 2022, y se concentrará en los países emergentes, según la proyección publicada este miércoles por la Agencia Internacional de la Energía (AIE).

A continuación, se detalla los principales productores de petróleo a nivel mundial.

Figura R-3: Principales Productores de Petróleo a Nivel Mundial – 2021

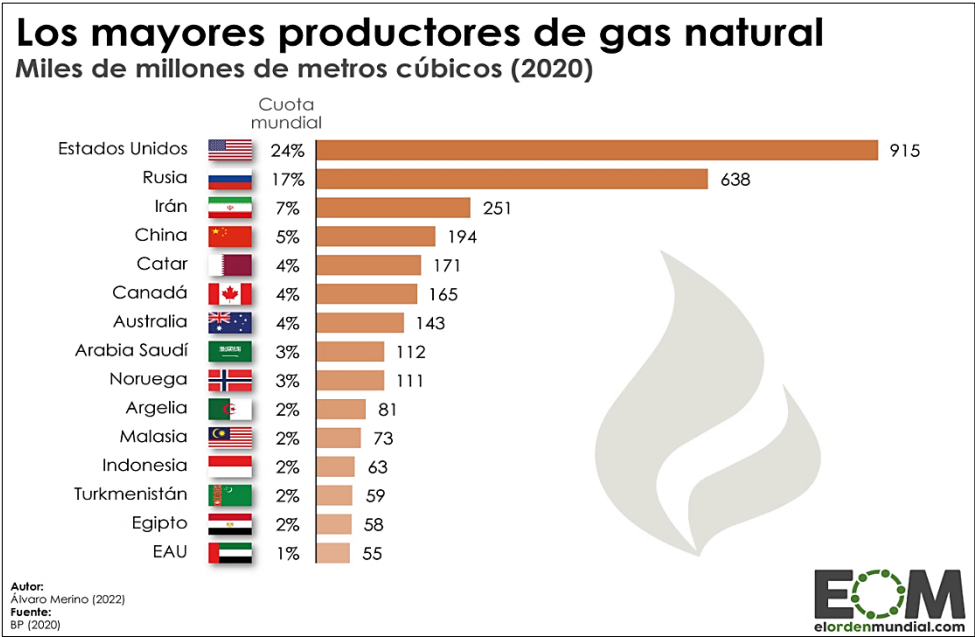


Oferta y Demanda de Gas Natural en el Mundo-2020

Estados Unidos y Rusia son los principales productores de gas del mundo. Juntos acaparan más del 40% del combustible extraído en 2020. Gracias al Fracking, la técnica de extracción que se basa en las perforaciones de la roca de esquisto, el país norteamericano ha conseguido aumentar notablemente la extracción de gas —un 70% desde 2010.

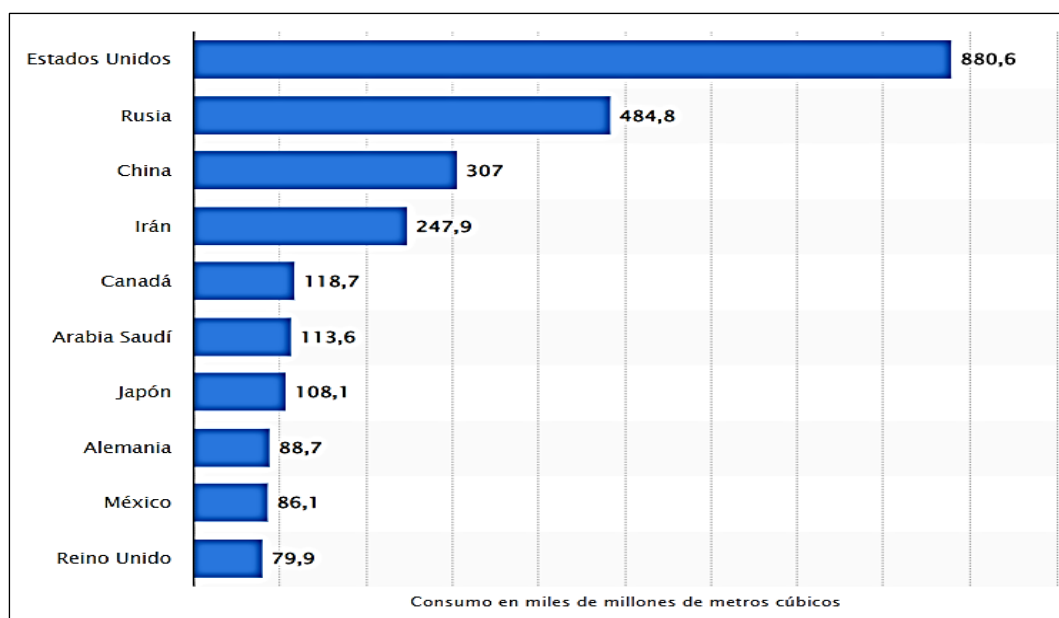
A continuación, se detalla los principales productores de gas natural a nivel mundial.

Figura R-4: Principales Productores de Gas Natural a Nivel Mundial - 2020



A continuación, se detalla los principales consumidores de gas natural a nivel mundial.

Figura R-5: Principales Consumidores de Gas Natural a Nivel Mundial - 2020



La Eficiencia Energética y la Intensidad Energética:

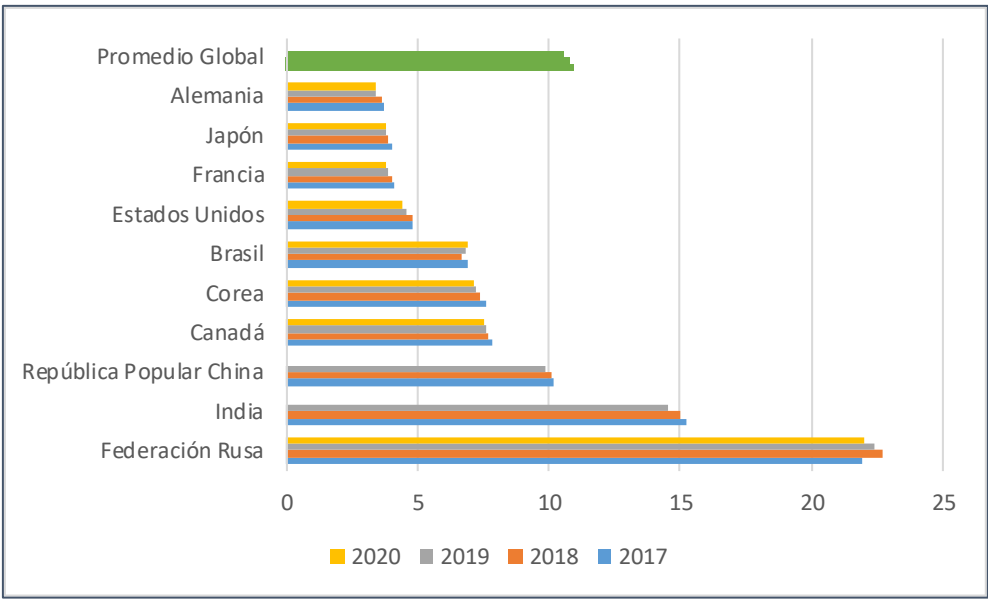
Se espera que la intensidad energética de la economía global disminuya un 4% anual entre el 2020 y 2030 en el escenario de emisiones netas cero para el 2050, que será más del doble de la tasa promedio de la década anterior. Los estándares más estrictos para los electrodomésticos y el ahorro de combustible son fundamentales para lograr estos aumentos de eficiencia en el escenario de emisiones netas cero para el 2050, al igual que un énfasis más fuerte en la eficiencia de los materiales en el sector industria. Las medidas de eficiencia energética, como las modificaciones en los edificios, los estándares mínimos de eficiencia energética y etiquetado en electrodomésticos, también permitirán ahorros de alrededor de 0,5 Gt de emisiones indirectas de CO₂, esto en gran parte al reducir la demanda de electricidad¹.

En la Figura R-6, se muestra la intensidad energética de los diez principales países consumidores de electricidad del mundo, la intensidad energética es un indicador de la

1 Atlas de la Energía – IEA - <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/1378539487>

eficiencia energética de una economía, se observa que el promedio global de intensidad energética se encuentra alrededor de 10 MJ/USD, siendo Alemania (3,4 MJ/USD) el país con la menor intensidad energética dentro de este grupo y el de mayor intensidad energética es Rusia, seguido por India y China, respectivamente.

