



Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México

**Propuesta de
Instrumentos para
facilitar medidas de
eficiencia energética
en el sector industrial
de México**

Este documento ha sido elaborado en cooperación con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee).

Apoyado por

European Union Energy Initiative
Partnership Dialogue Facility (EUEI PDF)



y el

Programa Energía Sustentable en México
Implementado por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y
Desarrollo (BMZ) de Alemania



c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
P.O. Box 5180, 65726 Eschborn, Germany

info@euei-pdf.org
www.euei-pdf.org

Autores

Daniel Bouille, Claudio Carpio, Nicolás Di Sbroiavacca, Hilda Dubrovsky, Gustavo Nadal, Francisco Lallana, Raul Landaveri, Héctor Pistonesi, Jorge Plauchú, Marina Recalde, y Rafael Soria (Fundación Bariloche).

Con comentarios y contribuciones de:

Odón de Buen, Juan Ignacio Navarrete, Israel Jáuregui, Pedro Hernández, Flor Chávez, Oscar Ruiz e Ilse Ávalos (Conuee).
Ernesto Feilbogen, Ana Córdova, Daniela Méndez, Fairuz Loutfi, Verónica Gómez y Jorge Atala (GIZ México).

Diseño: Bárbara Guerrero y Adriana Espinosa.
Corrección de estilo: Gina Guadarrama Nava.
Coordinación editorial: Ángel Azamar y Daniela Méndez (GIZ México).
Ciudad de México, septiembre 2018.

Fotos: todas las fotografías del interior del documento son de dominio público y se encuentran dentro de los parámetros de la licencia Creative Commons CC0.

El **Motor de Diálogo y Cooperación (EUEI PDF)** es un instrumento de la EU Energy Initiative (EUEI). El cual recibe actualmente contribuciones de la Comisión Europea, Alemania, Austria, Finlandia, Italia, los Países Bajos y Suecia.



Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México

Índice

Acrónimos y abreviaturas	4
Resumen Ejecutivo	6
1. Introducción	12
2. Aspectos metodológicos en el diseño y la implementación de la <i>Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México</i>	16
2.1. Contenido de una Hoja de Ruta	19
2.2. Metodología aplicada al fortalecimiento de la Hoja de Ruta de Eficiencia Energética en la industria	20
3. La industria de México: la eficiencia energética y los subsectores elegidos para el fortalecimiento de la Hoja de Ruta en el sector industrial	26
3.1. Breve diagnóstico de la industria y la eficiencia energética en el sector industrial en México	28
3.2. Caracterización energética del sector industrial	29
3.3. Prospectivas energéticas del sector industrial	31
3.4. Emisiones de GEI y NDC del sector industrial	32
3.5. Selección de subsectores	34
4. Modelación y resultados	40
4.1. Hipótesis macroeconómicas	43
4.2. Estructura del modelo	45
4.3. Escenarios	46
4.4. Hipótesis subsectoriales y análisis de resultados	47
5. Condiciones de entorno y análisis de barreras para los instrumentos de promoción de la eficiencia energética en el sector industrial	60
5.1. Condiciones de entorno y condiciones habilitantes para la eficiencia energética en el sector industrial	62
5.2. Análisis de barreras	64
6. Análisis de instrumentos para la promoción de la eficiencia energética en el sector industrial	68
6.1. Experiencia internacional en instrumentos de política pública para la Eficiencia Energética en la industria	71
6.2. Instrumentos nacionales para la promoción de la eficiencia energética	78
7. Recomendaciones particulares y elementos habilitantes para la implementación de instrumentos específicos	82
7.1. Recomendaciones del sector industrial	84
7.2. Mecanismos asociados al financiamiento	86
7.3. Información y desarrollo de capacidades	87
7.4. Institucionalización de la Hoja de Ruta: información para su monitoreo y evaluación	88
8. Conclusiones y acciones recomendadas	90
8.1. Resumen de evidencias resultantes del análisis	92
8.2. Las recomendaciones	94
Documentos adicionales y anexos	96
9. Bibliografía	98

Listado de Tablas

Tabla 1.1.	Ahorro de energía y ahorro derivado del análisis costo-beneficio.....	9
Tabla 1.2.	Impactos correspondientes a la modelación de las medidas analizadas y de las medidas viables.....	9
Tabla 3.1.	Balance Nacional de Energía 2015: Consumo final total de energía (PJ)...	30
Tabla 3.2.	Balance Nacional de Energía 2015: Consumo final total de energía en la industria (PJ).....	30
Tabla 3.3.	Criterios aplicados para la selección y validación de subsectores en la industria.....	35
Tabla 3.4.	Análisis cualitativo de la concentración en los subsectores priorizados..	36
Tabla 3.5.	Peso de los costos productivos en los subsectores de la industria.....	38
Tabla 3.6.	Aplicación de criterios a la industria en México.....	39
Tabla 4.1.	Ahorro de energía y ahorro derivado del análisis costo-beneficio.....	42
Tabla 4.2.	Impactos correspondientes a la modelación de las medidas analizadas y de las medidas viables.....	43
Tabla 4.3.	Evolución del Valor Agregado Industrial (mmdp 2008).....	44
Tabla 4.4.	Evolución de los costos locales de las fuentes energéticas (\$USD/GJ)..	44
Tabla 4.5.	Resumen de las medidas aplicadas, hipótesis, alcance y resultado en ahorros en energía, de las emisiones de GEI y costo-beneficio.....	53
Tabla 4.6.	Ranking de medidas viables según ahorro acumulado, sin PyMEs.....	57
Tabla 4.7.	Ranking de medidas viables según ahorro acumulado, con PyMEs.....	58
Tabla 5.1.	Principales barreras generales para la aplicación de políticas de promoción de la eficiencia energética identificadas.....	64
Tabla 6.1.	Tipos de instrumentos.....	71
Tabla 6.2.	Instrumentos, medidas específicas y comparación en relación con lo vigente en el sector industrial de México.....	73
Tabla 6.3.	Tendencias mundiales en instrumentos de promoción de eficiencia energética en la industria, y su potencial adaptación a México.....	75
Tabla 6.4.	Instrumentos de política pública para la eficiencia energética.....	76
Tabla 6.5.	Principales instrumentos de promoción de la eficiencia energética en la industria.....	79
Tabla 7.1.	Elementos transversales y/o habilitantes.....	84

Listado de Figuras

Figura 2.1. Lógica de una Hoja de Ruta.....	19
Figura 2.2. Proceso de la elaboración de una Hoja de Ruta.....	20
Figura 2.3. Pasos de la formulación de la política de eficiencia energética.....	22
Figura 2.4. Camino crítico seguido por la metodología aplicada para el desarrollo de <i>Instrumentos para facilitar medidas y acciones de Eficiencia Energética: fortalecimiento de la Hoja de Ruta de Eficiencia Energética en la industria de México</i>	25
Figura 3.1. Actividad industrial a septiembre de 2017 (2013 = 100%).....	28
Figura 3.2. Actividad de industria manufacturera a septiembre de 2017 (2013 = 100%).....	29
Figura 3.3. Perfil de consumo de combustibles en el sector industrial manufacturero (2015).....	31
Figura 4.1. Estructura arborescente de la herramienta LEAP – Sistema energético mexicano.....	45
Figura 4.2. Estructura arborescente de la herramienta LEAP – Sector industrial mexicano.....	46
Figura 4.3. Medidas analizadas.....	47
Figura 4.4. Potencial de ahorro de energía por subsector de la industria en México.....	52
Figura 5.1. Definición y alcance de los distintos niveles de obstáculos.....	63
Figura 6.1. Ejemplo de implementación de instrumentos de política de eficiencia energética.....	76
Figura 7.1. Instrumentos específicos vinculados a financiamiento.....	87

