



**Análisis cuantitativo de políticas verdes en  
el sector manufacturero  
Eficiencia energética**

**Perú**

Mayo 2019

## Contenido

Introducción.....	4
1. Talleres y reuniones de trabajo realizados .....	6
2. Análisis sectorial .....	7
3. Definición de los objetivos sectoriales .....	12
4. Definición de los escenarios a analizar .....	16
4.1. Escenario Business as Usual (BAU) .....	16
4.2. Escenario donde se incorporan las políticas evaluadas por el MEG PRODUCE (VERDE) ..	16
5. Trabajo en el T21 Perú.....	17
6. Resultados.....	18
6.1. Análisis económico .....	18
6.2. Análisis social.....	19
6.3. Análisis ambiental.....	20
7. Discusión.....	21
Bibliografía.....	23
Anexos .....	25

## **Tablas**

<b>Tabla 1: Talleres y reuniones de trabajo y sus respectivos logros y acuerdos.....</b>	<b>6</b>
<b>Tabla 2: Inventarios nacionales de GEI 2000, 2005, 2010 and 2012 .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 3: Índice RISE para Perú 2018.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 4: Consumo, pérdidas y ahorro potencial de energía para las actividades industriales manufactureras priorizadas.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 5: Acciones de eficiencia energética de potencial implementación en las industrias del sector industrial manufacturero.....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 6: Cambios en la producción sectorial frente a mejoras de la eficiencia energética en el corto, mediano y largo plazo (puntos porcentuales) .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 7: Comparación de impactos en el PBI de la política de eficiencia energética MEG PRODUCE vs T21 Perú.....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 8: Emisiones de CO2 equivalente acumuladas en los años 2024,2029 y 2035 (millones de toneladas) .....</b>	<b>20</b>

## **Gráficos**

<b>Gráfico 1: Participación de los sectores económicos en el PBI nacional 2007-2017 (Nuevos soles constante 2007).....</b>	<b>8</b>
<b>Gráfico 2: Participación de manufactura y construcción en el PBI nacional 2007-2017 (Nuevos soles constante 2007) .....</b>	<b>8</b>
<b>Gráfico 3: Crecimiento anual del PBI manufactura y PBI construcción 2007-2017 (Nuevos soles constante 2007).....</b>	<b>9</b>
<b>Gráfico 4: Empleo en el Perú 1998-2016 por sector económico* (Porcentaje) .....</b>	<b>9</b>
<b>Gráfico 5: Interacción entre modelos MEG PRODUCE y T21 Perú .....</b>	<b>18</b>

## **Anexos**

<b>Anexo 1: Resultados de los módulos económicos .....</b>	<b>25</b>
<b>Anexo 2: Resultados de los módulos sociales y ambientales.....</b>	<b>26</b>

## Introducción

### Executive Summary

The analysis of improvements on energy efficiency show the usefulness of integrating PRODUCE CGE model and the T21-Peru under the IGEM framework, which allows the evaluation of a green policy in the economic, social and environmental fields of sustainable development.

The implementation of the energy efficiency policy in the selected sub-sectors implies a reallocation of the factors of production throughout the Peruvian economy that result in net improvements in social and environmental variables. However, complementary policies are needed to enhance the effectiveness of the proposed green policies. In particular, the improvement on energy efficiency policy as proposed will not have the desired result in of reducing CO2 emissions. This is due to:

- The policy can not focus only on improving efficiency, the policy needs accompanied by actions to change the energy matrix. That is, the policy allows for a more efficient using the same energy sources, but the sources should also be made greener (e.g. renewable energy). Energy policies are under the Ministry of Energy and Mines, so policy coordination is required to reach the expected outcome.
- Other sectors increase their production given the additional benefits from the energy efficiency, since they are motivated to produce more with less, especially services.
- Although agricultural production is indirectly discouraged, the reduction of emissions from changes in land use do not counteract the increase of emissions from the use of energy.

In addition, the greater production in the industry will not come from the creation of more jobs, but higher labor productivity. According to T21 Peru, this is due to:

- Higher production with the same initial capital. Efficiency motivates higher production per worker, but does not translate into a significant increase in investment. With the same capital, less labor is required to achieve the same production.
- The transition of the sectoral composition of the GDP and employment towards the tertiary sector is accelerated. The green services sector has a greater weight in GDP than green manufacturing.
- The transfer of jobs between manufacturing and services is around 20,000 jobs throughout the period 2019-2035. Although this amount may be small, it is important to bear in mind that the transition between sectors takes time.

Although the results can be classified as small, it is important to remember that the policy has been implemented in sectors that represent 6.06% of total GDP in 2017 (INEI, 2018) and 7.29% of employment during 2017 (INEI, 2017). Specific:

- The green manufacturing sector represents 1.15% of total 2017 GDP and 1.47% of total 2016 employment.
- The green services sector represents 4.92% of total 2017 GDP and 5.82% of total 2016 employment.

## **Antecedentes**

La Alianza para la Acción hacia una Economía Verde (PAGE) inició sus actividades en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible Río +20 con el fin de apoyar a los países en su transición hacia economías con crecimiento más verde e inclusivo. En junio del 2013, Perú se une a esta iniciativa, pero no sería hasta diciembre de 2014 donde se establece una hoja de ruta hacia el desarrollo de una estrategia de Crecimiento Verde en el marco de la edición 20 de la Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) realizada en Lima.

En el año 2015 se inicia la fase uno de la iniciativa PAGE en Perú, la cual consistió en la generación de evidencia sobre las capacidades y necesidades de reforma sectorial en el país para una adecuada transición hacia el Crecimiento Verde. En este marco, el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP) brindó apoyo para la elaboración de un documento de diagnóstico y el análisis cuantitativo de políticas verdes mediante la utilización de un modelo para la economía peruana. El modelo utilizado fue una adaptación a la realidad peruana del Threshold 21 (T21) desarrollado por la Institución Millenium (MI). El T21 Perú evaluó políticas verdes en los sectores agricultura, forestal y transporte urbano. En 2017, luego reuniones de trabajo y talleres, los resultados del T21-Perú fueron validadores por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y los sectores involucrados.

En el año 2017, PAGE Perú y Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM) informaron al resto de los sectores económicos sobre las potencialidades del modelo T21 Perú en el marco de taller de Modelamiento organizado en la Universidad del Pacífico (julio 2017). En dicho taller, se presentaron otros esfuerzos de modelamiento como es el caso del Modelamiento Integral de la Economía Verde (IGEM) desarrollado por ONU Ambiente y el Modelo de Equilibrio General Computable (MEG PRODUCE) del Ministerio de la Producción de Perú (PRODUCE). Al finalizar este encuentro, instituciones como el Centro de Planeamiento Nacional (CEPLAN), Servicio Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) y PRODUCE manifiestan su interés en conocer más sobre herramientas expuestas (dinámicas de sistemas y el IGEM).

En este contexto el objetivo de la presenta investigación es extender el uso del modelo T21 Perú en la evaluación de políticas verdes en el sector manufacturero. Adicionalmente, se dará soporte para implementación del marco de IGEM, el cual permitirá la extensión verde y articulación entre el modelo T21 Perú (Seminario, y otros, 2018) y el MEG PRODUCE (Romero C. , Vila, Greco , & Romero, 2016). De esta manera las ventajas y fortalezas de cada modelo compensarán mutuamente sus limitaciones.

La oportunidad para ambos modelos es grande pues permite la posibilidad su crecimiento y mejora conjunta. El T21 Perú se beneficia de la información detallada de la reasignación de factores y las clasificaciones de mano de obra por actividad manufacturera provenientes del modelo de MEG de PRODUCE. Por otro lado, el MEG de PRODUCE se beneficia de las proyecciones de largo plazo y las interacciones y retroalimentaciones de los módulos ambientales del T21 Perú. En este contexto, se inicia el proceso de “modelos vivos” que permitirá el desarrollo y mejora de ambas herramientas para toma de decisiones más informadas.

El presente documento se divide en cuatro capítulos. En el primero capítulo se listan los talleres y reuniones de trabajo realizadas para transmitir y transferir capacidades entre los distintos actores involucrados. En el segundo capítulo se analizan los sectores objeto de estudio. En el tercer capítulo se definen los objetivos sectoriales a evaluar en los modelos. El capítulo cuatro resume la definición de los escenarios trabajados. En el quinto capítulo se describe brevemente el trabajo llevado a cabo en el T21 Perú. Por último, en los capítulos seis y siete se analizan y discuten los resultados respectivamente.