Figura R-6: Intensidad Energética de los Diez Países con Mayor Consumo de Energía Eléctrica



Fuente: Atlas de Energía de la IEA (2021)

2.2 Definición de la Problemática y Visión del Sector Energético Regional

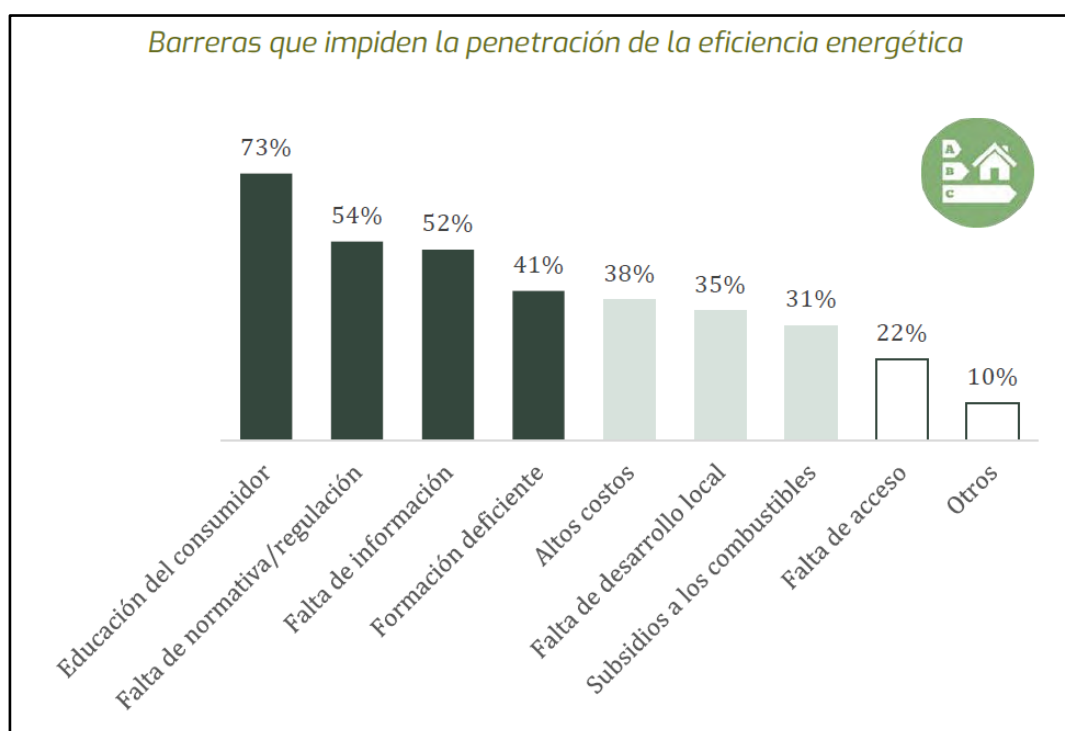
En América Latina y El Caribe, existen amplios potenciales para mejorar la Eficiencia Energética, ya que en el periodo 2010 a 2017, fue la región en la que se registró la menor reducción de la intensidad energética con 0.9% por debajo de otras regiones, lo que indica que existe un potencial de reducción de esta intensidad energética, sobretudo en el sector residencial cuya participación en el consumo total de energía eléctrica se ha incrementado hasta alcanzar el 29% en 2018, con una tasa media de crecimiento anual de 2.2% en el

periodo 2010-2018, al pasar de 296,673 GWh a 374,323 GWh, por arriba del ritmo de crecimiento observado en el consumo total que fue de 1.98%².

Barreras que impiden la penetración de la eficiencia energética en los países de América Latina y el Caribe:

Se destacan como principales barreras para una mayor penetración de la eficiencia energética, de acuerdo a las respuestas de los encuestados, a la falta de educación del consumidor (73%), la falta de normativa y regulación (54%), la carencia de información de consumos finales de energía (52%), en menor medida al capital humano con formación deficiente (41%).

Figura R-7: Barreras que Impiden la Penetración de la Eficiencia Energética en los Países de América Latina y el Caribe



2 Eficiencia energética en América Latina y el Caribe ¿por qué importa? - José Antonio Urteaga - Michelle Hallack - <https://blogs.iadb.org/energia/es/eficiencia-energetica-en-america-latina-y-el-caribe-por-que-importa/>

En Argentina, se desarrolló en el año 2018 el Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEEAR) que buscó disminuir la intensidad energética de los diferentes sectores de consumo, junto con el marco regulatorio requerido para su implementación, orientado especialmente a los Sectores Residencial, Transporte e Industrial, sectores que en conjunto concentraron el 79% del consumo de energía final en el año 2019³, de acuerdo al Balance Energético Nacional del país. Las propuestas de política contenidas en este trabajo fueron construidas para el total de las 91 medidas validadas y modeladas.

Con respecto a Chile, el Ministerio de Energía de Chile, puso a disposición de la ciudadanía el borrador de la propuesta del Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026 que describe los antecedentes, proceso participativo, sectores involucrados, metas, medidas, y la evaluación de los impactos esperados. El objetivo de este Plan es proporcionar un marco estratégico para el desarrollo de la eficiencia energética del país y de esta manera, materializar el potencial de ahorro energético que permita alcanzar la neutralidad de carbono al año 2050 y aborda los principales sectores que consumen energía, buscando llegar al sector industrial y minero, al transporte y a las edificaciones, con medidas específicas y metas ambiciosas, además de un sector transversal enfocado en la ciudadanía. La meta de este Plan es reducir la intensidad energética con respecto al año 2019, en 6% al año 2026, en 15% al año 2030 y en 35% al año 2050⁴.

En México se ha desarrollado una gran variedad de programas y acciones de ahorro y uso eficiente de la energía. En todos ellos se ha buscado el mayor impacto de ahorro a través del cambio de hábitos y mejores prácticas, el uso de equipos y sistemas con los mayores niveles de eficiencia y, finalmente, el aprovechamiento óptimo de la infraestructura y materiales relacionados con la energía. Entre los factores que han incidido en la baja de la intensidad energética se encuentran la tercerización de la economía mexicana, los cambios estructurales, la sustitución de combustibles y las acciones de eficiencia energética que han ocurrido en el sector industrial en respuesta al alza y volatilidad de los precios de los

3 Plan Nacional de Eficiencia Energética en Argentina (PlanEEAr) - https://eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/03271429_EEAFlyer-Mar2020.pdf

4 Plan nacional de Eficiencia Energética 2022-2026 - https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/plan_nacional_de_eficiencia_energetica_2022-2026.pdf

energéticos, las normas de eficiencia energética y los programas de recambio dirigidos a las principales tecnologías consumidoras de energía en los sectores residencial y comercial-servicios, una mayor participación de tecnologías de ciclo combinado en la generación de electricidad, y el efecto de una mayor importación de energéticos en los últimos años, especialmente gasolina, reduciendo la intensidad del sector energía por la actividad de los centros de transformación que producen dichos energéticos. Desde 1995 al 2015, el sector residencial redujo su intensidad energética en 45,9%, seguido del sector industrial que lo hizo a 15,6%⁵.

En cuanto a Colombia, se publicaron las metas de eficiencia trazadas por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) en el Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética PAI PROURE 2017 – 2022, en el cual se han propuesto estrategias para alcanzar metas de eficiencia energética en los sectores de transporte, industria, comercio e incluso el residencial. Por ejemplo, para el 2022, en el sector transporte se tiene un meta de 5.49% de ahorro en el consumo de energéticos, 1.71% en el sector industrial y 0.73% en el sector residencial⁶.