Acrónimos y abreviaturas

ACHEE	Agencia Chilena de Eficiencia Energética (Chile)
ADEME	Agencia Francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía (<i>Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie</i>) (Francia)
AMENEER	Asociación Mexicana de Empresas de Eficiencia Energética
BAT	Mejores tecnologías disponibles (<i>Best Available Technologies</i>)
BIEE	Programa de Base de Indicadores de Eficiencia Energética (CEPAL-ADEME)
BMWi	Ministerio Federal de Economía y Energía de Alemania (<i>Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie</i>) (Alemania)
BNE	Balance Nacional de Energía (México)
BNDES	Banco Nacional de Desarrollo (<i>Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social</i>) (Brasil)
CANACEM	Cámara Nacional del Cemento en México
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México)
Conuee	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (México)
EE	Eficiencia Energética
ESCO	Empresa de Servicios Energéticos (<i>Energy Service Company</i>)
EUEI PDF	Iniciativa Energética de la Unión Europea
FB	Fundación Bariloche (Argentina)
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (México)
FNEE	Fondo Nacional de Eficiencia Energética (España)
FOGAEE	Fondo de Garantía de Eficiencia Energética (Chile)
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>)
IEA	Agencia Internacional de Energía (<i>International Energy Agency</i>)
IEPS	Impuesto Especial sobre Producción y Servicios
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (México)
INN	Instituto Nacional de Normalización (Chile)
KfW	Banco de Desarrollo Alemán (<i>Kreditanstalt für Wiederaufbau</i>) (Alemania)
KWKG	Ley de Cogeneración (<i>Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz</i>)
LEAP	Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (<i>Long-range Energy Alternatives Planning System</i>)
LTE	Ley de Transición Energética
M&E	Monitoreo y Evaluación
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
NAFIN	Nacional Financiera (México)
NAMA	Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación
NAPE	Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética (<i>Nationale Aktionsplan Energieeffizienz</i>) (Alemania)
NDC	Contribución Nacionalmente Determinada
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
ONUDI	Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PAEE20	Plan de Acción de Eficiencia Energética al 2020 (Chile)
PDT	Programa de Fortalecimiento Tecnológico (Chile)
PEE	Programa de Eficiencia Energética (Brasil)
PPEE	Programa País Eficiencia Energética (Chile)
PRIEN	Programa de Estudios e Investigaciones en Energía de la Universidad de Chile (Chile)
PROCEL	Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica (Brasil)
PROESCO	Apoyo a Programas de Eficiencia Energética (Brasil)
PRONASE	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (México)
PRONASGEN	Programa Nacional de Sistemas de Gestión de la Energía (México)
PTO	Paradigmas tecno-económicos y organizacionales
PyMEs	Pequeñas y Medianas Empresas
SCIAN	Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
SENER	Secretaría de Energía (México)
SGEn	Sistema de Gestión de la Energía (México)
SGM	Servicio Geológico Mexicano
UE	Unión Europea
UPAC	Usuarios de Patrón de Alto Consumo
ZOPP	Planificación de proyectos orientada a objetivos (<i>Zielorientierte Projektplanung</i>)



A photograph of an industrial refinery at dusk. The sky is a mix of blue and orange, with scattered clouds. In the foreground and middle ground, there are numerous tall, cylindrical distillation columns and a complex network of pipes, walkways, and ladders. Several columns are illuminated from below, casting a warm glow. One prominent column in the center has a red and white striped top section. The overall scene is a detailed view of a large-scale industrial facility.

Resumen Ejecutivo

El presente documento se integra a partir del trabajo desarrollado¹ por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) implementado con el apoyo del Programa Energía Sustentable (PES) de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ, por sus siglas en alemán) en México y la Iniciativa Energética de la Unión Europea (EUEI PDF, por sus siglas en inglés) y con el apoyo técnico de la Fundación Bariloche de Argentina, en el marco del proyecto *Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México*.

El trabajo cuenta, como antecedente directo, con la primera fase del estudio implementada en 2016. Esta segunda fase fue desarrollada entre agosto de 2017 y marzo de 2018.

El objetivo principal de esta segunda fase fue proveer insumos para mejorar la Hoja de Ruta en materia de eficiencia energética publicada en enero de 2017 por la Conuee. En el proceso se buscó fortalecer los instrumentos de política pública orientados a promover la eficiencia energética en la industria con mecanismos basados en acciones directas e indirectas de carácter institucional, regulatorio, económico, financiero, informativo y de desarrollo de capacidades. El análisis se concentró en las actividades de la industria manufacturera, adicionalmente se analizaron las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs); no se tomaron en cuenta las actividades del sector secundario como minería, gas, agua y electricidad. Cabe mencionar que el proceso participativo para desarrollar este proyecto contó con la presencia y consenso del sector privado, académico y otras dependencias del sector público, además, se han considerado aspectos vinculados con la transversalización de género en relación con la temática industrial.

En cuanto al diagnóstico para la propuesta de los instrumentos, se realizó de manera cualitativa y cuantitativa. El primer análisis se desarrolló mediante investigación de gabinete, entrevistas y talleres participativos; para el análisis cuantitativo, se llevó a cabo la modelación de las medidas consensuadas durante los talleres, lo que dio como resultado un potencial de ahorro de energía en los diversos subsectores de la industria analizados, mismos de los que se derivan diferentes impactos positivos para la competitividad y productividad de las empresas, las finanzas públicas y para la sociedad.

Aspectos metodológicos y actividades realizadas:

Durante esta segunda fase, se desarrollaron las siguientes actividades:

- Se realizó un análisis general de la situación de la industria en México y de sus subsectores. Mediante un conjunto de criterios y talleres participativos se justificaron, respaldaron, priorizaron y ratificaron los subsectores prioritarios.
- Se identificaron, consensaron y analizaron 50 medidas técnicas y de buenas prácticas (por una evaluación comparativa de *benchmarking*² internacional), de las cuales 37 medidas resultaron viables, desde el punto de vista de su evaluación técnico-económica (de acuerdo con las hipótesis técnicas y de costos adoptadas) en el marco de una prospectiva energética realizada con el Modelo LEAP.³
- Se evaluaron las condiciones de entorno, y las barreras específicas de las medidas seleccionadas de cada uno de los subsectores priorizados, desde un abordaje ascendente (*bottom up*) en tres talleres participativos y en entrevistas con actores clave.
- Se realizó un análisis de las experiencias internacionales y regionales sobre el tema de eficiencia energética en la industria y de las políticas, estrategias e instrumentos que están en aplicación en México.
- Se elaboró una propuesta de instrumentos, debatida y socializada en los talleres participativos, para alcanzar el cumplimiento satisfactorio de los resultados esperados.⁴ Se fortaleció con un esquema basado en incentivos y requerimientos. Se complementó con actividades existentes de tipo regulatoria, entre otras.
- Se elaboró un apartado sobre indicadores para el monitoreo y evaluación (M&E) de este tipo de proyectos.⁵
- Se abordó el tema de equidad de género y se consideró en la propuesta de acciones de eficiencia energética en la industria, dando como resultado un análisis del contexto actual al respecto, el cual contiene algunas recomendaciones que podrían ser de utilidad para el desarrollo de incentivos en los distintos subsectores.⁶

¹ La consultoría fue realizada por la Fundación Bariloche (FB).

² Término que nombra el proceso en el que se toma como referencia los procesos de trabajo de empresas líderes.

³ El Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (LEAP, por sus siglas en inglés), es una herramienta utilizada para el análisis de políticas del sector energía y evaluación del cambio climático.

⁴ Esta información se encuentra en los anexos de este documento, mismos que están disponibles en el portal electrónico de la Conuee (www.gob.mx/conuee), como en la Biblioteca Digital del Programa Energía Sustentable de GIZ (<https://bit.ly/2NV8mKd>). Todas las referencias electrónicas fueron consultadas de septiembre de 2017 a marzo de 2018.

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*

→ Finalmente, se incluyó un capítulo de conclusiones de acuerdo con los hallazgos identificados en la investigación realizada, el proceso participativo y la modelación.