## 1. Talleres y reuniones de trabajo realizados

Para el desarrollo de la presente investigación se han realizado diversos talleres de trabajo con el objetivo de brindar capacidades de modelamiento en dinámica de sistemas y modelos de equilibrio general computables. Asimismo, en estos espacios se discutieron las políticas verdes a proyectar al articular los modelos T21 Perú y MEG PRODUCE. Otros resultados de los talleres de trabajo se resumen a continuación:

**Tabla 1: Talleres y reuniones de trabajo y sus respectivos logros y acuerdos**

Fecha	Reunión/taller	Asistentes	Logros y acuerdos
01/08/18 - 03/08/18	Integrated Green Economy Modelling	CIUP, CEPLAN, PRODUCE, MINAM, ONU Ambiente, María Eugenia Ibararán	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación introductoria al modelo T21 Perú</li> <li>• Discusión de potenciales políticas verdes del sector manufacturero</li> <li>• Entrega de la base de datos del T21 Perú a CEPLAN</li> </ul>
10/09/18 - 14/09/18	T21 Perú y modelamiento del sector manufacturero peruano	CIUP, CEPLAN, PRODUCE, ONU Ambiente, Millennium Institute	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación de PRODUCE y CEPLAN en los comandos básicos del modelo T21 Perú</li> <li>• Discusión de políticas verdes con PRODUCE</li> <li>• Elaboración y validación de diagramas causales iniciales de políticas</li> <li>• Solicitud de datos para elaboración de escenario Business as Usual y escenario verde</li> <li>• Capacitación de equipo CIUP en metodología y herramientas de calibración y optimización en VENSIM</li> </ul>
12/11/18- 14/11/18	Reverdeamiento y calibración del MEG de PRODUCE	CIUP, PRODUCE, ONU Ambiente, María Eugenia Ibararán y Roy Boyd	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de diagramas causales de las políticas a ser evaluadas en el T21 Perú</li> <li>• Criterios de reverdecimiento y creación de sector verde en la matriz Insumo Producto Peruana y el modelo MEG de PRODUCE</li> <li>• Capacitación en la dinamización del modelo MEG de PRODUCE</li> <li>• Discusión de los bucles de retroalimentación entre los módulos económico, sociales y ambientales del T21 Perú de acuerdo a las políticas de PRODUCE</li> <li>• Discusión de la articulación del modelo T21 Perú y el MEG de PRODUCE.</li> </ul>
11/03/19	Definición de subsectores	CIUP, PRODUCE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PRODUCE define la división de sectores para la evaluación de la política de eficiencia energética de acuerdo a las sesiones de trabajo con María Eugenia Ibararán y Roy Boyd.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• La política será aplicada en subsectores de manufactura (fabricación de productos metálicos diversos, fabricación de maquinarias y equipos y fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos) y servicios (los subsectores que conforman servicios brindados a empresas del sector privado).</li> <li>• La Oficina de Estudios Económicos de PRODUCE solicita tiempo adicional para corroborar esta definición de subsectores con la Dirección de Asuntos Ambientales.</li> <li>• Una vez validados los sectores, PRODUCE remitirá los impactos sectoriales del sector energía.</li> </ul>
23/04/2019	Estimaciones del MEG PRODUCE	CIUP, PRODUCE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PRODUCE define que la política de eficiencia energética busca reducir el uso de energía en los subsectores seleccionados en metas de 5%,10% y 15% para el corto, mediano y largo plazo respectivamente.</li> <li>• PRODUCE remite la recomposición de producción sectorial de toda la economía de acuerdo a las estimaciones del MEG de PRODUCE.</li> </ul>

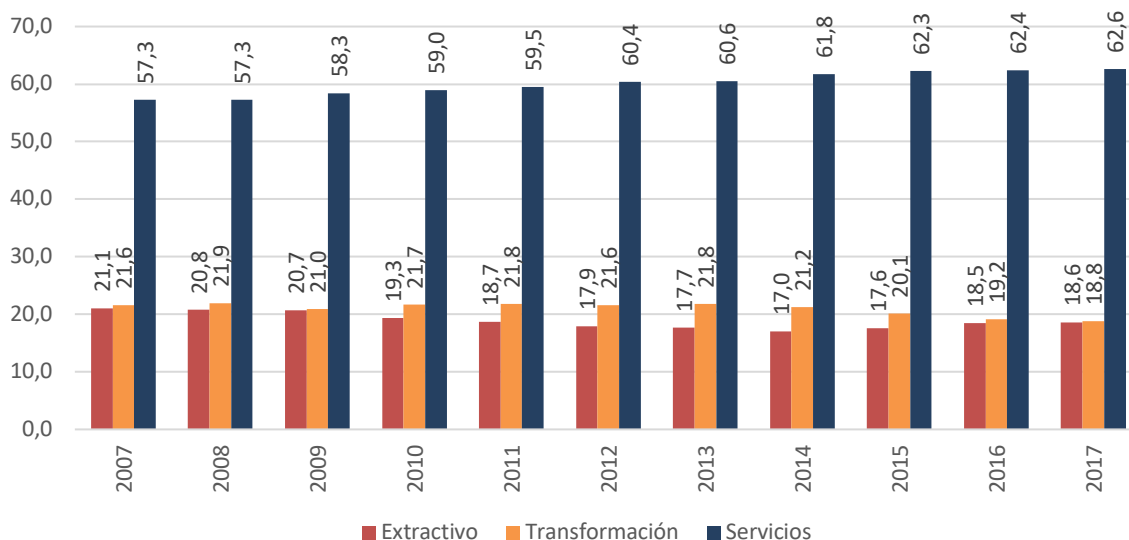
Elaboración propia

Entre los resultados destaca la posibilidad de inclusión de un escenario adicional donde el T21 Perú incorpore los efectos de las políticas simuladas en el MEG de PRODUCE.

## 2. Análisis sectorial

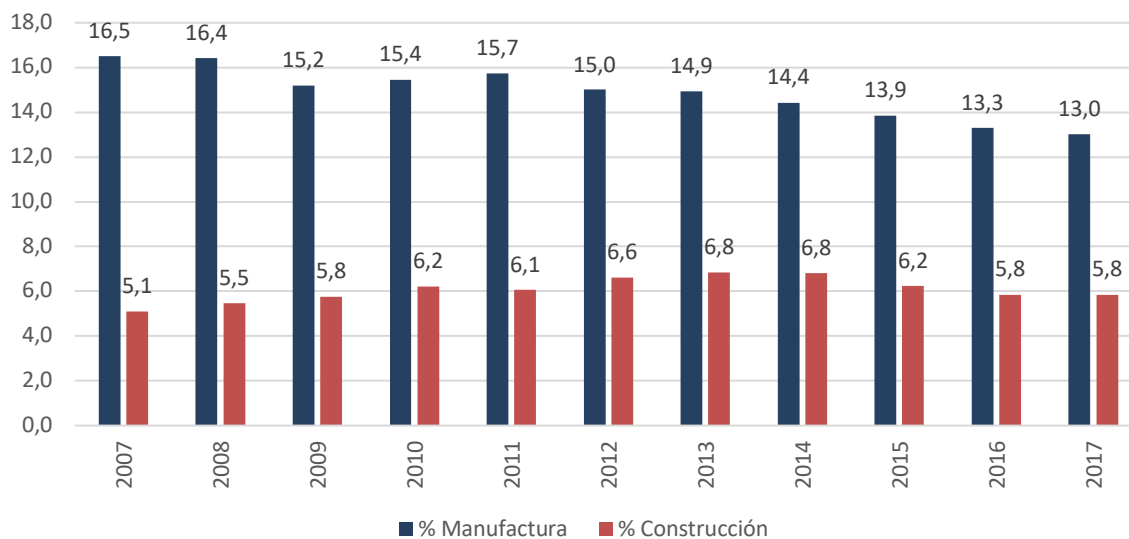
El PBI del sector transformación (manufactura y construcción) representó 19% del PBI nacional en el 2017, mientras que el manufacturero tiene una participación de 13%, uno de los principales sectores luego del sector minero (INEI, 2018). El sector manufacturero es clave para el desarrollo de cadenas de valor y el aprovechamiento de las potencialidades de actividades poco desarrolladas (forestal, acuícola, entre otras). La mejora de aspectos como la innovación, tecnología y calificación de la mano de obra permiten la diversificación de la economía y, en consecuencia, mayor resiliencia frente a fluctuaciones de precios internacionales (como es en el caso de los precios de los *commodities* mineros).