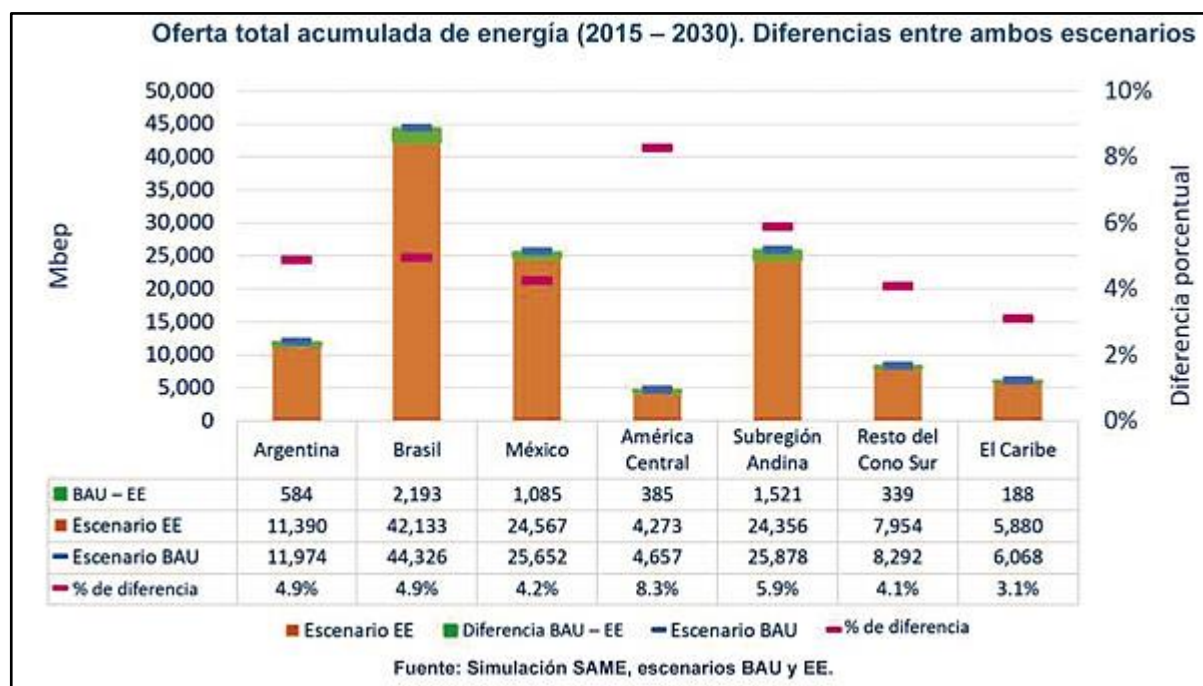
En ese sentido, se vienen implementando acciones que apuntan al reconocimiento del usuario en el mejoramiento y adquisición de tecnología eficiente, como es el caso de los programas de etiquetado que vienen impactando de forma favorable en sectores como el residencial, comercial e industrial.

En general los esfuerzos de eficiencia energética, acarrea impactos significativos en la oferta de energía, tal como se muestra en la siguiente figura.

5 CEPAL reconoce avances de México en eficiencia energética para alcanzar los Objetivos de la Agenda 2030 - <https://www.cepal.org/es/noticias/cepal-reconoce-avances-mexico-eficiencia-energetica-alcanzar-objetivos-la-agenda-2030#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20el%20consumo%20de,mundial%20de%20mejora%20de%20la>

6 Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017 – 2022 - https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf

Figura R-8: Oferta Total Acumulada de Energía (2015-2030) en Barril Equivalente de Petróleo (BEP) en América Latina y el Caribe



2.3.- Posible Contexto Futuro Largo Plazo y Definición de la Problemática y Visión Nacional.

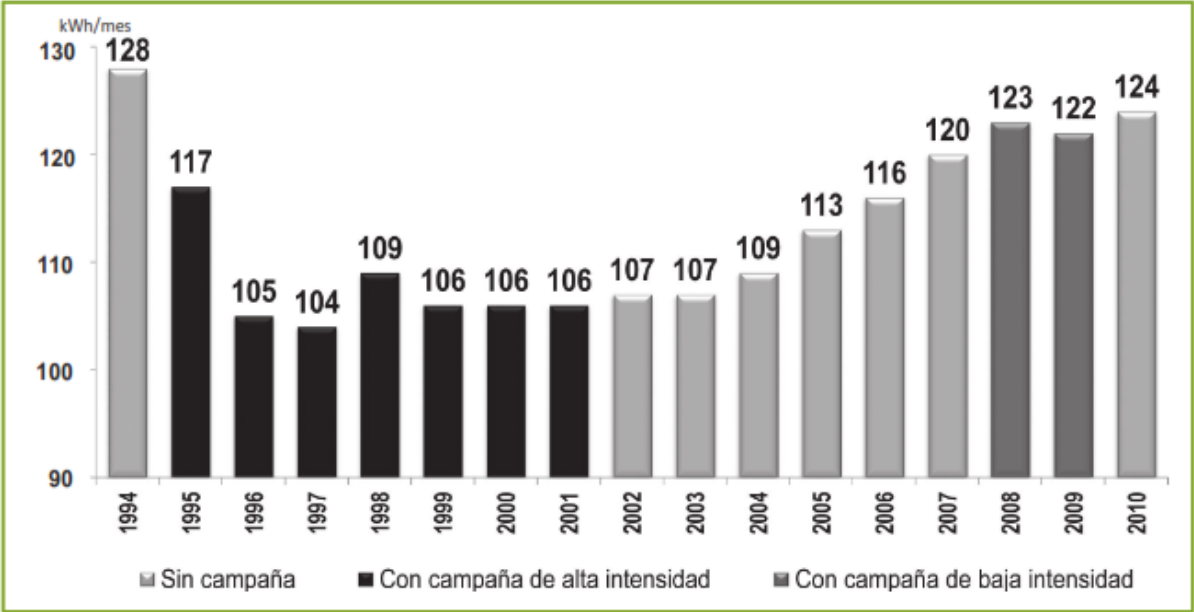
La eficiencia energética (EE) comenzó a practicarse intensivamente a partir de 1973 como consecuencia de la crisis del petróleo, en los últimos años está cobrando más importancia ya que, según la Agencia Internacional de Energía (AIE), es la única tecnología que podría ayudar a reducir en un 72% las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), acción que nos permitiría alcanzar el escenario de las 450 ppm de CO₂ en la atmósfera y de esta manera no superar los 2 °C que es la meta global acordada mundialmente para garantizar que las consecuencias del cambio climático no se tornen irreversibles para el planeta.

El Perú no pudo escapar al impacto de la crisis energética mundial de 1973 y se vio en la necesidad de desarrollar programas de ahorro de combustibles, principalmente para el transporte. Luego, en la década del ochenta, implementó durante algunos años, el “horario de verano” de enero a marzo, como un medio para ahorrar energía. En la década del noventa se realizaron múltiples campañas de ahorro energético, pues tuvimos varios años de déficit ocasionado por los cambios climáticos que afectaron a las centrales hidroeléctricas. Estas circunstancias se presentaron en una década en la que una nueva política económica de libre mercado dinamizaba el crecimiento del país.

Frente a la trascendencia de este tema, se hace una revisión de lo que se hizo y se viene haciendo en el Perú en materia de EE y se pretende poner en la agenda actual los asuntos pendientes que tendrían que encararse para hacer efectivos los mandatos que establece la Ley N° 27345, Ley de Promoción de Uso Eficiente de la Energía, que promulgada en el año 2000 declaró a la EE de interés nacional con el fin de asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso de los energéticos, designando al Ministerio de Energía y Minas como la autoridad competente en este campo.

Es preciso señalar que la eficiencia energética tiene un gran potencial de aumento de oferta de energía. Un claro ejemplo fue lo desarrollado entre el periodo de 1994 y 2001, donde desarrollaron campañas de eficiencia energética. El objetivo en este período fue reducir la demanda en 100 MW como mínimo y mantener dicha reducción en el tiempo hasta que ingresaran nuevas unidades de generación en los siguientes años. En ese entonces las condiciones para el desarrollo de un programa de ahorro de energía eran favorables; por un lado, las tarifas habían llegado a su valor real como parte de un proceso de sinceramiento de la economía, y la inflación era muy baja, lo que permitía a los usuarios percibir los resultados económicos de sus esfuerzos de ahorro. Por otro lado, en la década del ochenta, el subsidio de la energía propició el uso de equipos ineficientes y los malos hábitos de consumo de energía en la población originaron a su vez, usos innecesarios. Uno de los lineamientos políticos para la campaña fue que no se consideraran subsidios. Los resultados de lo indicado se detallan en la siguiente figura.