Principales resultados

Uno de los principales resultados del estudio está asociado al ahorro energético obtenido por la aplicación de las medidas adoptadas. El valor máximo de ahorro con respecto al escenario base o *Business-as-usual* (BAU) en el año 2030 de las **50 medidas identificadas se ubicó en el 9.9% de la demanda industrial**, resultando en una reducción de la intensidad energética del 8% respecto del escenario base en el año 2030. Las emisiones directas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) evitadas al 2030 para el total de la industria con respecto al BAU ascienden a 9.7 millones de tCO₂e, lo que equivale a una reducción del 9%. Las emisiones evitadas del sistema energético se ubican en 24.1 millones

de tCO₂e y representan un 4.2% de las emisiones totales del BAU en dicho año.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, del total de medidas analizadas (si se consideran aquellas cuyos beneficios superan a los costos, ambos descontados al 10%) las que resultarían **viables, desde la perspectiva de la sociedad en su conjunto y con las hipótesis de costos y técnicas adoptadas, serían 37**. En este sentido, el ahorro energético al 2030 proveniente de estas medidas viables, desde la perspectiva social, será del 8.2% del consumo del 2030 en el BAU y las emisiones de GEI se reducirían un 8.5% con respecto al total de industria al 2030 del BAU.

Específicamente, se identificó que **la implementación de las 37 medidas socialmente viables le daría a México un ahorro de energía acumulado al año 2030 de 1,857 PJ y un ahorro neto (beneficios) de \$5,937 MUSD**.

Tabla 1.1. Ahorro de energía y ahorro derivado del análisis costo-beneficio

NO. DE MEDIDAS	ENERGÍA AHORRADA (PJ)	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO (MUSD)
50 medidas	2,809	\$ 4,355.80
37 medidas	1,857	\$ 5,937.10

Fuente: Fundación Bariloche.

Tabla 1.2. Impactos correspondientes a la modelación de las medidas analizadas y de las medidas viables

NO. DE MEDIDAS	EMISIONES EVITADAS (kTON CO ₂ e)	EMISIONES EVITADAS (%)	ENERGÍA AHORRADA (PJ)	ENERGÍA AHORRADA (%)	EMISIONES EVITADAS A NIVEL PAÍS (kTON CO ₂ e)	EMISIONES EVITADAS A NIVEL PAÍS (%)
50 medidas	9,736.0	9.0%	235.0	9.9%	24,146.5	4.2%
37 medidas	9,167.0	8.5%	196.3	8.2%	15,728.2	2.8%

Fuente: Fundación Bariloche.

Además de este potencial, se identificaron otros factores relevantes en el desarrollo del proyecto, que justifican la intervención y aplicación de acciones e instrumentos:

→ Los instrumentos de políticas públicas sobre eficiencia energética existentes tienen, en general, una orientación adecuada, pero deben desarrollarse **nuevas herramientas de comunicación y difusión para lograr mayores resultados**.

→ En segundo lugar, el **mercado de capitales doméstico ofrece oportunidades** importantes como fuente de financiamiento que puede ser acompañado por un rol de facilitador e impulsor de la banca de desarrollo.

→ En tercer lugar, se observa interés creciente **por parte del sector privado** cuando conoce los beneficios que pueden traer las medidas de eficiencia energética para las empresas.

- Por otra parte, la capacitación es uno de los pilares para la creación de una política de eficiencia energética en el sector industrial; es una acción prioritaria que debe profundizarse, tanto al interior de las empresas, como en el sector público y de consultoría, especialmente en lo referente a certificaciones.

Recomendaciones

Se recomiendan prioritariamente las siguientes acciones en tres líneas generales: incentivos y financiamiento, capacitación e información, y fortalecimiento institucional.

- **Diseño e implementación de incentivos económicos** (especialmente impositivos) **hacia sectores dispuestos a firmar acuerdos de reducción de intensidad energética** (compromiso obligatorio).
 - Incentivos similares hacia actores que demuestren la implementación de acciones que redundan en una disminución de la intensidad energética en forma inmediata o mediata (capacitación, implementación de Sistemas de Gestión de la Energía [SGEn], auditorías energéticas, compras de equipos eficientes). En el segundo caso, se podría proponer que todos los egresos generados por las acciones mencionadas, por ejemplo, sean deducibles de impuesto sobre la renta.
 - **Concentrarse, en lo inmediato, en acciones directas orientadas a las ramas estratégicas y energéticamente-intensivas**, mediante una ampliación y profundización del alcance de los Usuarios con Patrón de Alto Consumo de energía (UPAC), flexibilizando las condiciones en cuanto a niveles de consumo de energía y ofreciendo beneficios económicos a quienes se obliguen a reducir sus intensidades energéticas.
 - **Ampliar el alcance del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) en financiamiento**, evaluar la posibilidad de que, en este marco, se generen fondos de garantía para mejorar la certidumbre técnica, facilitar la acción y mercado de las empresas ESCOs, se financien, a fondo perdido, los análisis de factibilidad y las acreditaciones técnicas (ESCO o empresas de auditorías), entre otros.
 - **Creación de un fondo**, cuya fuente podría ser un porcentaje de las exportaciones de crudo, el impuesto verde u otras fuentes a identificar y **su destino, para la promoción de todo tipo de acciones que conlleven a una mejora en la eficiencia energética** en forma inmediata o mediata.
- **Más capacitación e información.**
 - Diseñar e implementar un **programa de sensibilización y capacitación** especialmente orientado a las PyMEs.
 - En cuanto a las grandes industrias, es necesario **incrementar las capacidades** de seguimiento y evaluación de medidas de eficiencia energética con la implementación y certificación de las figuras de Gerentes de Energía y Auditores Energéticos.
 - Capacitación en varios niveles para que el personal de las empresas pueda diseñar, operar y evaluar acciones de ahorro de energía.
 - Desarrollar nuevas herramientas y ampliar comunicación y difusión para lograr mayores resultados.
 - Integrar directorios de consultores certificados, equipos eficientes e información relacionada.

- Fortalecimiento de capacidades para métodos de medición, reporte y verificación (MRV).

→ **Es necesario el fortalecimiento institucional.**

- Alineación con medidas de mitigación propuestas en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés) para facilitar el financiamiento de proyectos de baja rentabilidad privada.
- Mejorar y fortalecer la coordinación al interior del sector público, particularmente en los ámbitos energético y ambiental.
- Mayor vinculación institucional para la implementación de programas, incluyendo la revisión de marcos legales existentes.
- Fortalecer las capacidades de Conuee para atender programas orientados al sector industrial y a las PyMEs.
- Implementar certificados de energía limpia y promover los mercados de carbono como mecanismos facilitadores de las acciones de eficiencia energética.





1

Introducción

El sector industrial de México representa uno de los principales motores de crecimiento de la economía, aportando poco más de una sexta parte del valor agregado; además, representa una de las actividades con mayores niveles de encadenamiento, así como un sector crucial en la diseminación de innovación y mejores prácticas para fomentar la competitividad del país. La eficiencia energética permite mejorar el desempeño energético de las empresas, lo que resulta en un incremento de la productividad y con ello en la competitividad, además de brindar otros efectos positivos importantes como es la reducción de emisiones de GEI y de la presión sobre la demanda e infraestructura energética. En este sentido, la eficiencia energética es la primera herramienta en el camino hacia la transición energética de un país.

En este contexto, el objetivo principal de esta fase⁷ del proyecto fue proveer insumos para mejorar la Hoja de Ruta en materia de Eficiencia Energética, publicada en enero de 2017, con el propósito de establecer la secuencia de pasos que permitan contribuir a alcanzar las metas de eficiencia energética señaladas en la *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios (Estrategia)* en el sector industrial. A lo largo del proceso, se buscó fortalecer los instrumentos de política pública dirigidos a promover la eficiencia energética en la industria con mecanismos basados en acciones directas e indirectas de carácter institucional, regulatorio, económico, financiero, de información y desarrollo de capacidades.

Este objetivo general fue cubierto a partir de tres componentes principales:

- **Propuesta de incentivos** para los instrumentos que facilitan la implementación de medidas y acciones de eficiencia energética para el fortalecimiento de la Hoja de Ruta en la materia, específicamente en la industria de México, incluyendo subsectores industriales prioritarios, medidas de eficiencia energética e instrumentos de política pública.
- **Aplicación de buenas prácticas** para la implementación de procesos de participación en el desarrollo de políticas de eficiencia energética.
- **Capacitación técnica de modelado y previsión** en eficiencia energética, con el objetivo de crear y consolidar un grupo de trabajo interinstitucional centrado en el modelaje energético.