**Gráfico 1: Participación de los sectores económicos en el PBI nacional 2007-2017 (Nuevos soles constante 2007)**



Fuente: INEI (2018)

**Gráfico 2: Participación de manufactura y construcción en el PBI nacional 2007-2017 (Nuevos soles constante 2007)**

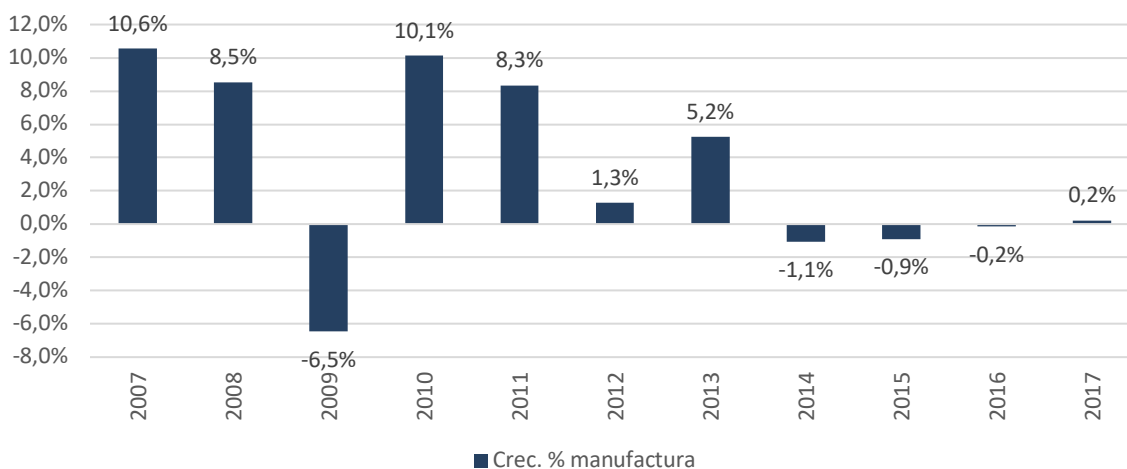


Fuente: INEI (2018)

Si bien, el sector manufactura presenta un crecimiento anual de promedio de 3.2% en el período 2007-2017, se registra una desaceleración en los últimos años debido a la disminución de la inversión privada y el consumo público (PRODUCE, 2018).



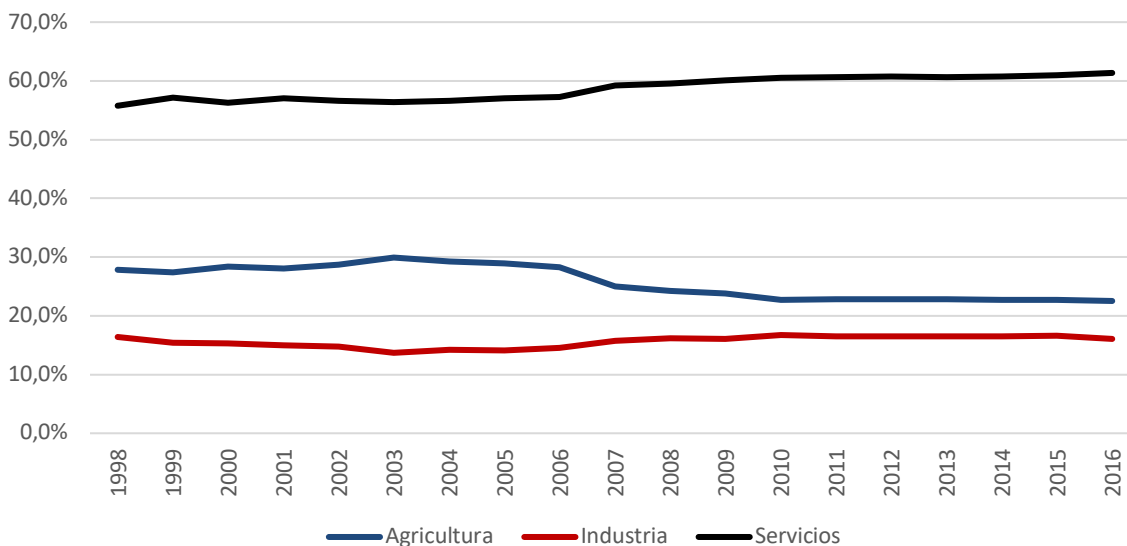
**Gráfico 3: Crecimiento anual del PBI manufactura y PBI construcción 2007-2017 (Nuevos soles constante 2007)**



Fuente: INEI (2018)

La principal fuente de empleo en el Perú corresponde al sector terciario (61.4%) durante el 2016. En segundo lugar, se encuentra el sector industria (minería, manufactura y construcción) con una participación de 22.5%.

**Gráfico 4: Empleo en el Perú 1998-2016 por sector económico\* (Porcentaje)**



\* El gráfico no incluye el empleo proveniente de la administración pública.

Fuente: Estimación a partir de la data disponible de INEI (2018) y Vries & Vries (2015)

En el año 2016, el 99.5% de empresas formales eran micro (95%), pequeñas (4.3%) y medianas (0.2%) empresas (MIPYME) (PRODUCE, 2018). El 0.5% restante corresponde a las grandes empresas,

donde se concentra la mayor productividad (PRODUCE, 2014). Las MIPYME del sector industrial manufacturero representan el 8.8% del total (PRODUCE, 2018).

El sector industrial y minero son consumidores 28% de la energía generada en el país (MINEM, 2018). En cuanto a las participaciones en generación de gases de efecto invernadero (GEI), los procesos industriales tienen una participación de 3.5% del total generado en 2012 (MINAM, 2018). No obstante, es relevante mencionar que su participación se ha duplicado desde el 2000.

**Tabla 2: Inventarios nacionales de GEI 2000, 2005, 2010 and 2012**

Categorías	Inventario 2000		Inventario 2005		Inventario 2010		Inventario 2012	
	(Gg CO2eq)	(%)	(Gg CO2eq)	(%)	(Gg CO2eq)	(%)	(Gg CO2eq)	(%)
Energía	28,377.21	17.0	30,103.98	16.3	42,643.98	25.0	44,637.83	26.1
<b>Procesos industriales</b>	<b>2,574.88</b>	<b>1.5</b>	<b>3,509.18</b>	<b>1.9</b>	<b>5,011.56</b>	<b>3.0</b>	<b>6,063.54</b>	<b>3.5</b>
Agricultura	23,463.71	14.1	24,576.52	13.3	25,783.39	15.1	26,043.68	15.2
Residuos	5,233.51	3.1	5,686.25	3.1	7,019.72	4.1	7,822.58	4.6
USCUSS	107,208.32	64.3	121,034.69	65.5	89,907.16	52.7	86,741.94	50.6
<b>TOTAL</b>	<b>166,857.64</b>	<b>100.0</b>	<b>184,910.61</b>	<b>100.0</b>	<b>170,365.81</b>	<b>100.0</b>	<b>171,309.57</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Infocarbono-MINAM (2018)

No obstante, si se considera la participación del sector manufactura en las emisiones generadas por el sector energía se obtiene una participación de 0.9% de las emisiones totales del 2012 (MINAM, 2018). En consecuencia, el sector manufacturero tiene una participación de 4.4% en las emisiones de GEI del Perú.

En cuanto a eficiencia energética, índice Regulatory Indicators for Sustainable Energy (RISE) ubica al Perú en el último lugar de Sudamérica con 31 puntos (Banco Mundial, ESMAP, CIF, & SEFA, 2018). Este resultado no es sorprendente si se considera que cinco de doce categorías presentan puntaje inferior a diez. Sin embargo, estos indicadores representan una oportunidad para el sector peruano de manufactura.

En el caso de incentivos y mandatos a grandes consumidores, no existen metas de eficiencia y con ello tampoco monitoreo, auditorías ni penalidades de tales metas. Tampoco se identificaron incentivos tributarios para invertir en eficiencia energética ni programas de reconocimiento empresarial. La única acción identificada corresponde a la Iniciativa de Instituciones Públicas Ecoeficientes del Ministerio del Ambiente (MINAM).

Con respecto a mecanismos financieros, no se hallaron incentivos tributarios, líneas de créditos, tasas de descuento verdes, acuerdos de producción más limpia (APML), bonos verdes, garantías de riesgos parcial, entre otros para inversiones en eficiencia energética. Tampoco se hallaron mecanismos de mercados para solventar una transición hacia un consumo más eficiente de energía.

El único caso identificado es la NAMA y AMPL para el sector cemento, el cual está en proceso de debate por PRODUCE, MINAM y las empresas involucrados.

Tampoco se encontraron políticas implementadas de etiquetado de eficiencia energética de motores eléctricos, vehículos y otros equipos industriales ni mecanismo de precios de asignación de precios al carbono. En este último caso, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) ha realizado cálculos iniciales (Seminario, 2016). Asimismo, en el marco de los compromisos del Acuerdo de París, el MINAM y trece sectores contempla la implementación del sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de emisiones de GEI.