Figura R-9: Evolución del Consumo Promedio Mensual de Electricidad del Sector Residencial en kWh/mes. Sin y Con Campaña de Ahorro de Energía.



Fuente: Campaña de Eficiencia Energética 1994-2001

La eficiencia energética se ha convertido, en la actualidad, en una de las estrategias de relevancia en las políticas energéticas y ambientales. Por un lado, la eficiencia podría actuar sobre la oferta y la demanda de energía, sin comprometer el desarrollo socioeconómico. Por otro lado, brinda la posibilidad de contribuir significativamente a la reducción de las emisiones de CO₂ eq.

Se considera en el futuro, el reemplazo de tecnología, la importancia de incluir la eficiencia energética en toda Inversión de estímulo, enfoques de políticas, como programas de estímulo y eficiencia energética que puedan ofrecer a los gobiernos y a los formuladores de políticas información valiosa sobre el diseño y la implementación de programas para reducción de emisiones.

Se debe ir hacia una matriz energética más diversificada, competitiva, que brinde seguridad energética y este desacoplada de mayores emisiones de gases de efecto invernadero. Las energías renovables y el gas natural proporcionan una ventaja que se puede aprovechar mejor y más eficientemente, no sólo en el mercado eléctrico, sino en el transporte y la industria. Es ahí donde hay indicadores críticos y mucho por hacer para reducir contaminación y costos para ganar en eficiencia y calidad de vida.

Las oportunidades del país para adaptarse al largo plazo tendrán la necesidad de una reducción sustancial y sostenida de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y de otros gases de efecto invernadero para limitar el cambio climático, por lo que se exige un cambio radical en la innovación tecnológica en áreas críticas como mejorar la eficiencia energética, hacer que la electricidad baja en carbono sea la fuente principal para climatizar edificaciones y propulsar vehículos, capturar, almacenar y utilizar dióxido de carbono antes de que se escape a la atmósfera, aprovechar el potencial del hidrógeno verde en industrias y propender al uso de bioenergía sostenible (IEA, 2020). Asimismo, el país debe tener como referencia las acciones implementadas por los países de la región y la evolución de las tecnologías a nivel mundial, adaptándolas al contexto nacional, con el fin de alcanzar las metas propuestas.

- Ley N° 27345 – Ley de Promoción de Uso Eficiente de la Energía (2000): Declara de Interés Nacional el Uso Eficiente de la Energía.
- D. S. N° 064-2005-EM: Reglamento de Cogeneración
- D. S. N° 053-2007-EM: Reglamento de la Ley UEE.
- D. S. N° 034-2008-EM: Medidas para el Ahorro de Energía en el Sector Público.
- Aprueba el Plan Referencial de Eficiencia Energética al 2018. RM 469-2009-MEM/DM.
- D. S. N° 026-2010-EM: Creación de la Dirección General de Eficiencia Energética.
- D. S. N° 064-2010-EM: Política Energética del Perú 2010-2040.

C.4.- Evolución de Nuevas Tecnologías

La tecnología está cambiándolo todo. También al sector energético, desde la generación de electricidad, hasta su transporte, su distribución y su consumo. Los cambios vienen impulsados por varias tendencias, como son la digitalización del sector eléctrico, tanto de la red como del consumidor, la energía distribuida, la electrificación de la economía y la progresiva penetración de fuentes de energía renovables y el vehículo eléctrico.

Otra de las transformaciones está asociada a la conectividad del cliente y a la posibilidad creciente de responder a un nuevo modelo de relación en el que el consumidor demanda productos y servicios más personalizados y una gestión más activa de cómo y cuándo consumir electricidad.

Sector Transporte:

Considerando que el sector transporte es un componente clave para el desarrollo de la economía y el bienestar de la población, a medida que las economías crecen esta actividad está aumentando en todo el mundo.

Mejorar la eficiencia energética aplicando nuevas tecnologías en el sector transporte es clave, ya que puede solucionar problemas asociados a la contaminación del aire y sobre todo la dependencia del petróleo. Ante ello los fabricantes de vehículos hacen grandes esfuerzos por desarrollar vehículos más eficientes, como el desarrollo de motores más eficientes en el uso de los tradicionales combustibles fósiles. Asimismo, el desarrollo tecnológico de vehículos eléctricos e híbridos se trata de utilizar energías alternativas, como hidrógeno o electricidad extraída de energías renovables para accionamientos con baterías, pilas de combustión o híbridos.

- **Tecnología Euro VI:** Sistema que incorpora un conjunto de normas para controlar las emisiones que producen los motores. El Perú a nivel de Sudamérica aún está en situación desventajosa, respecto a países como Chile, Brasil y Argentina que cuentan con normas más avanzadas como Euro V y Euro VI. En Europa ya se ha implementado también la Euro VI. Específicamente en el caso de Perú, se tiene el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM, que establece límites de emisiones para la tecnología euro IV a partir de 2024.
- **Gas Natural Vehicular (GNV):** La conversión de un vehículo a GNV resulta altamente recomendable para vehículos que recorren grandes distancias al día, ya que su uso garantiza, además de un ahorro económico significativo, una mayor vida útil del vehículo en comparación con otros combustibles. En el Perú, el MINEM brinda un programa estatal de financiamiento con una tasa de interés aproximada de 3% en un plazo de hasta cinco años, a quienes (Propietarios de vehículos menores) deseen migrar al uso del gas natural de Lima, Callao, Piura, Lambayeque, La Libertad, Junín e Ica.

- **Vehículo Híbrido Eléctrico de Gasolina (HEV):** Los vehículos híbridos combinan un motor de combustión interna (ICE por sus siglas en Ingles) con accionamiento eléctrico de un sistema de motor / generador eléctrico de batería. Los principales beneficios de consumo de combustible de un vehículo híbrido-eléctrico de gasolina (HEV) se derivan del frenado regenerativo, la reducción del motor y la gestión activa del uso de energía para mantener condiciones de funcionamiento eficientes del motor y la eliminación del ralentí.
- **Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable (PHEV):** Los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) son vehículos híbridos que se pueden recargar desde una fuente externa de electricidad. El ahorro de combustible líquido que se puede lograr está directamente relacionado con la cantidad de electricidad almacenada en la batería.
- **Vehículo Eléctrico a Batería (BEV):** Los vehículos que extraen su energía motriz de un acumulador energético eléctrico, también constituyen una alternativa eficiente de energía para el tráfico vial. El MINEM aprobó, a través del Decreto Supremo N° 022-2020-EM publicado el 23 de agosto del 2020 en el diario oficial El Peruano, las disposiciones para implementar la futura infraestructura de carga y abastecimiento de energía para la movilidad eléctrica. Es válido indicar el Decreto Supremo también incluye a los vehículos eléctricos de rango extendido o E-REV (Extended Range Electric Vehicle), los cuales son un tipo de coche eléctrico de autonomía extendida; es decir, vehículos alimentados por la energía de una batería que cuentan con un pequeño motor de combustión para recargar la batería, consiguiendo así un rango de autonomía más amplio.
- **Vehículo Propulsado por Pilas de Hidrógeno:** Las pilas de combustible de hidrogeno son como baterías que además de electricidad producen calor y agua, cuando se encuentran abastecidas con su energético respectivo.
- **Biocombustible:** Los biocarburantes son una alternativa a los combustibles fósiles con un gran potencial que necesitan desarrollarse para convertirse en un sustituto real. Los últimos avances parecen indicar que pueden llegar a ser una importante fuente de energía en el futuro. La Ley N° 28054 – Ley de promoción del mercado de biocombustibles, considera biocombustibles a los productos químicos que se obtengan de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o de otra forma de biomasa y que cumplan con las normas de calidad establecidas por las autoridades competentes.

Sectores Residencial y Público:

- **Vivienda Inteligente (Domótica):** Asociado a ámbitos de telecomunicaciones, al denominado hogar digital u hogar conectado. Se estima que una vivienda con sistema domótica puede ahorrar de 15% a 30% de la facturación de energía eléctrica.