Siguiendo el enfoque metodológico acordado en la primera fase del proyecto, basado en una combinación de la metodología de *Hoja de Ruta* de la Agencia Internacional de la Energía (International Energy Agency, IEA por sus siglas en inglés) con la de política energética desarrollada por CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) y Cooperación Técnica Alemana, GTZ (ahora GIZ) (2003), se realizaron diversas actividades para el desarrollo del proyecto:

- Ratificación de los subsectores prioritarios, los cuales fueron sometidos a un conjunto de criterios esquemáticos y sencillos que se utilizaron al momento de justificar, respaldar y priorizar los mismos.

⁷ Este documento es el informe final de la consultoría desarrollada por Fundación Bariloche (FB) para Conuee implementada con el apoyo de EUEI PDF y el Programa Energía Sustentable de la GIZ México, en el marco del proceso de fortalecimiento de la Hoja de Ruta de Eficiencia Energética para el sector industrial de México. El trabajo cuenta como un antecedente directo a la primera fase del estudio, implementada en 2016, cuyos resultados se encuentran en el documento de *Lineamientos metodológicos para la elaboración de una Hoja de Ruta de Eficiencia Energética particularizada para el sector industrial en México*. Esta segunda fase fue desarrollada entre agosto de 2017 y marzo de 2018.

- Identificación de 50 medidas técnicas y buenas prácticas e identificación de 37 medidas viables.
- Evaluación de las condiciones de entorno y las barreras específicas de las medidas seleccionadas en los talleres participativos y entrevistas con actores clave.
- Propuesta de los instrumentos para alcanzar los resultados esperados;
- Sugerencia de indicadores para el monitoreo y evaluación de este tipo de proyectos.

Tal como lo indica el enfoque metodológico de la IEA, las propuestas fueron socializadas y validadas a través de entrevistas y talleres con la asistencia de los mismos actores de la fase anterior.⁸ En particular, se desarrollaron los siguientes talleres:

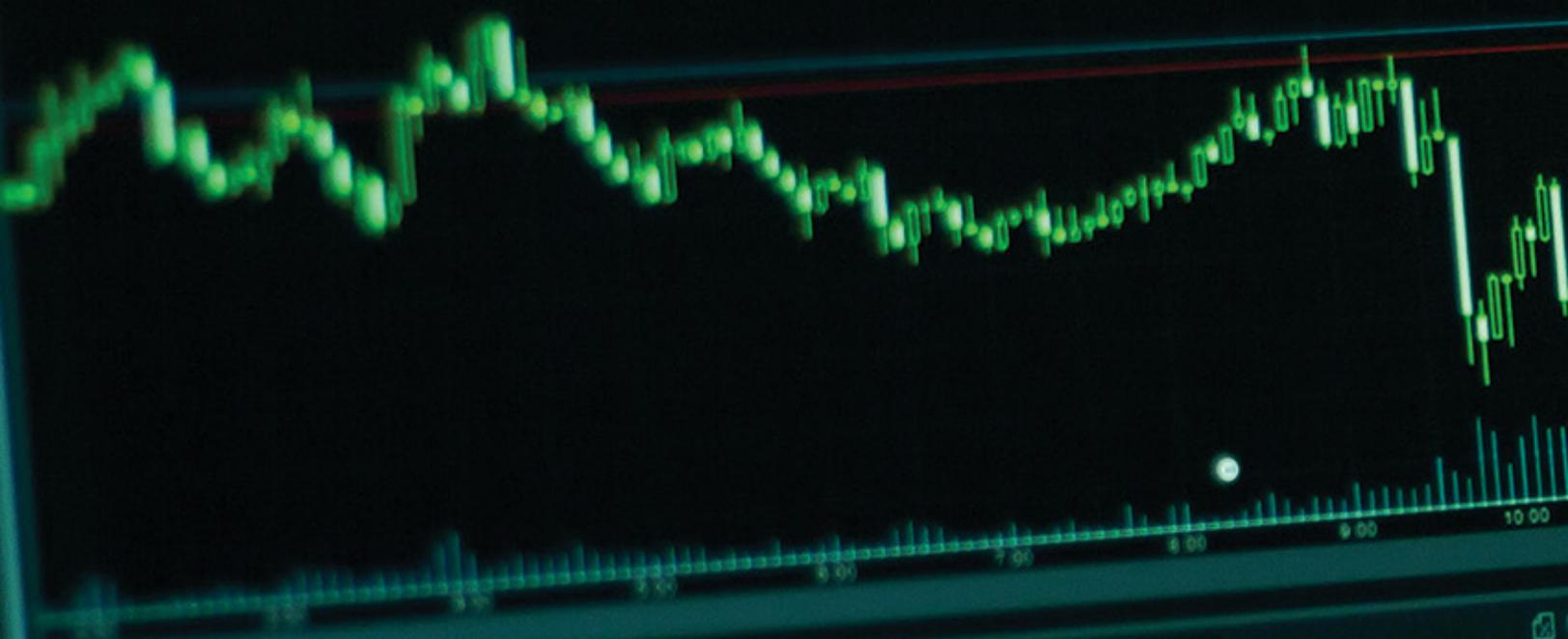
1. Primer Taller: Hoja de Ruta de Eficiencia Energética en la industria: políticas y estrategias.
2. Segundo Taller: Hoja de Ruta de Eficiencia Energética en la industria: identificación de potenciales y acciones necesarias para la implementación de elementos de apoyo.
3. Tercer Taller: Instrumentos para facilitar la adopción de medidas de eficiencia energética en la industria mexicana.

Como aspecto significativo, y bajo el reconocimiento de la importancia de la incorporación del enfoque de género a lo largo de las diferentes actividades, se abordó la equidad de género y se consideró en la implementación de acciones de eficiencia energética en la industria.⁹

El presente documento se encuentra estructurado en distintas secciones, iniciando con la presentación de la metodología de análisis implementada, seguida por una referencia a la situación de la industria en México y una justificación de los subsectores elegidos para la implementación de una Hoja de Ruta. Asimismo, el capítulo cuatro aborda la evaluación técnico-económica de las medidas propuestas en cada uno de los subsectores. En el capítulo cinco se desarrollan las barreras específicas de las medidas y en el siguiente capítulo se presenta un análisis de las experiencias internacionales y regionales sobre el tema y las políticas, estrategias e instrumentos que están en aplicación en México. Finalmente, se incluyen un capítulo con recomendaciones particulares, que incluye las mencionadas por los representantes de los subsectores industriales, y otro con las principales conclusiones del proyecto.

⁸ El proceso desarrollado ha sido documentado en las memorias de dichos talleres y las lecciones aprendidas en este proceso se encuentran expresadas en la *Guía sobre mejores prácticas para procesos participativos en el marco de la propuesta de instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial en México*.

⁹ La propuesta se presenta en un documento anexo, disponible en la página electrónica de la Conuee (www.gob.mx/conuee), como en la Biblioteca Digital del Programa Energía Sustentable de GIZ (<https://bit.ly/2NV8mKd>) y presenta un diagnóstico del enfoque de género en el sector industrial con algunas recomendaciones de implementación.



Order ID	Instrument	Quantity	Type	Open Time	Open Price	T/P	S/L	Swap
9012000	EUR	0.30	Buy	29/07/2014 16:02:40	50.81	0	0	0.00
9012001	EUR	0.30	Sell	30/07/2014 10:10:30	1.0179	0	0	-45.74
9012002	EUR	0.30	Buy	01/08/2014 16:17:01	1	0	0	30.11
9012003	EUR	0.30	Buy	01/08/2014 16:17:01	1	0	0	30.11
9012004	EUR	0.30	Buy	01/08/2014 16:17:01	1	0	0	30.11
9012005	EUR	0.30	Buy	01/08/2014 16:17:01	1	0	0	30.11
9012006	EUR	0.30	Buy	01/08/2014 16:17:01	1	0	0	30.11
9012007	EUR	0.30	Buy	01/08/2014 16:17:01	1	0	0	30.11





Aspectos metodológicos en el diseño y la implementación de la *Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México*

Los procesos participativos son fundamentales para la construcción de política pública, en el caso del diseño y elaboración de hojas de ruta, y en específico para la de eficiencia energética en la industria mexicana, este elemento formó parte de la metodología utilizada, definida por la Agencia Internacional de la Energía. El acompañamiento permanente de los representantes de los subsectores estratégicos fue parte fundamental del trabajo para la consolidación de la información y validación de los resultados que se obtuvieron a través del análisis.