**Tabla 3: Índice Regulatory Indicators for Sustainable Energy (RISE) para Perú 2018**

Indicador	Puntaje
1. Planeamiento nacional de eficiencia energética	75
2. Entidades de eficiencia energética	57
3. Información provista a usuarios sobre uso de electricidad	67
4. Incentivos en eficiencia energética en estructuras de ratios eléctricos	48
5. Incentivos y mandatos: grandes consumidores	33
6. Incentivos y mandatos: sector público	50
7. Incentivos y mandatos: empresas de servicios públicos	4
8. Mecanismos financieros para eficiencia energética	0
9. Estándares mínimos de desempeño en eficiencia energética	42
10. Sistema de etiqueta energético	0
11. Construcción de códigos energéticos	0
12. Precios de carbono	0

Fuente: Banco Mundial y otros (2018)

PRODUCE (2018) ha identificado importantes pérdidas de energía en cinco actividades manufactureras priorizadas de acuerdo a la información del Balance de Energía 2013 (MINEM, 2014). Las pérdidas de energía alcanzan 36,311.22TJ/a (44% de la energía neta), lo cual indica un alto potencial de ahorro energético.

**Tabla 4: Consumo, pérdidas y ahorro potencial de energía para las actividades industriales manufactureras priorizadas**

Actividades industriales	Energía neta		Energía útil		Pérdidas de energía	
	E.Eléctrica (TJ/a)	E.Térmica (TJ/a)	E.Eléctrica (TJ/a)	E.Térmica (TJ/a)	E.Eléctrica (TJ/a)	E.Térmica (TJ/a)
Alimentos	8,038.00	50,145.92	5,631.00	26,139.00	2,407.00	24,006.92
Siderurgia	2,106.00	3,594.00	1,369.00	1,617.00	737.00	1,977.00
Fundición y refinación metales	2,974.00	3,838.10	2,182.00	1,852.00	792.00	1,986.10
Metalmecánica	3,992.00	402.55	3,171.00	183.00	821.00	219.55
Química	1,622.00	6,770.66	1,259.00	3,749.00	363.00	3,021.66
<b>Total</b>	<b>18,732.00</b>	<b>64,751.22</b>	<b>13,612.00</b>	<b>33,540.00</b>	<b>5,120.00</b>	<b>31,211.22</b>

Fuente: MINEM (2014)

Elaboración: PRODUCE (2018)

### 3. Definición de los objetivos sectoriales

La medida para el sector manufacturero se denomina “**eficiencia energética a través de intervenciones integrales**” y tiene por objetivo incrementar la eficiencia energética del sector manufactura en 15% hacia el año 2035. Las metas graduales se establecen en 5% para el año 2019, 10% para el año 2024, y 15% para el año 2029. Este meta es un incremento con respecto al 10% al 2030 comprometido en las contribuciones nacionales determinadas (NDC) del sector (PRODUCE, 2018). Con esta medida (10% en 2030) originalmente se buscaba reducir las emisiones en 0.1 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>eq acumulados a 2030. No obstante, es importante señalar que este objetivo de reducción (0.1 M de menos CO<sub>2</sub> con 10% de eficiencia en 2030):

- Responde a una diferente definición de sectores al aplicado en este trabajo. En la NDC se indica efectuar la política en: (i). 35 Zonas Industriales Sostenibles (ZIS) a través de acuerdos de producción más limpia (APML) y (ii). 453 micro y pequeñas empresas mediante promoción de buenas prácticas y tecnología. Potencialmente la medida podría estar aplicada a más subsectores de la industria pues se puede debatir la capacidad de realización de la política en el grupo (i).
  - Las ZIS son un proyecto en sus inicios y en pleno proceso de identificación y diseño.
  - Sólo hay un APML diseñado en 2016 y su implementación no se ha efectuado por diversos obstáculos de articulación interinstitucionales (ministerios y empresas). A la fecha no hay discusión de diseño de nuevos APML.
- No ha sido propuesto sobre la base de reasignación de recursos en toda la economía como si lo realiza el MEG PRODUCE.

En este contexto, no se dispone de una meta de reducción de emisiones asociada al aumento de eficiencia de 15% pues se busca evaluar si la política logra una reducción. En este sentido se compararán los resultados del 10% (0.1 millones acumulados de reducción de toneladas CO<sub>2</sub>) al 2024 y 15% al 2029 (0.15 millones acumulados de reducción de toneladas de CO<sub>2</sub>).

Además, a diferencia de la NDC sectorial, en este caso se ha planteado implementar esta política en los siguientes subsectores:

- Fabricación de productos metálicos diversos, fabricación de maquinarias y equipos y fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos. Estos subsectores se han definido como **manufactura verde**.
- Servicios profesionales, científicos y técnicos, otros servicios administrativos; alquiler de vehículos, maquinaria y equipo y otros; y agencias de viaje. Estos subsectores se han definido como **servicios verdes**.

Estos subsectores han sido definidos por PRODUCE de acuerdo a la<sup>1</sup>:

- La intensidad de uso de energía, especialmente fósil.

---

<sup>1</sup> PRODUCE recibió el apoyo de los consultores María Eugenia Ibararán y Roy Boyd en la selección de sectores de acuerdo a la experiencia de “enverdecimiento” del MEG para el caso mexicano.

- Facilidad de implementación de medidas de cambio de fuentes de energía.
- Identificación de acciones de mejoras de prácticas de gestión y posibilidad de renovación de sistemas y equipos. En el cuadro a continuación, PRODUCE (2018) lista las diferentes acciones que pueden ser aplicadas al sector manufacturero y consideró que éstas tienen relevancia de aplicación en estos sectores (Ver **Tabla 5**).

No obstante, PRODUCE no ha señalado qué acciones específicas se aplicarán en estos subsectores y si éstas difieren entre cada actividad seleccionada. Tampoco ha planteado cómo se financiarán (montos, naturaleza del financiamiento, entre otros) estas mejoras y que otras medidas son necesarias para su implementación. El actual trabajo es un ejercicio para evaluar el potencial impacto de la política.

**Tabla 5: Acciones de eficiencia energética de potencial implementación en las industrias del sector industrial manufacturero**