- **Iluminación Eficiente LED:** Los avances en la tecnología LED y la disminución de sus costos, incentivan las actualizaciones de luminarias y fomentarán una adopción más rápida de esta iluminación energéticamente eficiente. A la fecha, en el Perú desde hace algunos años se han iniciado de forma lenta la implementación de proyectos de sustitución de luminarias y lámparas ineficientes por tecnología de iluminación LED en alumbrado público, sector público, sector privado y sector residencial.
- **Refrigeración Eficiente – Tecnología Inverter:** La nueva línea de refrigeradoras inteligentes con tecnología Inverter, permiten obtener un considerable ahorro de energía eléctrica mientras logran preservar los alimentos frescos por más tiempo.
- **Climatización y/o Aire Acondicionado: Tecnología Inverter y Modo Econo Cool:** Que permiten ajustar el rendimiento del compresor a los cambios de temperatura detectados en el interior del hogar, obteniendo el rendimiento más eficiente, notable ahorro energético y excelente confort.
- **Calentamiento de Agua con Energía Solar:** Dependiendo de los requerimientos del usuario, un sistema de calentamiento de agua puede componerse de uno o más colectores solares interconectados. En el Sur del Perú, para el caso de una vivienda con 3 o 4 personas un sistema típico tiene una superficie de aproximadamente 2 metros cuadrados y una capacidad del termo tanque de 150 litros.
- **Diseño Arquitectónico Bioclimatizado:** Las viviendas bioclimáticas reducen el consumo energético en climatización y calefacción en aproximadamente el 60% respecto a las viviendas tradicionales, lo cual se traduce en un ahorro en las distintas facturas del gas o la electricidad de hasta el 80%.
- **Cocinas de Inducción:** Tipo de cocina vitro cerámica que calienta directamente un recipiente mediante un campo electromagnético. Sin duda alguna, es la cocina de inducción la tecnología que aprovecha la mayor cantidad de energía para la cocción de alimentos.
- **Generación Distribuida y Autoconsumo con Energías Renovables:** Entre las nuevas tecnologías que se están implementando en el mundo y que podrían aplicarse más adelante en el Perú son:
 - Sistemas híbridos: Combinan en una sola instalación varias fuentes energéticas conectadas o no a una red de distribución
 - Power-to-X: Aplicación tecnológica que convierte la electricidad en calor, hidrógeno o combustibles sintéticos renovables.
 - Energías renovables integradas a edificaciones: Actualmente las construcciones sostenibles utilizan las energías renovables para autoabastecer de energía a la propia edificación.

Sector Comercial:

- **La tecnología de aire acondicionado VRF:** La tecnología de aire acondicionado VRF (Volumen de Refrigerante Variable - del inglés variable refrigerant flow) es un concepto referido a equipos de aire acondicionado desarrollado especialmente para residencias amplias y edificios comerciales de medio y gran tamaño. Se trata de un sistema multi-split, en que la unidad externa se encuentra ligada a múltiples unidades internas, que operan individualmente por ambiente, por medio de los llamados sistemas de expansión directa, en los que el refrigerante “intercambia” calor con el aire del ambiente – y luego retorna para su condición inicial en el ciclo del sistema de refrigeración. La gran diferencia en los equipos de aire acondicionado VRF es la combinación de tecnología electrónica con sistemas de control microprocesador, aliado a la combinación de múltiples unidades internas en un solo ciclo de refrigeración.
- **Nuevas Tecnologías complementarias en equipos de Aire Acondicionado:** Gracias al desarrollo tecnológico, se han conseguido nuevos refrigerantes naturales obtenidos por distintos métodos -aire, agua, amoníaco, CO₂, hidrocarburos, etc., además de la aparición de nuevos componentes, como los eyectores, que se introducen en los circuitos de refrigeración con CO₂”. Si bien las tecnologías actuales pueden proporcionar un rendimiento de alta eficiencia, los objetivos y productos asumen refrigerantes HFC de alto GWP (Potencial de Calentamiento Global), y la transición a refrigerantes de bajo GWP puede plantear nuevos desafíos para igualar los productos básicos y de alta eficiencia.
- **Envoltente con Doble Acristalamiento en Áreas Climatizadas:** Se refiere al uso de doble acristalamiento ATR o láminas aislantes para un mejor aislamiento y puente térmico en áreas climatizadas con equipos de aire acondicionado. La instalación de ventanas eficientes puede reducir hasta en 70% las pérdidas energéticas a través de las mismas.
- **Aplicación de I.o.T, A.I. en sistemas de refrigeración y climatización:** La aplicación de nuevas tecnologías, como inteligencia artificial y el internet de las cosas, ha permitido desarrollar herramientas para mejorar el control y monitoreo de sistemas de refrigeración, control de temperatura y aire acondicionado.

En industrias y comercios como la farmacéutica, alimentaria y venta de víveres, el control de temperatura es crítico, por lo que optimizar los sistemas es fundamental para mantener las operaciones y evitar cuantiosas pérdidas económicas. Gracias al uso de sensores conectados a la red de internet, es posible recolectar datos sobre todos los aspectos de un sistema de control de temperatura.

Sector Industrial (Productivo y Servicios):

- **Industria 4.0:** Se considera la cuarta revolución industrial y busca transformar a las empresas en organizaciones inteligentes para conseguir los mejores resultados de negocio. El cambio se basa en la adopción de las nuevas tecnologías para la progresiva automatización del proceso productivo: fabricación aditiva, robótica colaborativa, herramientas de planificación de la producción, visión artificial, realidad virtual gamificación, simulación de procesos, inteligencia operacional, internet de las cosas (IoT), y las denominadas Key Enabling Technologies (KET).
- **Cogeneración:** Es la producción simultánea de energía eléctrica y térmica mediante una fuente primaria de energía (combustible), en donde el calor y la electricidad se generan en conjunto para ser utilizadas por uno o varios consumidores, obteniendo eficiencias globales de más del 80%. Entre las nuevas tecnologías que se están implementando en el mundo y que podrían aplicarse más adelante en el Perú son:
 - Sistemas de absorción: Se utilizan para la generación de frío aprovechando el calor residual de procesos o de grupos de generación.
 - Ciclo Orgánico Rankine: El sistema utiliza el calor residual de procesos o grupos de generación, e incluso puede integrarse a sistemas de generación de energía térmica mediante paneles solares térmicos y biomasa, constituyéndose en una alternativa de aprovechamiento de energía de muy alta eficiencia.
 - Pilas de Combustible (H₂): Actualmente los sistemas de cogeneración que usan pilas de combustible pueden cubrir potencias que van de 300 kW hasta alrededor de 3 MW. Debido a que son equipos modulares, se puede combinar de dos a más unidades para obtener la potencia deseada.
- **Motores:** En el objetivo de aumentar la eficiencia de los motores eléctricos, existen varias tendencias internacionales para disminuir las pérdidas en el motor mediante la aplicación de nuevas tecnologías (Según Norma IEC 60034-30). Las tendencias establecen el uso de:
 - Motores de velocidad variable con menos perturbaciones eléctricas
 - Motores de Alta Eficiencia (IE2), Eficiencia Premium (IE3), Eficiencia Super Premium (IE4) y Ultra-Premium (IE5).
- **Calderas:** La tendencia actual de las tecnologías en calderas en el ámbito internacional, las cuales se podrían adoptar en la renovación de las calderas con suministro de gas u otros energéticos con menos efectos negativos al medio ambiente, son los siguientes:
 - Calderas con sistemas de control y regulación automatizada.

- Calderas con quemadores de alta eficiencia.
- Calderas con economizadores de condensación.
- Calderas con control avanzado de la combustión y analizador de gases en línea.
- Calderas con motores eficientes y variador de velocidad en bombas y ventilador.
- Calderas con precalentamiento de aire de combustión.

Las nuevas tecnologías que podrían ingresar en el futuro o a corto plazo podrían ser:

- Calderas acuotubulares modulares.
- Tecnología de tubo de caldera XID.
- Calderas con recipiente a presión totalmente húmedo.

Nuevas Tecnologías en los Sistemas de Distribución Eléctrica

- **Redes Eléctricas Inteligentes (Smart Grids):** Existen diferentes tecnologías que hacen posible dotar a la red eléctrica tradicional de las características propias de una Red Inteligente. Se considerarán las siguientes tecnologías teniendo en cuenta la viabilidad que existe para que éstas sean llevadas a cabo en el contexto nacional:

- Infraestructura de Medida Avanzada (AMI):

Tecnología que incluye a los elementos de medida (medidores inteligentes) que informan del estado de la red, los consumidores y los generadores. Esta tecnología ya se está adoptando para lo cual considera lo siguiente: Lectura y operación remota, limitación de potencia de forma remota, información al usuario, tarificación horaria entre otros.