El enfoque metodológico de la IEA, indica que las propuestas deben ser socializadas y validadas por los actores y sectores estratégicos que deban estar involucrados. Por ello, durante esta etapa participaron: representantes de los subsectores industriales de las industrias del hierro y acero, química, azucarera, metalmecánica, del cemento, del vidrio, del papel, representantes del sector PyMEs, así como representantes de la Confederación de Cámaras Industriales (CONCAMIN), la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA), la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME) y del sector académico. De igual manera, convergieron distintas instituciones de gobierno, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), todos ellos convocados por la Conuee.

El proceso incluyó el desarrollo de tres talleres, mismos que contaron con la participación de los representantes antes mencionados:

1. Primer Taller: Hoja de Ruta de Eficiencia Energética en la industria: políticas y estrategias.
2. Segundo Taller: Hoja de Ruta de Eficiencia Energética en la industria: identificación de potenciales y acciones necesarias para la implementación de elementos de apoyo.
3. Tercer Taller: Instrumentos para facilitar la adopción de medidas de eficiencia energética en la industria mexicana.

Además, en el marco del proyecto, se realizaron entrevistas previas con actores estratégicos del sector público y privado, con la finalidad de identificar barreras y condiciones habilitantes para implementar medidas de eficiencia energética, lo cual fue un factor clave para generar confianza y sinergia en el acompañamiento de todo el proceso.

Lo anterior, refleja que la Conuee cuenta con liderazgo en el tema, además de un fuerte poder de convocatoria derivado de la estrecha relación que ha llevado con el sector industrial desde hace más de 20 años. Esta relación, en conjunto con la coordinación de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México, y con el apoyo de la Iniciativa Energética de la Unión Europea, logró capitalizar exitosamente un proceso sin precedente en México, con importantes resultados para el corto, mediano y largo plazo, y con una alta participación de los sectores estratégicos del país que permite asegurar su vinculación y compromiso con la transición energética nacional.

2.1 Contenido de una Hoja de Ruta

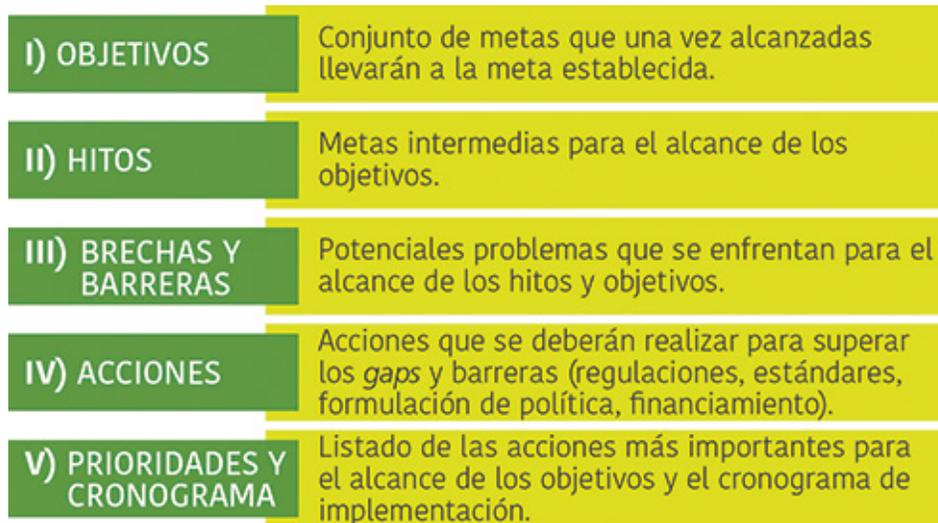
De acuerdo con la definición de la Agencia Internacional de la Energía:

Una Hoja de Ruta tecnológica es un conjunto dinámico de los requisitos técnicos, políticos, legales, financieros, organizacionales y del mercado, identificados por todos los actores involucrados en su desarrollo y diseño. Es un proceso que debe llevar a una mejor colaboración e intercambio de informaciones relacionadas a la Investigación, Desarrollo y Demostración (ID&D) tecnológica entre los participantes. El objetivo es la aceleración del proceso de ID&D para adelantar la adopción de tecnologías energéticas específicas en el mercado (IEA, 2014a).

En este sentido, la *Ley de Transición Energética de México (LTE)* define a la Hoja de Ruta como una “Guía que establece la secuencia de pasos para alcanzar un objetivo, en el que se especifican participantes, tiempo y recursos necesarios”.

En líneas generales, es un plan estratégico con diferentes pasos a seguir, de acuerdo con un cronograma que tiene el fin de alcanzar determinadas metas u objetivos. En este proceso dinámico y participativo es fundamental involucrar a los principales actores desde el inicio. En algunos casos, el proceso de elaboración puede ser incluso más importante que el resultado en sí, ya que constituye una oportunidad de reunir a los principales actores para discutir respecto de los objetivos, metas y cursos de acción posibles para alcanzarlos, y el éxito de la implementación depende en forma directa del grado de compromiso de los actores durante el proceso de desarrollo (IEA, 2014a). A continuación, se muestra el camino crítico para el desarrollo de una Hoja de Ruta, enfatizando los principales elementos que deben identificarse y/o desarrollarse en su elaboración (véase la **Figura 2.1**).¹⁰

Figura 2.1: Lógica de una Hoja de Ruta



Fuente: Fundación Bariloche adaptado de la IEA (2014a).

¹⁰ Tal como se definirá más adelante, este trabajo se basa en una integración de la metodología de la IEA y CEPAL/OLADE/GTZ por lo que pueden existir algunas diferencias de terminología.

Tal como lo plantea la IEA, el proceso participativo de una Hoja de Ruta se basa en cuatro fases: 1) planificación y preparación, 2) visión, 3) desarrollo de la misma y 4) implementación y revisión; desarrolladas en dos niveles que se refieren a la opinión de expertos y consenso y a la búsqueda de datos y análisis de información (véase la **Figura 2.2**). Los dos niveles tienen la misma relevancia, por lo tanto, las actividades en cada uno deben llevarse a cabo de forma simultánea para su retroalimentación.¹¹

Figura 2.2: Proceso de la elaboración de una Hoja de Ruta



2.2 Metodología aplicada al fortalecimiento de la Hoja de Ruta de Eficiencia Energética en la industria

La implementación de este documento se basa en el marco teórico planteado en el documento de *Lineamientos metodológicos para la elaboración de una Hoja de Ruta de Eficiencia Energética particularizada para el sector industrial en México* (Conuee-GIZ, 2016). Dicho estudio, al igual que el presente, se basa en la metodología de Hoja de Ruta diseñada

por la IEA para la introducción de tecnologías, mencionada anteriormente, y se complementa con la metodología para la elaboración de políticas energéticas propuesta por OLADE, CEPAL y GTZ (2003). Debido al objetivo del proyecto se consideró un alcance a nivel de política pública sectorial de la industria de México, con un horizonte a 2030.¹²

¹¹ Para una descripción teórica de cada una de las fases y actividades de la Hoja de Ruta se recomienda consultar el documento de base, disponible en: <https://bit.ly/2NXpvtB>

¹² La metodología de Hoja de Ruta puede ser útil para el diseño de política pública en otros temas energéticos, para diferentes escalas de alcance y temporalidad, e incluso su adopción en otros temas de política pública.