Controles Operacionales	Cambio tecnológico
<b>Sistema de ventilación</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sellado de orificios y perforaciones para reducir las caídas de presión en el sistema.</li> <li>• Planificar y ejecutar mantenimientos que consideren rutinas de lubricación y limpieza de los dispositivos mecánicos.</li> <li>• Realizar ajuste y calibración de los sistemas de transmisión por correas con el fin de reducir pérdidas mecánicas por deslizamiento.</li> <li>• Reubicación del ducto de succión de aire del ventilador a lugares libres de obstáculos, con el fin de evitar sobrecargas en el sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En sistemas que requieren variaciones en el flujo de aire que cuenten con compuertas y persianas, instalar dispositivos variadores de velocidad para el motor del ventilador, con el fin de eliminar pérdidas de presión en el sistema.</li> </ul>
<b>Sistema de aire comprimido</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar fugas mediante el sellado de orificios y perforaciones para reducir las caídas de presión en el sistema.</li> <li>• Reducir la temperatura del aire de admisión tomando succión desde fuera del edificio.</li> <li>• Asegurarse que el mantenimiento sea realizado por especialistas calificados, pues darse de una forma inadecuada puede reducir la eficiencia de la compresión, aumentar la fuga de aire o la variabilidad de la presión, entre otros.</li> <li>• Debido a su relativamente costosa operación, se debe utilizar la cantidad mínima de aire comprimido por el menor tiempo posible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el uso de motores de alta eficiencia o eficiencia Premium para compresores y el uso de fajas de transmisión de alta eficiencia en el ventilador.</li> <li>• Evaluar la instalación de controladores de máxima demanda si el proceso lo permite.</li> <li>• Evaluar la instalación de un compresor pequeño para usarlo durante los períodos de baja demanda.</li> <li>• Dimensionar el tamaño del compresor según la demanda, si se necesitan varios compresores usar un controlador.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar el calor residual del enfriamiento del compresor para calentar agua para el proceso o alguna área de producción.</li> </ul>
<b>Sistemas de bombeo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar horas de operación, en particular durante horas punta.</li> <li>• Detectar y corregir fugas en la red de suministro de agua.</li> <li>• Realizar mantenimientos periódicos internos a las unidades de bombeo, para rectificar los deterioros; y en caso de ser necesario realizar cambio de elementos críticos como los impulsores.</li> <li>• Cuando se trate mezclas de sólidos con líquidos, se requieren sistemas de lavado de las tuberías y velocidades suficientes para evitar las sedimentaciones.</li> <li>• En bombas de gran capacidad, es necesario un programa de monitoreo para calcular el tiempo óptimo de renovación. Efectuar mantenimiento oportuno según especificaciones del fabricante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la necesidad de contar con una sola bomba, ya que utilizar una sola bomba de gran capacidad para atender todo el proceso puede originar baja eficiencia y mayor consumo eléctrico.</li> <li>• Evaluar la instalación de controladores de máxima demanda si el proceso lo permite.</li> <li>• Aplicar dispositivos variadores de velocidad para modificar las velocidades de impulsión de líquido.</li> <li>• En caso de adquirir un nuevo equipo, seleccionar una bomba eficiente y operarla cerca de su flujo de diseño. Asimismo, seleccionar aquellas que cumplan con los requisitos de operación requeridos en los procesos y que operen en puntos cercanos al de su mayor eficiencia.</li> <li>• Evaluar la implementación de controles automáticos de presión y caudal. Implementar variadores de velocidad en el motor de la bomba.</li> </ul>
<b>Hornos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener selladas aberturas o evitar mantener compuertas abiertas innecesariamente. Y cuando esto sea requerido, reducir los tiempos de apertura y cierre.</li> <li>• Mantener procesos de producción continuos, en la medida de lo posible, con el fin de evitar pérdidas de energía en cada parada.</li> <li>• Cambiar o reponer aislante refractario deteriorado en las paredes y techos del horno, para reducir al máximo pérdidas de calor por radiación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechar la energía en forma de calor de los gases de combustión de la chimenea en otros procesos. El uso más frecuente de la recuperación de calor de estos gases es en el precalentamiento del aire de combustión.</li> </ul>
<b>Motores</b>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rebobinar un motor existente en algunos casos puede ser más rentable que comprar uno nuevo. Como regla general, cuando los costos de rebobinado exceden el 60% de los costos de un nuevo motor, comprar el nuevo puede ser la mejor opción.</li> <li>• Monitorear que el voltaje de desequilibrio en los terminales del motor no exceda el 1%, de lo contrario se reduciría el rendimiento del motor en la operación de carga parcial. El desequilibrio de voltaje degrada el rendimiento y acorta la vida de los motores trifásicos y también provoca un desequilibrio de corriente, que dará como resultado aumento de la vibración y estrés mecánico, aumento pérdidas y sobrecalentamiento del motor, lo que puede reducir la vida útil del aislamiento de los devanados del motor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazar motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia o eficiencia Premium.</li> <li>• En ampliaciones o proyectos nuevos evitar el sobredimensionamiento de los motores. Para la compra de motores nuevos, verificar que sea de alta eficiencia; efectuar la evaluación económica considerando costos de operación durante la vida útil en adición al costo de inversión inicial.</li> <li>• Incorporar variadores de velocidad u otros accesorios que permitan ahorrar energía.</li> <li>• Utilizar fajas de transmisión de alta eficiencia.</li> <li>• Mejorar el factor de potencia mediante la instalación de un banco de condensadores individuales.</li> </ul>
<b>Calderas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar la eficiencia de combustión de la caldera.</li> <li>• Realizar el mantenimiento preventivo de las calderas.</li> <li>• Realizar el control de exceso de aire y purgas.</li> <li>• Usar gas natural o GLP en reemplazo del petróleo.</li> <li>• Verificar el estado de los aislamientos de las cañerías de vapor y condensado de los sistemas de distribución de vapor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar sistema de cogeneración, para generar calor y electricidad en forma simultánea.</li> <li>• Reemplazar quemadores obsoletos por otros más eficientes.</li> <li>• Considerar uso de calderas más pequeñas, para cargas parciales o para requerimiento de menor temperatura o presión.</li> <li>• Instalar conmutadores de potencia que impiden la operación innecesaria de bombas de repuesto, en calderas.</li> <li>• Instalar un controlador automático para el funcionamiento de calderas.</li> <li>• Reemplazar calderas antiguas por calderas más eficientes.</li> <li>• Realizar mediciones para identificar si el diámetro y el área de las tuberías de los sistemas de distribución de vapor son las adecuadas, y en caso de que no, deberán reemplazarse.</li> </ul>
<b>Sistemas de iluminación</b>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar de polvo las lámparas</li> <li>• Pintar de color claro las paredes y techos de las áreas de producción y oficinas administrativas</li> <li>• Utilizar la luz natural</li> <li>• Apagar las lámparas innecesarias y reducir al mínimo imprescindible la iluminación en exteriores.</li> <li>• No sobre iluminar áreas innecesariamente, para ello verificar los estándares de iluminación por áreas con un luxómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar lámparas halógenas en lugar de vapor de mercurio en áreas de producción y lámparas de vapor de sodio en áreas de almacenamiento.</li> <li>• Utilizar tecnología más eficiente como las luminarias LED, para todas las áreas donde sea posible.</li> <li>• Utilizar programadores o sensores de luz natural para luces exteriores.</li> <li>• Utilizar reguladores de intensidad para reducir la intensidad de luz en periodos que se necesite poca luz, por ejemplo, durante la limpieza.</li> <li>• Separar los circuitos de iluminación para que su control no dependa de un solo interruptor y se ilumine solo sectores necesarios.</li> </ul>
--	---

Fuente: PRODUCE (2018)

Además de la reducción de emisiones, las empresas se verían beneficiadas por la disminución de sus costos de energía por unidad producida, mejora de imagen corporativa al mejorar la calidad ambiental de las zonas aledañas, capacitación de trabajadores, adopción de nuevas tecnologías (mejora de equipos y equipamientos) e incremento de la producción al tener más recursos disponibles.

Es importante resaltar que no todas las mejoras operacionales o tecnológicas aplican a todas las industrias.

#### 4. Definición de los escenarios a analizar

De acuerdo al debate de los talleres de trabajo se considera trabajar dos escenarios: Business As Usual, Business As Usual que incorpora simulaciones del MEG PRODUCE y la política de eficiencia.

##### 4.1. Escenario Business as Usual (BAU)

En el escenario de BAU del T21 Perú se evaluarán la evolución de las tendencias de los indicadores económicos, sociales y ambientales sin la incorporación de la política de eficiencia energética.

##### 4.2. Escenario donde se incorporan las políticas evaluadas por el MEG PRODUCE (VERDE)

Este escenario incorporará la política de eficiencia energética en los siguientes sectores:

- **Manufactura verde:** Fabricación de productos metálicos diversos, fabricación de maquinarias y equipos y fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos.
- **Servicios verdes:** Servicios profesionales, científicos y técnicos, otros servicios administrativos; alquiler de vehículos, maquinaria y equipo y otros; y agencias de viaje.

Estos sectores fueron definidos por PRODUCE de acuerdo a la posibilidad de mejoras en tecnología y gestión en eficiencia energética y la facilidad de cambio en el uso de energías más limpias.



La política implica la mejora de eficiencia energética en 5%, 10% y 15% en los años 2019, 2024 y 2030. El efecto del 15% se mantendrá hasta el año 2035.

## 5. Trabajo en el T21 Perú

La metodología consiste en la utilización de la recomposición de producción sectorial del MEG PRODUCE frente a escenarios de mejora de eficiencia energética de 5%, 10% y 15% en los subsectores manufactura verde y servicios verdes. La mayor eficiencia de estos sectores provoca incrementos y caídas de la producción en demás sectores pues algunos sectores aprovecharán la mayor disponibilidad de energía (incluyendo los sectores donde se aplica la política).

Estas mejoras en la eficiencia (5%, 10% y 15%) son aplicadas como cambios en la producción en los años 2019, 2024 y 2030. Es importante mencionar que los valores entre dichos años son interpolados y que se mantiene el efecto del shock de 15% en el período 2030-2035. Posteriormente, los incrementos/caídas a la producción con respecto a la mejora de eficiencia son agrupados de acuerdo a los siete sectores disponibles en el T21 Perú. En consecuencia, para mantener la representatividad sectorial, estos cambios en la producción son ponderados por la participación de cada subsector en el MEG Produce. De acuerdo a lo expuesto, los impactos en la producción del MEG PRODUCE serán los siguientes en el T21 Perú:

**Tabla 6: Cambios en la producción sectorial frente a mejoras de la eficiencia energética en el corto, mediano y largo plazo (puntos porcentuales)**