- Automatización de la Red (ADA). El incremento del nivel de automatización considera lo siguiente: Telemando, localización de fallas, reconfiguración automática, entre otros.
- Recursos Energéticos Distribuidos (DER). Las principales funcionalidades de esta tecnología son la microgeneración y el almacenamiento de energía.
- Almacenamiento de Energía: 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. Es preciso mencionar que el Almacenamiento de Energía de Baterías (BESS), es un sistema completo de almacenamiento y gestión de energía eléctrica que puede ser configurado para desempeñar diversas

funciones, que van desde la reducción de intermitencia de fuentes de generación renovables hasta la ejecución de servicios auxiliares en subestaciones de energía.

- **Movilidad Eléctrica:** Tecnología que permite la integración de este nuevo tipo de demanda, la cual presenta claras ventajas medioambientales al sustituir los vehículos basados en combustibles (fósiles).

- **Pérdidas Eléctricas:** La implementación de redes Smart Grid en los sistemas de distribución, y otras tecnologías como los transformadores amorfos, las DERs que vienen de la mano de la digitalización del sector, traen soluciones efectivas para reducir tanto las pérdidas técnicas (pérdidas de energía en los transformadores, conductores y equipos de red), como las pérdidas no – técnicas “o “comerciales” (pérdidas en la medición, facturación, conexiones ilegales, etc.):
 - **Transformadores Zigzag:** Los transformadores Zigzag, producen un punto de referencia a tierra para la creación de un neutro artificial, que reemplaza al sistema con neutro aislado usado en Lima en un nivel de tensión de 10 kV. Permitirá la mejora del suministro eléctrico en cuanto a la confiabilidad, seguridad y calidad, lo cual se reconoce como señal económica para la mejora de los sistemas eléctricos.
 - **Transformadores Amorfos:** Los transformadores con núcleo amorfo, son transformadores que presentan núcleos de transformadores contruidos con láminas de material amorfo, las cuales presentan un bajo nivel de pérdidas en vacío y menores corriente de excitación comparadas con los núcleos de transformadores convencionales.

Sistemas de Medición Inteligente (Smart Grid): Permiten el análisis de los datos de consumo de los usuarios en tiempo real, con lo que se logra identificar las áreas críticas de la red donde hay pérdidas eléctricas y plantear estrategias para optimizar la configuración de la red sabiendo donde están los puntos y periodos de mayor y menor consumo.

Hidrógeno Verde: Puede ser utilizado principalmente como un vector energético, combustible o como insumo de procesos industriales.

Los principales beneficios obtenidos por la implementación del Hidrógeno Verde son:

- El hidrógeno verde no emite gases contaminantes ni durante la combustión ni durante el proceso de producción.
- El hidrogeno es una fuente de energía renovable y limpia.
- Almacenable: El hidrógeno es fácil de almacenar, lo que permite su utilización posterior en otros usos y en momentos distintos al de su producción.
- Versátil: el hidrógeno puede transformarse en electricidad o combustibles sintéticos y utilizarse con fines industriales o de movilidad.

Esta tecnología se basa en la generación de hidrógeno (combustible universal, ligero y muy reactivo) a través de un proceso químico conocido como electrólisis. Este método utiliza la corriente eléctrica para separar el hidrógeno del oxígeno que hay en el agua, por lo que, si esa electricidad se obtiene de fuentes renovables, produciremos energía sin emitir dióxido de carbono a la atmósfera.

Tecnologías asociadas al Hidrógeno Verde

- **Electrolizador:** Es un aparato que permite producir hidrógeno mediante un proceso químico (electrólisis) capaz de separar las moléculas de hidrógeno y oxígeno de las que se compone el agua usando electricidad. En la actualidad, existen distintos tipos de electrolizadores dependiendo de su tamaño y función. Los más empleados son:
 - ✓ **Electrolizador alcalino:** Utilizan una solución electrolítica líquida, como hidróxido de potasio o hidróxido de sodio, y agua. El hidrógeno se produce en una celda que consta de un ánodo, un cátodo y una membrana. Las celdas se suelen montar en serie para producir más hidrógeno y oxígeno a la vez. Cuando se aplica corriente a la pila de celdas de electrólisis, los iones de hidróxido se mueven a través del electrolito desde el cátodo hasta el ánodo de cada célula, generándose burbujas de gas de hidrógeno en el lado del cátodo del electrolizador y de gas de oxígeno en el ánodo. Son equipos voluminosos que obtienen hidrógeno de pureza media y que no son muy flexibles en su operación.
 - ✓ **Electrolizador de membrana de intercambio de protones (PEM):** Los electrolizadores PEM utilizan una membrana de intercambio de protones y un electrolito polimérico sólido. Cuando se aplica corriente a la pila, el agua se divide en hidrógeno y oxígeno y los protones del hidrógeno pasan a través de la membrana para formar gas de hidrógeno en el lado del cátodo. Son los más populares porque producen hidrógeno de alta pureza y son fáciles de refrigerar. Son los más adecuados para acoplarse a la variabilidad de las energías renovables, además de compactos.
 - ✓ **Electrolizador de óxido sólido (SOEC):** Los SOEC funcionan a una temperatura más alta (entre 500 °C y 850 °C) y tienen el potencial de ser mucho más eficientes que los PEM y los alcalinos. El proceso se denomina electrólisis de alta temperatura (HTE) o de vapor y utiliza un material cerámico sólido como electrolito. Los electrones del circuito externo se combinan con el agua en el cátodo para formar gas de hidrógeno e iones de carga negativa. El oxígeno pasa entonces a través de la membrana cerámica deslizante y reacciona en el ánodo para formar gas de oxígeno y generar electrones para el circuito externo. Tecnológicamente están menos desarrollados que los anteriores.

- **Almacenamiento:** En comparación a otros combustibles, el hidrógeno requiere depósitos de mayor volumen para almacenar la misma cantidad de energía. Debido a la baja densidad del hidrógeno, su almacenamiento siempre requiere grandes volúmenes y está asociado con altas presiones, con muy bajas temperaturas y/o en combinación con otros materiales (mucho más pesados que el propio hidrógeno), entre las tecnologías utilizadas tenemos:
 - ✓ **Almacenamiento en estado gaseoso:** Actualmente el hidrógeno es almacenado en forma gaseosa en diferentes tipos de depósitos: depósitos de superficie móvil o estacionarios y cavernas subterráneas. Se están desarrollando depósitos a 750 bar, equivalente a unas 740 veces la presión atmosférica, lo que es una presión muy elevada.
 - ✓ **Almacenamiento en estado líquido:** Para licuar el hidrógeno se requiere una cierta cantidad de energía para bajar la temperatura hasta 20,3 K sobre el cero absoluto, además se necesitan también unos depósitos fuertemente aislados para conservar tan baja temperatura. Este es un método para almacenar cantidades relativamente grandes de hidrógeno.

Existen investigaciones de nuevos métodos para almacenar hidrógeno entre las que destaca:

- ✓ **Almacenamiento sólido:** Un grupo de investigadores de la Universidad de Deakin, en Australia, ha desarrollado un nuevo método revolucionario “ball milling” (molienda con bolas) para separar, almacenar y transportar grandes cantidades de hidrógeno verde en forma sólida que reduce radicalmente el coste de almacenamiento y no genera ningún tipo de residuos.
- **Reserva de energía:** Un equipo de investigadores dirigido por el Laboratorio de Berkeley ha examinado sistemas de energía de reserva basados en materiales similares a esponjas, denominados metal-orgánicos (MOF, son materiales cristalinos porosos formados por iones metálicos, donde grandes poros dentro de los cristales pueden almacenar hidrógeno). Los MOF tienen altas áreas superficiales y capacidades de absorción de hidrógeno, por lo que las moléculas de hidrógeno pueden adherirse a la superficie de las cavidades de los MOFs. Una de las aplicaciones de esta tecnología es la reserva de energía de menos de 10 MW, como es el caso de una microred.