En lo que respecta a los niveles de actividad de este trabajo, la **búsqueda de datos y análisis** ha sido realizada tomando como punto de partida el amplio espectro de información disponible en México, tal como las estrategias de desarrollo nacionales, los planes energéticos, los balances energéticos, el programa de cambio climático, la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés), entre otros documentos de relevancia. Estos documentos han sido acompañados de estimaciones realizadas por el grupo de trabajo sobre la base de análisis internacionales e información disponible. Por su parte, en la actividad de **evaluación de expertos y consenso**, y también siguiendo las recomendaciones de la IEA a lo largo de todo el proceso, se ha tomado en consideración la opinión de expertos, y representantes de los sectores prioritarios. En este sentido, el abordaje ha contado, por un lado, con la realización de entrevistas a especialistas con la finalidad de incluir opiniones calificadas conforme se avanzaba y, por el otro, con la realización de tres talleres de trabajo luego de la identificación de subsectores, barreras, medidas e instrumentos, con el fin de validar las propuestas.¹³

Respecto a las cuatro fases del fortalecimiento de la Hoja de Ruta, es importante mencionar brevemente la forma en la que fueron desarrolladas, los desafíos enfrentados y la manera en la cual han sido superados.

En primer lugar, uno de los mayores desafíos de la **Fase I: Planteamiento y preparación de la Hoja de Ruta**, es asegurar la existencia de información de base suficiente y de calidad; gran parte de la información de base fue recopilada durante los antecedentes del trabajo en la asistencia técnica implementada en el año 2016. No obstante, se observaron lagunas en la información existente, principalmente en lo que respecta a los potenciales de eficiencia energética en las ramas industriales y otros criterios definidos para la priorización de subsectores. Para solucionar este problema se realizó una primera revisión de la literatura, con lo que se definieron potenciales y se establecieron las evaluaciones comparativas internacionales para los subsectores preseleccionados. En el caso de la **Fase II: Determinar una visión de largo plazo**, se tomaron como punto de partida la visión y el objetivo deseados que establece el artículo 11 de la LTE en su Capítulo III, como meta indicativa a ser establecida en el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de Energía (PRONASE), de acuerdo con las metas de mediano y largo plazo de la Estrategia. Para el desarrollo de la **Fase III: Desarrollo de la Hoja de Ruta**, tal como ya se ha mencionado, se realizaron tres talleres participativos de discusión y validación de los principales elementos de la Hoja de Ruta (subsectores, medidas e instrumentos). Finalmente, en la **Fase IV: Implementación, monitoreo y revisión de una Hoja de Ruta**, que hace referencia a la puesta en marcha

¹³ Los informes de los resultados de cada uno de los talleres se encuentran disponibles como anexos a este documento en la página electrónica de la Conuee (www.gob.mx/conuee), como en la Biblioteca Digital del Programa Energía Sustentable de GIZ (<https://bit.ly/2NV8mKd>).

e implementación de lo diseñado a lo largo de todo el proceso, incluyendo el monitoreo del grado de alcance de los objetivos o metas planteados, se elaboró un apartado sobre indicadores, monitoreo y evaluación para este tipo de proyectos.¹⁴

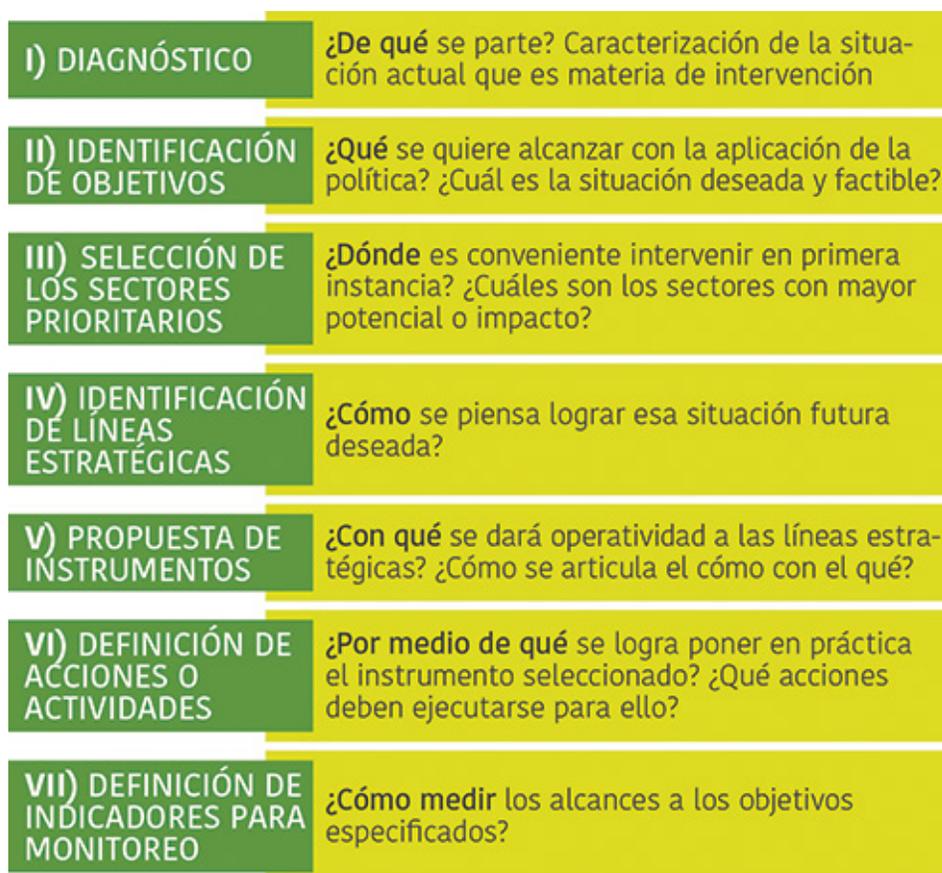
En términos generales, el diseño de la política energética implica la caracterización de una situación actual, y la identificación de una situación futura ideal o deseada a la cual se pretende llegar a través de diferentes rutas. Los senderos delineados incluyen la definición de líneas estratégicas (medidas), instrumentos y acciones que permitirán alcanzar los objetivos planteados. Las líneas de acción y los instrumentos que se definan deberán ser delineados teniendo en cuenta los obstáculos que se enfrentan para alcanzar los objetivos deseados, así como las condiciones de borde (tanto internacionales como nacionales) y las barreras (sectoriales y específicas) que enfrentan las diferentes opciones de medidas tecnológicas. Los instrumentos de

promoción que se propongan implementar dentro de una Hoja de Ruta de eficiencia energética deberán responder a las barreras.

Un elemento fundamental en el diseño de la política energética lo constituyen los diferentes actores (públicos y privados) involucrados en las diferentes actividades del sector (u otros sectores vinculados) y que serán clave tanto en las fases de diseño como de implementación. Finalmente, es necesario remarcar que al encontrarse afectados por condiciones de borde que pueden variar y objetivos de política que pueden modificarse, los procesos de elaboración de una Hoja de Ruta son dinámicos.

Este enfoque de diseño de política energética propuesto puede resumirse en torno a un conjunto de preguntas clave que guiaron el desarrollo de este proyecto, las cuales se encuentran en la **Figura 2.3**.

Figura 2.3: Pasos de la formulación de la política de eficiencia energética



Fuente: Fundación Bariloche con base en OLADE/CEPAL/GTZ (2003).

¹⁴ El detalle de estos indicadores se encuentra en los anexos del documento, los cuales están disponibles en la página electrónica de la Conuee (www.gob.mx/conuee), como en la Biblioteca Digital del Programa Energía Sustentable de GIZ (<https://bit.ly/2NV8mKd>).

La multidimensionalidad y transversalidad de la eficiencia energética en la industria es similar a todos los procesos de desarrollo sustentable en los cuales existen objetivos de desarrollo económico, social, e integridad política y ambiental, que pueden ser contrapuestos y que involucran a distintas instituciones y organizaciones. En el caso de México, el tema de la eficiencia energética en la industria se encuentra presente en la LTE, en la *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios*, en el PRONASE y en las NDCs, en términos de mitigación de GEI, entre otros documentos; al tiempo que ha sido abordado en diferentes instancias por la SENER, la Conuee, el INECC, entre otras instituciones.