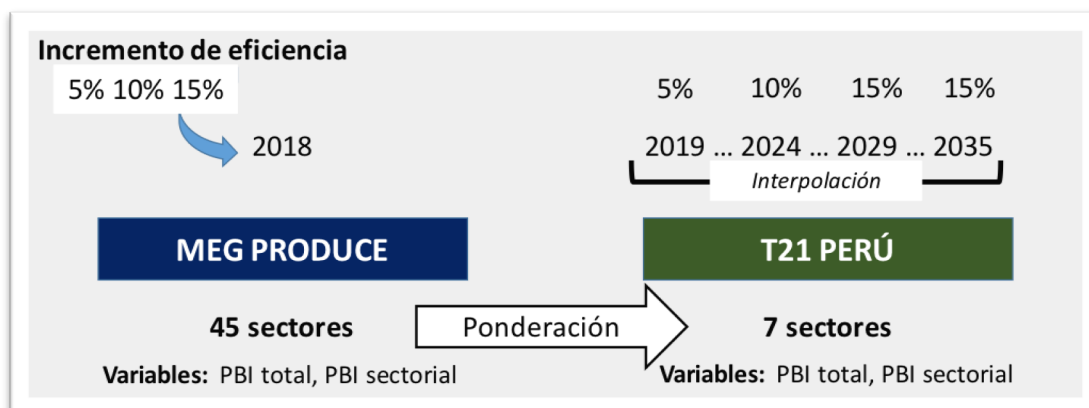
Sector T21	CP (5%)	MP (10%)	LP (15%)
Agricultura	-0.076%	-0.154%	-0.235%
Pesquería	-0.022%	-0.044%	-0.067%
Silvicultura	0.008%	0.017%	0.026%
Manufactura	0.081%	0.162%	0.242%
Minería minerales	-0.017%	-0.034%	-0.052%
Industria madera	-0.051%	-0.082%	-0.040%
Servicios genéricos	0.075%	0.151%	0.228%
Servicios públicos	0.071%	0.143%	0.216%

Elaboración propia

Por ejemplo, en caso de manufactura significa que con un 5% más de eficiencia energética, la producción del sector será 0.081% mayor.

El siguiente gráfico resume la interacción entre los modelos:

**Gráfico 5: Interacción entre modelos MEG PRODUCE y T21 Perú**



Elaboración propia

Se trabajó con datos del Instituto Nacional de Estadística del Perú – INEI (2018).

## 6. Resultados

### 6.1. Análisis económico

Los resultados del T21 Perú resultan consistentes en la gran mayoría de los sectores con respecto a los cambios de producción estimados con el MEG de PRODUCE.

**Tabla 7: Comparación de impactos en el PBI de la política de eficiencia energética MEG PRODUCE vs T21 Perú**

Variable	T21 BAU vs VERDE				MEG PRODUCE		
	Diferencia porcentual 2019	Diferencia porcentual 2024	Diferencia porcentual 2029	Diferencia porcentual 2035	CP (5%)	MP (10%)	LP (15%)
PBI real	0.056%	0.134%	0.225%	0.270%	0.083%	0.167%	0.252%
PBI agricultura	-0.073%	-0.089%	-0.063%	0.085%	-0.076%	-0.154%	-0.235%
PBI pesquería	-0.022%	-0.044%	-0.067%	-0.067%	-0.022%	-0.044%	-0.067%
PBI silvicultura	0.008%	0.017%	0.026%	0.026%	0.008%	0.017%	0.026%
PBI extracción minerales	-0.017%	-0.034%	-0.052%	-0.052%	-0.017%	-0.034%	-0.052%
PBI manufactura	0.079%	0.169%	0.266%	0.295%	0.081%	0.162%	0.242%
PBI industria de madera	-0.034%	-0.054%	-0.027%	-0.027%	-0.051%	-0.082%	-0.040%
PBI servicios	0.075%	0.180%	0.302%	0.360%	0.075%	0.151%	0.228%
PBI servicios públicos	0.133%	0.299%	0.480%	0.533%	0.071%	0.143%	0.216%

Elaboración propia

De acuerdo al modelo T21, en el año 2035, se supera el incremento planteado en los casos de PBI real, PBI manufactura, PBI servicios y PBI servicios gubernamentales. El incremento de la eficiencia energética en el tiempo tiene efectos adicionales en el atractivo de la inversión de servicios y ello

ocasiona una mayor movilidad de factores de producción hacia estos sectores. Por esta razón se aprecian efectos más grandes en servicios para el caso del T21 con respecto a los planteados por el MEG Produce. El caso de los servicios públicos destaca de sobremanera pues su producción se determina en función a los salarios del sector y, por lo tanto, no tiene limitaciones en sus factores de producción. En este sentido es posible que se esté sobreestimando sus efectos.

No obstante, para el caso de industria de la madera los resultados difieren a lo largo del período de análisis. Esto se debe a que la actividad está estancada en los últimos años y no se incorporan políticas que estimulen la mayor fabricación de madera, y, por lo tanto, la disminución del saldo importador neto del Perú en este rubro.

En el caso de PBI agricultura, la diferencia porcentual entre escenarios difieren radicalmente en el año 2035. Esto se debe a que el T21 asume un cambio de composición de los cultivos en el escenario base. Si bien, el shock de la reasignación de insumos del MEG PRODUCE impera a lo largo del período de estudio, en los últimos 5 años este efecto de cambio de composición de cultivos lo supera.

En el caso de PBI silvicultura y PBI pesquería, el incremento de 2035 coincide con el valor reportado por una eficiencia energética de 15%.

La política evaluada habilita mejoras en el PBI per cápita. Si bien son pequeñas, la diferencia entre escenarios aumenta cada año. Por último, las exportaciones siguen un comportamiento similar al PBI y destacan el incremento vinculado a las actividades de manufactura y servicio (Ver **Anexo 1**).

## **6.2. Análisis social**

En los módulos sociales (Ver **Anexo 2**), la política tiene efectos muy pequeños en las variables población y años total promedio de escolaridad. Estas reducidas variaciones resultan importantes porque implican que no hay cambios relevantes en emisiones de CO<sub>2</sub>, demanda de energía, demanda de tierras, consumo de agua, entre otros motivados por la variable población. En consecuencia, los resultados se derivan de los shocks en la productividad. Por otro lado, el aumento de los años totales promedio de escolaridad influye en los nacimientos a través de la mejora en la selección de métodos anticonceptivos pero los cambios no son lo suficientemente grande para ocasionar cambios radicales las tasas de natalidad.

Destaca la disminución de la proporción de la población por debajo de la línea de pobreza. La mejora del PBI y los ingresos implicaría que aproximadamente 122 mil personas serían sacadas de la pobreza durante el período 2019-2035<sup>2</sup>.

En cuanto al empleo, se incrementan los empleos en el sector servicios y, en mucha menor medida, en el sector agricultura. A pesar del incremento de la producción en la manufactura, los empleos caen debido al mayor atractivo (PBI e inversión acelera la transición a actividades terciarias) del sector servicios y la necesidad de menos trabajadores dada la implementación de acciones de eficiencia energética (mayor intensidad en el ratio capital – trabajo y se produce más con igual

---

<sup>2</sup> Esta cifra es una referencia pues el modelo T21 analiza tendencias al futuro. Así mismo, la pobreza depende de muchos factores además de un componente monetario.

capital inicial). Es decir, hay un incremento de la productividad del trabajo en el sector manufactura (Ver **Anexo 1**, ítem 1R).

Los cambios en la proporción de la población con acceso a salud son nulos. El T21 Perú, al ser un modelo macroeconómico, no registra el progreso de la salud poblacional y ambiental local.

### 6.3. Análisis ambiental

El menor PBI agrícola en el escenario verde estimula una menor expansión de sector agrícola y, en consecuencia, una menor pérdida anual de bosques (Ver **Anexo 2**) pues la agricultura es causa entre 70% y 80% de la deforestación en el Perú (PNCB, 2016). Esto a su vez provoca una disminución de las emisiones de CO2 equivalente asociadas a deforestación. Indirectamente la política de eficiencia energética ha contribuido en cambiar la composición de PBI sectorial y gracias a ello se ha da una reducción acumulada de toneladas de CO2 de 0.09 millones en el 2024 (cuando la política alcanza 10% de eficiencia energética) y de 0.72 millones en el 2035 (Ver **Tabla 1**). Esta última cifra es 6 veces más que la meta planteada de reducción de 0.1 millones toneladas en la NDC de PRODUCE (10% de eficiencia energética en el 2030).

En contraste, las emisiones correspondientes al sector energía se elevan: una economía más estimulada provoca incrementos en la demanda de energía en el Perú pues la política implementada por PRODUCE tiene repercusiones en otros sectores. Al poder producirse más con menos uso de energía, el efecto neto es el incremento de la actividad económica y de las emisiones de GEI en el escenario verde. Resulta paradójico que la estimación indique un **aumento** de 0.12 millones de toneladas de CO2 con 10% adicional de eficiencia energética cuando la NDC promete una **reducción** de 0.1 millones de toneladas. Análogamente, cuando se alcanza la meta de eficiencia de 15%, las emisiones del sector energía alcanzan 0.42 millones de toneladas en lugar de reducirlas en 0.15 millones. Si no se consideran las interconexiones sectoriales y el cambio de la matriz energética, esta medida de política puede tener resultados opuestos a los esperados.