RESULTADOS

Se han identificado 33 acciones de eficiencia energética las cuales se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla R-2: 33 Acciones de eficiencia energética

AEE	Acciones de Eficiencia Energética
AEE01	Transformación Iluminación Residencial
AEE02	Reemplazo de Lámparas de Vapor de Sodio de alta presión – VSAP por LED
AEE03	Etiquetado de Eficiencia Energética
AEE04	Auditorías Energéticas en el Sector Público
AEE05	Eficiencia Energética en el Sector Público – Iluminación y Aire Acondicionado
AEE06	Cocción Limpia
AEE07	Promoción GNV para Vehículos
AEE08	Uso de Combustibles Más Limpios
AEE09	Auditorías Energéticas en el Sector Privado
AEE10	Eficiencia Energética Sector Comercial – Hoteles
AEE11	Etiquetado Vehículos Livianos
AEE12	LNG en Transporte de Carga
AEE13	Promoción de Vehículos Eléctricos a Nivel Nacional
AEE14	Reemplazo de Calentadores Eléctricos por Solares de Agua de Uso Sanitario
AEE15	Red de Metro de Lima
AEE16	Sistema Integrado de Transportes (Lima)
AEE17	Hidrógeno Verde
AEE18	Conducción Eficiente
AEE19	Cogeneración
AEE20	Generación Distribuida con Energías Renovables
AEE21	Smart Grids
AEE22	Reducción de Pérdidas en los Sistemas de Distribución a Nivel Nacional
AEE23	Buses Eléctricos de Transporte U/R
AEE24	Transporte Urbano Sostenible
AEE25	Chatarreo y Renovación Vehicular
AEE26	Iluminación Industrial, Minero Metalúrgico, Agropecuario y Pesca
AEE27	Masificación Gas Natural Domiciliario
AEE28	Eficiencia en Motores Eléctricos
AEE29	Mejora de Eficiencia en Calderas
AEE30	Chatarreo de Refrigeradoras
AEE31	Etiquetado en Edificaciones Sostenibles
AEE32	Sistemas Fotovoltaicos en Sistemas Eléctricos Aislados
AEE33	MEPS de Equipos Energéticos

Cabe resaltar que las inversiones y reducción del consumo de energía y emisiones de esta medida se están integrando con la AEE01, por lo que se tiene un documento integrado para las AEE01 y la AEE02.

A continuación, se presentan los indicadores de resultados de reducción de emisiones y consumo de energía, así como también los indicadores económicos de todas las Acciones de Eficiencia Energética.

Tabla R-3: Resumen Resultados de AEEs

AEE	Acción de Eficiencia Energética	Reducción Emisiones (MtCO _{2e})	Uso Racional de Energía (TJ)	Inversión (Millones \$)	Costos de O&M (Millones \$)	Ingresos (Millones \$)	Ratio Beneficio/Costo	TIR Privado (%)	VAN Privado (Millones \$)
AEE01-002	Transformación del Mercado de Iluminación	1,70	15 632,13	-7,96	-0,25	--	--	--	-8,21
AEE003	Etiquetado de Eficiencia Energética	3,50	31 987,92	-293,33	-177,26	168,79	0,36	2%	-287,69
AEE004	Auditorías Energéticas en el Sector Público	1,98	19 491,25	-17,54	-0,20	61,87	3,49	21%	44,33
AEE005A	Reemplazo de Lámparas de baja eficiencia por LED en el Sector Público	0,84	7 103,20	-16,11	-32,08	33,13	2,06	13%	17,02
AEE005B	Reemplazo de Equipos de AA de baja eficiencia por más eficientes en el Sector Público	0,27	2 487,57	-10,35	-21,39	22,09	2,14	15%	11,74
AEE006	Cocción Limpia	16,50	122 634,29	-72,33	0,00	611,79	8,46	15%	539,46
AEE007	Promoción GNV para Vehículos	11,48	-468 985,69	-603,00	-3,00	21 896,00	36,18	1136%	21 290,00
AEE008	Uso de Combustibles más limpios	26,28	182 721,67	-1 104,36	-33,13	918,49	0,81	7%	-438,00
AEE009	Sistemas de Gestión Integral de Energía en los Sectores Industrial Minero Servicios y Auditorías Energéticas	17,85	172 512,44	-80,35	-3 442,56	632,00	0,18	39%	-2 890,91
AEE010	Eficiencia Energética en el Sector Servicios - Hoteles	22,41	101,52	-174,98	-250,86	442,28	2,53	17%	267,30
AEE011	Etiquetado Vehículos Livianos	21,23	458 877,98	-12 324,53	-0,41	14 523,16	1,18	17%	2 198,21
AEE012	LNG en Transporte de Carga	2,34	-95 962,24	-1 081,00	-9,00	1 312,00	1,20	17%	222,00
AEE013	Promoción de vehículos eléctricos	4,04	107 390,68	-6 248,37	711,22	2 566,91	0,46	-6%	-5 622,25
AEE014	Reemplazo de calentadores eléctricos por solares	5,35	54 091,11	-0,39	-0,21	128,56	215,34	937%	246,44
AEE015	Red de Metro de Lima	3,99	36 700,55	-4 501,46	-570,05	56,49	0,01	0%	-5 015,03
AEE016	Sistema Integrado de Transporte	0,97	13 304,21	-121,58	-11,09	310,12	2,34	28%	177,44
AEE017	Hidrógeno Verde	10,47	96 303,88	-1 190,64	-3,33	0,47	0,00	7%	-285,52
AEE018	Conducción Eficiente	18,49	246 581,81	-17,33	-39,15	0,00	0,00	0%	-106,91
AEE019	Cogeneración	29,79	98 631,94	-543,45	-112,15	7 530,64	13,86	44%	8 074,09
AEE020	Generación Distribuida y Autoconsumo con Energía Renovables	55,18	0,00	-593,04	-78,69	-54,96	0,08	11%	-1 345,03
AEE021	Smart Grid	24,46	225 070,10	-7,03	-1,23	48,26	5,85	--	39,22
AEE022	Reducción Pérdidas Eléctricas en el Sistema de Distribución	36,73	337 913,72	-2,76	-1,59	18,08	4,16	--	14,52
AEE023	Promoción de Buses Eléctricos de Transporte a nivel Nacional	7,21	49 468,34	-2 497,98	73,57	506,89	0,21	0%	-3 835,05
AEE024	Transporte Urbano Sostenible	6,60	141 071,64	-693,64	-103,20	2 256,13	2,83	30%	1 459,29
AEE025	Chatarreo y Renovación Vehicular	2,82	52 184,00	-2 237,36	-1 588,05	3 680,19	0,96	10%	-145,22
AEE026	Iluminación Industrial Minero Metalúrgica Agropecuario Comercial y Pesca	1,30	11 854,33	-73,02	-67,61	65,05	0,46	2%	-214,59
AEE027	Masificación del Gas Natural Residencial	3,76	32 791,88	-2 696,00	0,00	805,00	0,30	0%	-1 891,00
AEE028	Eficiencia en Motores Eléctricos	7,25	66 134,45	-1 255,08	-298,36	263,60	0,17	10%	-56,65
AEE029	Mejora de Eficiencia en Calderas	3,01	47 250,64	-3,27	0,00	172,52	52,81	75%	161,36
AEE030	Chatarreo de Refrigeradoras	11,22	102 438,08	-1 374,61	-930,80	858,52	0,37	18%	-992,14
AEE031	Etiquetado en Edificaciones Sostenibles	18,39	185 986,31	-32 647,00	-653,00	0,00	0,00	0%	-33 271,00
AEE032	Sistemas Aislados	10,55	0,00	-494,61	-1 944,19	585,97	1,18	14%	304,65
AEE033	MEEPs de Equipos Energéticos	7,42	67 766,62	-312,65	-375,53	357,58	0,52	8%	-142,56
Total		395,38	2 986 484,29						