2.2.1. Dinámica de trabajo

La metodología de trabajo se dividió en tres pasos, cada uno de los cuales contiene al interior un conjunto de actividades que fueron llevadas a cabo para la consecución del objetivo final. Los pasos referidos y las correspondientes actividades son:

1. Revisión y actualización de antecedentes nacionales e internacionales, propuesta y validación de subsectores.
 - **Identificación de objetivos y metas.**
 - **Revisión de los instrumentos de promoción de eficiencia energética a nivel mundial.** Análisis de la evolución de los instrumentos para la promoción de la eficiencia energética en el mundo, identificación de tendencias globales.
 - **Análisis de casos de estudio seleccionados.** Revisión de las políticas, medidas e instrumentos aplicados en Alemania, Brasil, Chile, España y Estados Unidos de América¹⁵ para la promoción de la eficiencia energética en la industria. Extracción de las principales conclusiones y lecciones aprendidas de relevancia para el caso mexicano.
 - **Primera misión de trabajo.** Proceso de consulta con actores calificados. Entrevistas presenciales y telefónicas con actores clave identificados, con el fin de realizar un diagnóstico preliminar que incluyera la identificación de potenciales de eficiencia energética en los diferentes sectores, condiciones de entorno, barreras enfrentadas, entre otros.
 - **Análisis de criterios en las ramas industriales.** Evaluación de los criterios seleccionados para la priorización de sectores: importancia/prioridad; potencial de ahorro energético; factibilidad de intervención; relevancia económica; costos energéticos; factibilidad tecnológica; efecto ambiental. Estimación de los criterios para los cuales no se cuenta con información suficiente a partir de la revisión realizada y los resultados de las entrevistas con informantes calificados.
 - **Propuesta de subsectores.** Propuesta de subsectores, validados por la GIZ y la Conuee, para su presentación en el primer taller.

¹⁵ Países similares en cuanto a condiciones socio-económicas y de producción industrial, y/o líderes en la materia.

→ **Taller 1.** El objetivo del taller fue la validación del diagnóstico preliminar, de las barreras identificadas y de los subsectores que serían analizados en el trabajo. El evento contó con la presencia de los principales actores del sector público, privado, academia, etc. Se desarrolló siguiendo las técnicas participativas *ZOPP*¹⁶ y *Capacity Works*.

2. Identificación, evaluación y selección de medidas e instrumentos.

→ **Evaluación del potencial de eficiencia energética de los subsectores.** Estimación de los potenciales de eficiencia energética de las ramas industriales identificadas por proceso e identificación de medidas técnicas para su alcance. Los resultados se basaron, de manera general, en información internacional e identificación de la evaluación comparativa de referencia.

→ **Identificación de un conjunto de medidas.** Identificación de medidas, separando los subsectores estratégicos.

→ **Evaluación multicriterio y propuesta de medidas.** Utilizando modelos cuantitativos, además de la base de un conjunto de criterios y de información recabada, se seleccionaron las medidas de mayor relevancia. Entre los criterios utilizados se encuentran: costos económicos, acceso a la tecnología, impacto energético, impacto ambiental, entre otros.

→ **Análisis de condiciones de entorno y barreras.** Análisis de las condiciones de entorno y barreras generales e identificación de las principales barreras que enfrentan. Este paso es fundamental para avanzar en la propuesta de instrumentos de promoción.

→ **Taller 2.** Los objetivos particulares del taller fueron: 1) Presentar las medidas de eficiencia energética y las metas de reducción de consumo de energía y emisiones de GEI para los subsectores seleccionados en el primer taller. 2) Acordar y validar con los representantes de los subsectores industriales las áreas de intervención. 3) Presentar la metodología y el modelo para evaluar y cuantificar los impactos de las medidas propuestas. 4) Presentar de manera preliminar los potenciales instrumentos de políticas y estrategias para facilitar la implementación de las medidas acordadas.

3. Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México.

→ **Realización de una prospectiva simplificada.** Utilizando el modelo *Long-range Energy Alternatives Planning*

System (LEAP) se evaluaron escenarios de mediano y largo plazo, y en qué forma las medidas de eficiencia energética propuestas contribuyen a las metas de eficiencia energética y al cumplimiento de las metas de mitigación de GEI en el marco de las NDCs de México. Esta evaluación prospectiva contribuyó a la elección de instrumentos.

→ **Identificación de instrumentos para la superación de las barreras en la implementación de medidas.** Las propuestas se basaron en los instrumentos existentes, las experiencias internacionales y regionales e implicaron, de acuerdo con los sectores, diferentes propuestas de medidas y barreras a superar.

→ **Instrumentos y medidas.** Los instrumentos identificados se distribuyeron en tres grandes categorías: a) aquellas consideradas líneas estratégicas generales (acuerdos voluntarios; mecanismos de financiamiento; información y capacitación); b) las específicas para cada subsector y medidas; y c) las transversales que responden a dos medidas concretas: calentamiento solar y cogeneración. Todos los instrumentos fueron acompañados por actividades necesarias para su puesta en práctica.

→ **Taller 3.** Los objetivos específicos del taller fueron: 1) Presentar los efectos económicos de las medidas de eficiencia energética propuestas, así como los ahorros de energía y reducción de emisiones de GEI que generaría su puesta en marcha. 2) Acordar y validar con los representantes de los subsectores considerados, la intervención técnica y las metas propuestas. 3) Presentar una propuesta preliminar de posibles instrumentos.

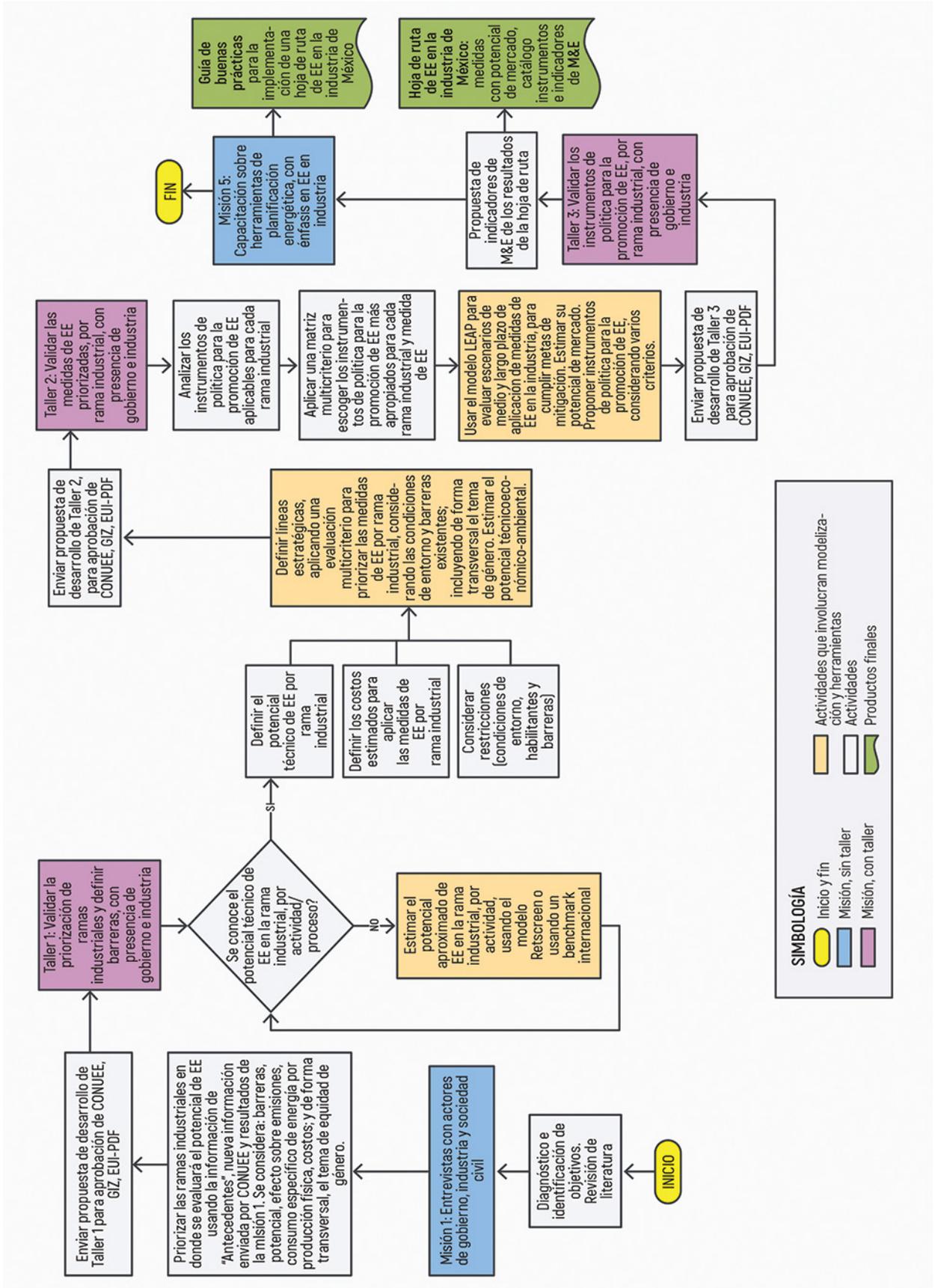
→ **Identificación de indicadores de monitoreo y evaluación de resultados (M&E).** Se realizó un apartado sobre indicadores para monitorear el desempeño de este tipo de medidas e instrumentos.