**Tabla 8: Emisiones de CO2 equivalente acumuladas en los años 2024,2029 y 2035 (millones de toneladas)**

Variable/Año (Eficiencia)	2024 (10%)	2029 (15%)	2035 (15%)
Emisiones del sector energía	0.12	0.42	1.14
Emisiones de deforestación	-0.09	-0.36	-0.72
Emisiones netas energía y deforestación	0.03	0.07	0.43

Elaboración propia

Al unir el incremento de emisiones provenientes del sector energía y la disminución de emisiones correspondientes a deforestación, el efecto neto es un incremento acumulado de 0.43 millones de toneladas de CO2 equivalente durante el período 2019 – 2035. Esto se respalda en el ligero incremento de las emisiones per cápita. En este sentido, la política de eficiencia energética no tendrá el efecto deseado (Ver **Discusión**). No obstante, hay un **resultado positivo**: las emisiones de GEI por unidad de PBI se reducen en el escenario verde. Esto significa que el incremento del PBI

nacional es mayor a la variación de emisiones y, en consecuencia, es un paso hacia el **desacoplamiento** del crecimiento económico y los GEI.

Por último, también se observa cambios en los patrones de consumo de recursos hídricos. En agricultura se experimenta una disminución del uso de agua mientras que en manufactura se experimenta un incremento.

## 7. Discusión

La implementación de la política de eficiencia en energética en los subsectores seleccionados implica una reasignación de los factores de producción en toda la economía peruana que resultan en mejoras netas en las variables sociales y ambientales. No obstante, la política de eficiencia energética como está planteada no tendrá los resultados deseados en términos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto se debe a:

- La política no está acompañada por acciones de cambio de uso de matriz energética. Es decir, se está siendo más eficiente utilizando las mismas fuentes de energía. Este tipo de políticas están a cargo del Ministerio de Energía y Minas. La política no se puede concentrar únicamente en la mejora de eficiencia si no está acompañada de cambios que hagan la matriz energética más verde. Se recomienda identificar en qué sectores es posible acceder a fuentes de energía más limpia pues en algunos casos los equipos no son eléctricos y se operan con hornos.
- Los sectores se ven motivados a producir más con menos. Esto contrarresta los efectos negativos como menor producción en sector de producción de petróleo y gas.
- Otros sectores se ven estimulados por estos cambios, especialmente servicios.
- Si bien la producción agrícola se ve desincentivada indirectamente, la reducción de emisiones provenientes del cambio de uso de tierra y suelos es insuficiente para contrarrestar el mayor número de emisiones provenientes del uso de energía a lo largo de todo el período de estudio.

Además, se identifica que la mayor producción en sector industria no vendrá de la mano de más puestos de trabajo, pero sí de mayor productividad por unidad de mano de obra. De acuerdo al T21 Perú, esto se debe a:

- Mayor producción con misma capital inicial. La eficiencia motiva una mayor producción por trabajador, pero no se traduce en un incremento de inversión.
- Por el contrario, se acelera una transición de la composición sectorial del PBI y empleo hacia el sector terciario. El sector servicios verdes tiene un mayor peso en el PBI que manufactura verde.
- Con un mismo capital, ya no es requerida la misma cantidad de mano de obra para alcanzar una misma producción.

No obstante, es relevante destacar que la transferencia de empleos entre manufactura y servicios es de alrededor de 20,000 puestos de trabajo durante todo el período 2019-2035. Si bien está cantidad puede resultar pequeña, es importante tener en cuenta que la transición entre sectores

toma tiempo y tal vez sea necesaria alguna medida complementaria de reinserción laboral pues el modelo T21 Perú no señala entre qué subsectores se da el movimiento laboral. Sin embargo, el T21 Perú considera un mayor rezago de tiempo para contratar personas en el sector servicios con respecto al sector industrial.

Si bien los resultados pueden calificarse como pequeños, es importante recordar que la política ha sido implementada en sectores que representan el 6.06% del PBI total 2017 (INEI, 2018) y 7.29 % del empleo durante el 2017 (INEI, 2017). En específico:

- El sector manufactura verde representa 1.15% del PBI total 2017 y 1.47% del empleo total 2016.
- El sector servicios verdes representa 4.92% del PBI total 2017 y 5.82% del empleo total 2016.

Se recomienda evaluar las políticas de eficiencia energética en sectores junto a cómo estas actividades serán beneficiarias de acciones de cambios por una matriz energética más verde. También resulta deseable diferenciar las acciones de mejora de eficiencia en cada subsector y evaluar si efectivamente las mejoras de estándar son análogas en todos los subsectores. Explorar estas alternativas es relevante para complementar el **desacoplamiento** del crecimiento económico y emisiones.

Estos resultados muestran la utilidad de utilizar de manera **integrada** el MEG de PRODUCE y el modelo de dinámica de sistemas T21-Perú, bajo el esquema IGEM. Esto ha permitido la evaluación de un instrumento de política verde en los ámbitos económico, social y ambiental del desarrollo sostenible. Gracias a esta integración, se puede concluir que la política evaluada resulta positiva para elevar el crecimiento económico y social sin incrementar el costo de emisiones por unidad de PBI. No obstante, si se desea un crecimiento bajo en carbono, se requiere una disminución de emisiones de GEI lo cual requiere de medidas complementarias que lleven a un cambio en la composición de la matriz energética nacional.

## Bibliografía

- Banco Mundial, ESMAP, CIF, & SEFA. (1 de 12 de 2018). *Country results: Peru*. Obtenido de Regulatory Indicators for Sustainable Energy: <http://rise.esmap.org/country/peru>
- CIUP. (2012). *Cuando despertemos en el 2062: visiones del Perú en 50 años*. (C. Sanborn, B. Seminario, & N. Alva, Edits.) Lima.
- INEI. (2017). *Matriz Insumo Producto 2016*. Lima.
- INEI. (2018). *Perú: compendio estadístico 2017*. Lima. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1483/index.html](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/index.html)
- Michaelowa, A., Galante, A., Villa, V., Lo Re, L., Jensen, A., & Rasilla, R. (2015). *Diseño de Medidas de Mitigación Apropriadas para cada País (NAMA) para la fabricación de Cemento en el Perú y diseño de su respectivo sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)*. MINAM, PRODUCE & PNUD, Lima.
- MINAM. (23 de 12 de 2016). *Leg- N° 1278: Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Obtenido de <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/60273>
- MINAM. (01 de 05 de 2018). *En el Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables*. Obtenido de Website del Ministerio del Ambiente: <http://sinia.minam.gob.pe/novedades/peru-solo-se-recicla-19-total-residuos-solidos-reaprovechables>
- MINAM. (01 de 11 de 2018). *INFORCARBONO*. Obtenido de Website de INFORCARBONO: <http://infocarbono.minam.gob.pe/>
- MINEM. (2014). *Balance de Energía Nacional 2013*. Lima.
- MINEM. (01 de 11 de 2018). *Ministerio de energía y minas Website*. Obtenido de Estadísticas del MINEM (Electricidad): [http://www.minem.gob.pe/\\_estadisticaSector.php?idSector=6](http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=6)
- PCM. (2017). *República de Perú: Memoria de Gobierno - 28 de julio de 2016 a 27 de julio de 2017*. Lima.
- PNCB. (2016). *La conservación de bosques en el Perú 2011-2016*. Lima. Lima.
- PRODUCE. (2014). *Plan de diversificación productiva*. Lima.
- PRODUCE. (2018). *Programación tentativa sectorial - mitigación*. Lima.

Romero, C., Vila, J. P., Greco, E., & Romero, E. (2016). *Modelo de equilibrio general computable para simular impactos de políticas de desarrollo productivo*. Lima.

Romero, C., Vila, J., Greco, E., & Romero, E. (2016). *Modelo de económico de equilibrio general computable para simular impactos de políticas de desarrollo productivo*. IEP & GPR Economía, Lima.

Seminario. (2016). *Precio social del carbono*. Lima.

Seminario, B., Galarza, E., De la Torre Ugarte, D., Zegarra, M., Collado, N., & Assuad, S. (2018). *Perú-Crecimiento Verde: Análisis Cuantitativo de Políticas Verdes en sectores seleccionados de la Economía*. Lima: PAGE Peru.

Vries, & Vries. (2015). Patterns of Structural Change in Developing Countries. En J. Weiss, & M. Tribe, *Routledge Handbook of Industry and Development* (págs. 65-83). Routledge.