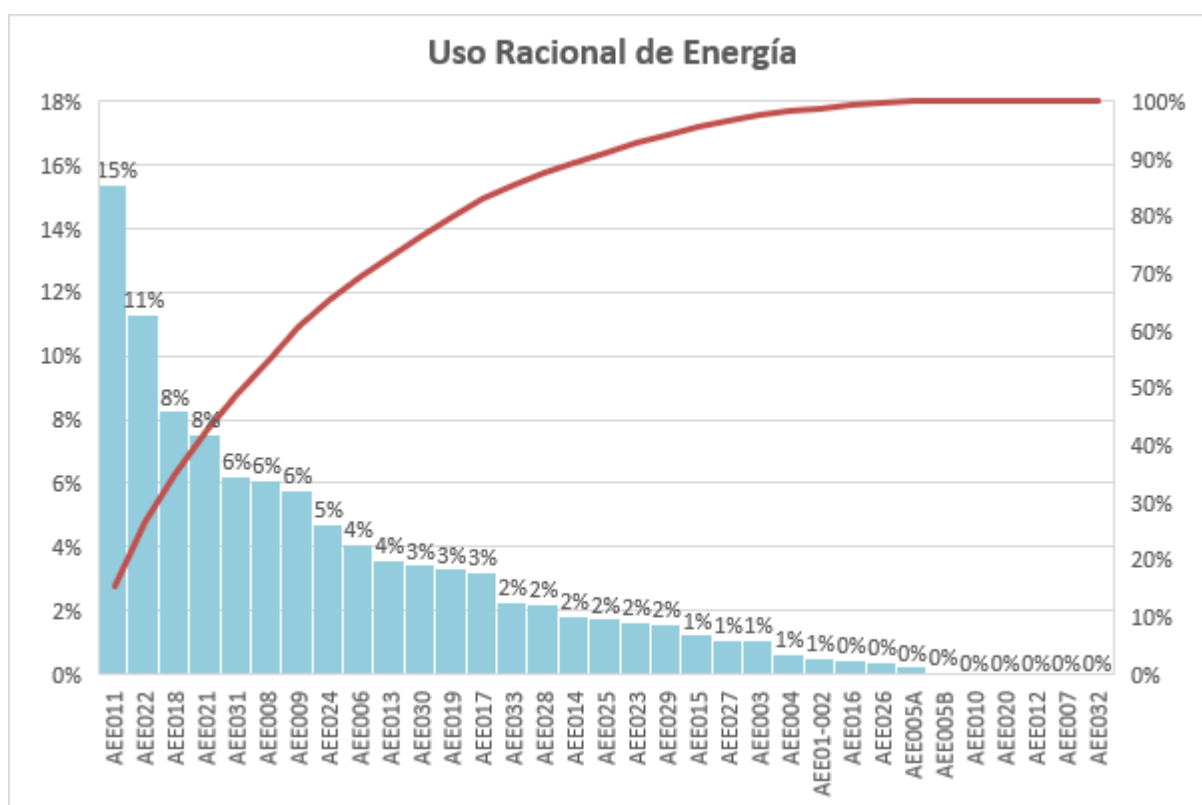
(*) Versión en Revisión

De la tabla anterior, se puede concluir lo siguiente:

- La reducción total de consumo de energía totaliza 2,99 Millones de TJ
- La reducción de emisiones al año 2050 es de 395,38 MtCO₂e, para las 32 Acciones de Eficiencia Energética.
- 2 AEEs tienen un valor de reducción de energía negativo. Estas AEEs son la AEE07, y la AEE12, ambas del sector Transporte. Estos casos se dan, porque hay un mayor consumo energético en el GNV o GNL con respecto al diésel,
- En el caso de la AEE20 y AEE32, generación distribuida y sistemas aislados, debida a que se entrega energía en el proceso, se toma el punto de vista del lado de la demanda, en la que ambos escenarios, BAU y Acción de Eficiencia, tienen el mismo consumo de energía.
- La AEE de mayor VAN y rentabilidad resulta la AEE07, Promoción GNV para vehículos.
- La AEE con mayor reducción de emisiones resulta la AEE20 Generación Distribuida y Autoconsumo con Energía Renovables.

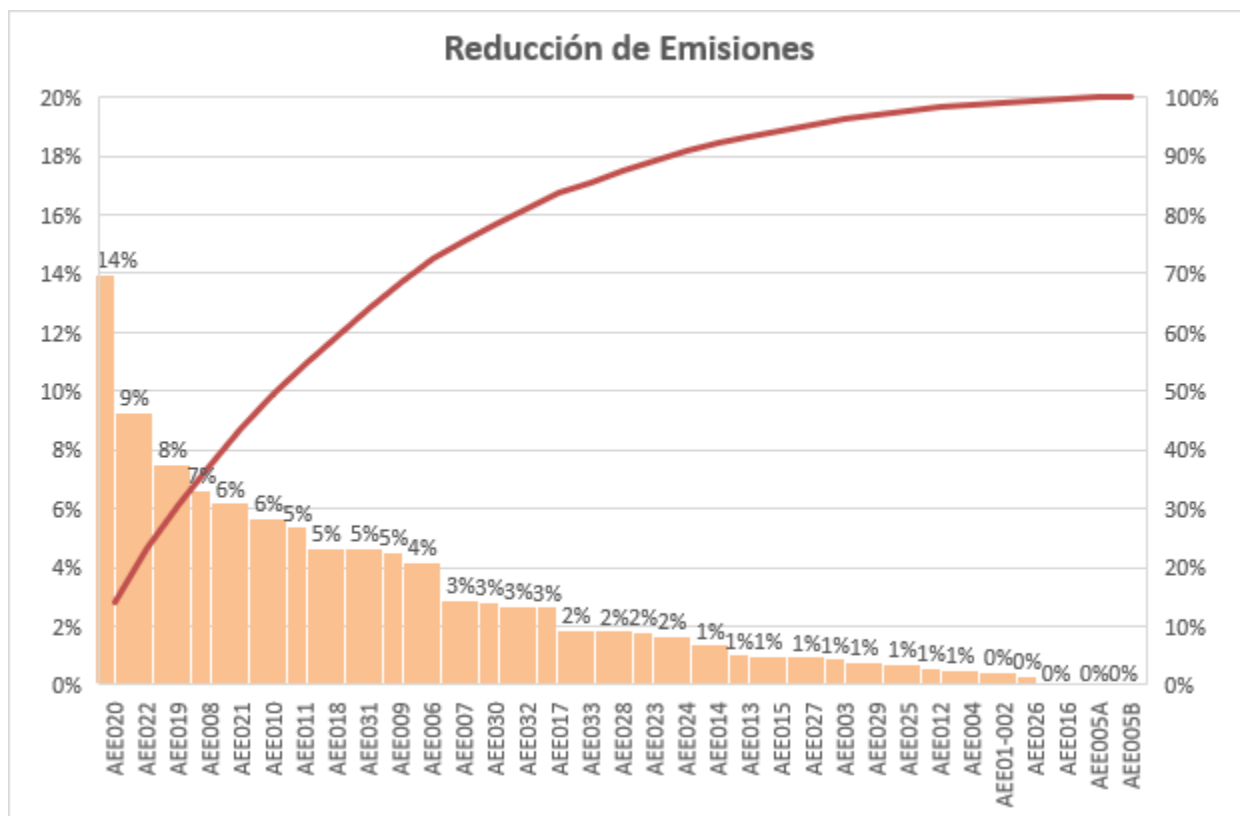
En la siguiente Figura, se muestra de forma porcentual el aporte en el uso racional de energía en TJ de las Acciones de Eficiencia Energética, encontrándose que la AEE11 de etiquetado de vehículos livianos aporta el 15%, seguido de la AEE22 de Reducción de Pérdidas en los Sistemas de Distribución del SEIN que aporta el 11%

Figura R-7: Aporte en el uso Racional de Energía en TJ de las Acciones de Eficiencia Energética



En la siguiente Figura, se muestra de forma porcentual el aporte en la reducción de emisiones en MtCO₂e de las Acciones de Eficiencia Energética, encontrándose que la AEE20 de cogeneración aporta el 14%, seguido de la AEE22 de Reducción de Pérdidas en los Sistemas de Distribución del SEIN que aporta el 9%.

Figura R-8: Aporte en la Reducción de Emisiones de las Acciones de Eficiencia Energética



Los archivos de trabajo Excel y Word de cada Acción de Eficiencia Energética, en donde se presentan los resultados de las proyecciones de consumo de energía al año 2050, así como las inversiones, y los rendimientos económicos de las mismas, se adjuntan en el Anexo 3 del presente Informe.



 / @MinemPeru

www.gob.pe/minem
Av. Las Artes Sur N° 260, San Borja, Lima
Central telefónica: (+511) 411-1100