## Anexos

### Anexo 1: Resultados de los módulos económicos

#	Variable	1. 2019 BAU	2. 2024 BAU	3. 2029 BAU	4. 2035 BAU	5. 2019 VERDE	6. 2024 VERDE	7. 2029 VERDE	8. 2035 VERDE	9. Diferencia porcentual 2019	10. Diferencia porcentual 2024	11. Diferencia porcentual 2029	12. Diferencia porcentual 2035
<b>1</b>	<b>ECONÓMICO</b>												
1A	PBI real (Millones de soles 2007)	583,276.626	729,281.724	894,629.708	1,123,418.898	583,602.012	730,255.524	896,641.991	1,126,454.395	0.056%	0.134%	0.225%	0.270%
1B	PBI per capita (soles 2007)	18,095.611	21,701.016	25,734.025	31,350.396	18,105.705	21,730.045	25,792.217	31,435.443	0.056%	0.134%	0.226%	0.271%
1C	PBI agricultura (Millones de soles 2007)	28,916.220	35,598.934	43,542.135	55,819.354	28,895.177	35,567.206	43,514.868	55,867.077	-0.073%	-0.089%	-0.063%	0.085%
1D	PBI pesquería (Millones de soles 2007)	2,630.682	2,893.750	3,156.818	3,472.500	2,630.105	2,892.474	3,154.716	3,470.188	-0.022%	-0.044%	-0.067%	-0.067%
1E	PBI silvicultura (Millones de soles 2007)	659.569	650.488	641.542	630.976	659.624	650.600	641.709	631.141	0.008%	0.017%	0.026%	0.026%
1F	PBI extracción minerales (Millones de soles 2007)	77,716.365	100,517.569	126,430.626	166,488.654	77,703.086	100,483.064	126,365.114	166,402.392	-0.017%	-0.034%	-0.052%	-0.052%
1G	PBI manufactura (Millones de soles 2007)	112,723.239	133,245.264	155,480.982	183,776.821	112,812.351	133,470.257	155,895.120	184,319.312	0.079%	0.169%	0.266%	0.295%
1H	PBI industria de madera (Millones de soles 2007)	1,036.348	1,022.081	1,008.023	991.422	1,035.999	1,021.529	1,007.756	991.159	-0.034%	-0.054%	-0.027%	-0.027%
1I	PBI servicios (Millones de soles 2007)	288,955.662	367,146.598	456,118.338	576,005.472	289,173.340	367,806.972	457,494.921	578,076.344	0.075%	0.180%	0.302%	0.360%
1J	PBI servicios públicos (Millones de soles 2007)	18,693.339	23,258.956	28,577.704	36,184.625	18,718.132	23,328.606	28,714.945	36,377.428	0.133%	0.299%	0.480%	0.533%
1L	Exportaciones (Millones de soles corrientes)	185,887.982	235,132.371	291,067.036	373,061.026	185,922.961	235,250.254	291,326.296	373,488.255	0.019%	0.050%	0.089%	0.115%
1L	Exportaciones agrícolas (Millones de soles corrientes)	14,104.431	17,287.029	21,070.803	26,920.661	14,094.421	17,271.951	21,057.878	26,943.498	-0.071%	-0.087%	-0.061%	0.085%
1M	Exportaciones pesquería (Millones de soles corrientes)	157.659	173.425	189.191	208.110	157.625	173.349	189.065	207.972	-0.022%	-0.044%	-0.067%	-0.067%
1N	Exportaciones manufactura (Millones de soles corrientes)	24,697.369	29,193.689	34,065.478	40,265.023	24,716.892	29,242.984	34,156.216	40,383.881	0.079%	0.169%	0.266%	0.295%
1O	Exportaciones industria madera (Millones de soles corrientes)	869.531	857.560	845.765	831.836	869.238	857.097	845.541	831.615	-0.034%	-0.054%	-0.027%	-0.027%
1P	Exportaciones servicios (Millones de soles corrientes)	52,906.672	67,138.392	83,353.616	105,278.882	52,948.374	67,263.939	83,613.950	105,668.157	0.079%	0.187%	0.312%	0.370%
1Q	PBI por trabajador del sector agricultura, pesquería y silvicultura	10,548.838	12,901.505	15,659.976	19,874.591	10,541.716	12,890.252	15,649.395	19,888.122	-0.068%	-0.087%	-0.068%	0.068%
1R	PBI por trabajador del sector manufactura y minería	77,144.129	89,008.283	102,324.513	122,139.405	77,177.822	89,102.473	102,507.006	122,401.538	0.044%	0.106%	0.178%	0.215%
1S	PBI por trabajador del sector servicios	26,604.363	30,696.715	35,186.778	40,804.994	26,623.361	30,751.792	35,291.930	40,948.117	0.071%	0.179%	0.299%	0.351%

Elaboración propia

## Anexo 2: Resultados de los módulos sociales y ambientales

#	Variable	1. 2019 BAU	2. 2024 BAU	3. 2029 BAU	4. 2035 BAU	5. 2019 VERDE	6. 2024 VERDE	7. 2029 VERDE	8. 2035 VERDE	9. Diferencia porcentual 2019	10. Diferencia porcentual 2024	11. Diferencia porcentual 2029	12. Diferencia porcentual 2035
<b>2</b>	<b>SOCIAL</b>												
2A	Población (millones de habitantes)	32.233	33.606	34.764	35.834	32.233	33.606	34.764	35.834	0.000000%	-0.000238%	-0.001197%	0.000000%
2B	Proporción de la población por debajo de la línea de pobreza	0.112	0.078	0.054	0.033	0.112	0.078	0.053	0.033	-0.11%	-0.27%	-0.49%	-0.66%
2C	Proporción de población con acceso a salud	0.945	0.973	0.987	0.995	0.945	0.973	0.987	0.995	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
2D	Años total promedio de escolaridad	10.257	10.660	11.098	11.675	10.257	10.662	11.101	11.681	0.0007%	0.0113%	0.0288%	0.0524%
2E	Empleo sector agricultura, pesquería y silvicultura (millones)	3.053	3.034	3.023	3.015	3.053	3.034	3.023	3.015	0.0006%	0.0032%	0.0059%	0.0080%
2F	Empleo sector manufactura y minería (millones)	2.482	2.638	2.765	2.876	2.482	2.637	2.763	2.873	-0.0043%	-0.0249%	-0.0551%	-0.0846%
2G	Empleo servicios y servicios públicos (millones)	11.564	12.718	13.775	15.003	11.565	12.719	13.777	15.006	0.0074%	0.0076%	0.0134%	0.0189%
<b>3</b>	<b>AMBIENTAL</b>												
3A	Tierras agrícolas (millones de hectáreas)	24.723	24.951	25.102	25.211	24.723	24.951	25.101	25.210	0.0000%	-0.0009%	-0.0035%	-0.0065%
3B	Pérdida anual de bosques (Hectáreas)	196,469,531	237,057,438	279,393,063	346,292,500	196,469,359	236,998,875	279,281,500	346,213,500	-0.0001%	-0.0247%	-0.0399%	-0.0228%
3C	Demanda de agua agricultura (millones de CM anual)	12,479,436	12,594,563	12,670,547	12,725,788	12,479,436	12,594,449	12,670,099	12,724,961	0.0000%	-0.0009%	-0.0035%	-0.0065%
3D	Demanda de agua industria (millones de CM anual)	2,850,864	3,495,687	4,212,359	5,229,825	2,851,988	3,498,515	4,217,545	5,236,614	0.0394%	0.0809%	0.1231%	0.1298%
3E	Demanda nacional de energía (BKwH)	46.502	57.164	68.693	83.548	46.520	57.217	68.800	83.705	0.0391%	0.0932%	0.1560%	0.1878%
3F	Emisiones por pérdida de bosque (millones TON Co2 equivalente)	119.791	139.154	159.778	197.064	119.791	139.119	159.714	197.019	-0.0001%	-0.0247%	-0.0399%	-0.0228%
3G	Emisiones por consumo de energía (millones TON Co2 equivalente)	55.760	66.849	80.207	100.075	55.768	66.884	80.289	100.226	0.0152%	0.0511%	0.1015%	0.1502%
3H	Emisiones netas Kg. Co2 equivalente (millones)	190.309	252.192	314.300	364.244	190.352	252.327	314.584	364.639	0.0224%	0.0536%	0.0903%	0.1084%
3I	Emisiones Co2 equivalente por miles de millones de PBI	0.326	0.346	0.351	0.324	0.326	0.346	0.351	0.324	-0.0333%	-0.0799%	-0.1343%	-0.1613%
3J	Emisiones Co2 equivalente per capita	5.904	7.504	9.041	10.165	5.905	7.508	9.049	10.176	0.0224%	0.0538%	0.0915%	0.1084%

Elaboración propia