→ **Taller sobre el uso de herramientas para la modelación.** El objetivo de esta capacitación fue fortalecer capacidades y formar capital humano en México en el uso de herramientas de evaluación y diferentes modelos como el LEAP, el RETSCREEN o el SAM, entre otras posibles alternativas.

La **Figura 2.4** muestra en forma resumida todo el camino crítico seguido a lo largo del trabajo.

¹⁶ Acrónimo del idioma alemán que significa: planificación de proyectos orientada a objetivos.

Figura 2.4: Camino crítico seguido por la metodología aplicada para el desarrollo de la propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México







3

La industria de México: la eficiencia energética y los subsectores elegidos para el fortalecimiento de la Hoja de Ruta en el sector industrial

3.1

Breve diagnóstico de la industria y la eficiencia energética en el sector industrial en México

La industria es uno de los principales sectores de actividad en México por su contribución a la economía nacional. De acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el tercer trimestre de 2017, la contribución de la industria manufacturera, que es el objeto de análisis de este proyecto (Código 31-33 SCIAN), en el Producto Interno Bruto (PIB) nacional fue de 16.0%¹⁷; mientras que, en el año 2016, según la encuesta anual manufacturera desarrollada por INEGI, la industria manufacturera se componía de cerca de 205,000 establecimientos.¹⁸ Para septiembre de 2017 el número de personas empleadas por la industria manufacturera rebasó los 3.7 millones.

Aun cuando la actividad del sector industrial en su conjunto (período septiembre 2016 – septiembre 2017) se redujo 1% (véase la **Figura 3.1**), principalmente debido a una contracción en la actividad minera, la industria manufacturera tuvo un crecimiento de 3.4%, muestra del dinamismo y de la importancia que este subsector tiene para la economía (véase la **Figura 3.2**). Este crecimiento (3.4%), corresponde aproximadamente al crecimiento en la ocupación durante ese mismo lapso (3.6%), por lo que la importancia de este subsector para el mejoramiento en la calidad de vida también se considera relevante.

Figura 3.1: Actividad industrial a septiembre de 2017 (2013 = 100%)

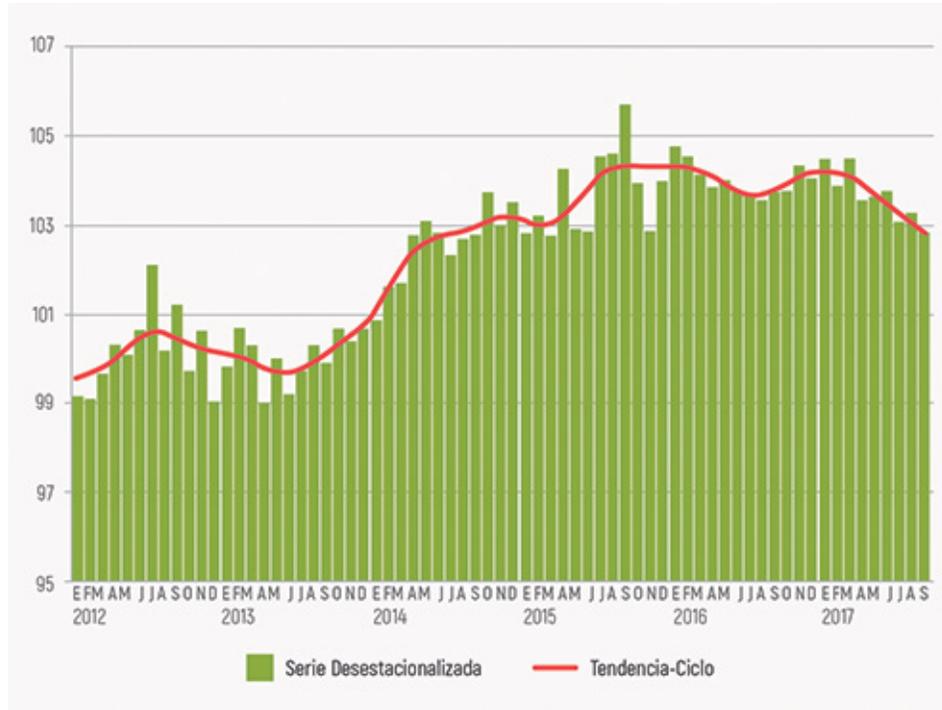


Fuente: INEGI.

¹⁷ INEGI. (2017). Sistema de Cuentas Nacionales de México – Producto Interno Bruto. (Estimado a partir de procesamiento de datos de series desestacionalizadas y originales de datos al tercer trimestre de 2017).

¹⁸ INEGI. (2017). Resultados de tabulación de personal ocupado en el sector manufacturero, a partir de datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo; cifras al cuarto trimestre de 2016.

Figura 3.2: Actividad de la industria manufacturera a septiembre de 2017 (2013 = 100%)



Fuente: INEGI.

3.2 Caracterización energética del sector industrial

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía (BNE) de la SENER, el sector industrial sigue siendo el segundo mayor consumidor de energía en México, representando en el año 2015 el 30.3% del total, o el 31.4% del consumo energético total nacional. La **Tabla 3.1** muestra la distribución sectorial del consumo total de energía en México. En la **Tabla 3.2** se observa un incremento interanual de 3.1%, a pesar de la baja en la producción de petroquímicos de Petróleos Mexicanos (PEMEX), la industria química y la elaboración de azúcares.



Tabla 3.1 Balance Nacional de Energía 2015: Consumo final total de energía (PJ)

CONCEPTO O SECTOR / RAMA DE CONSUMO	2014	2015	VARIACIÓN [%] 2014 - 2015	% DE TOTAL
Consumo final total	5,129.8	5,283.1	3.0	100.0
Consumo no energético total	232.2	188.4	-18.9	3.6
Petroquímica de PEMEX	139.2	113.2	-18.6	2.1
Otras ramas	93.1	75.2	-19.2	1.8
Consumo energético total	4,897.6	5,094.7	4.0	96.4
Transporte	2,246.4	2,361.8	5.1	44.7
Industrial	1,553.2	1,601.8	3.1	30.3
Residencial, comercial y público	938.5	952.1	1.4	18.0
Agropecuario	159.5	179.1	12.3	3.4

Fuente: Balance Nacional de Energía, SENER (2015).

La Tabla 3.2 muestra el consumo energético del sector industrial, con desglose de las ramas de mayor consumo energético, las cuales representan el 53.3% del total. El resto de la industria (46.7% del total), se agrupa en la categoría “otras ramas”.

Tabla 3.2 Balance Nacional de Energía 2015: Consumo final total de energía en la industria (PJ)

CONCEPTO O SUBSECTOR DE CONSUMO	2014	2015	VARIACIÓN [%] 2014 - 2015	% DE TOTAL
Total, sector industrial	1,553.2	1,601.8	3.1	100.0
Otras ramas	715.0	748.0	4.6	46.7
Industria básica del hierro y el acero	212.3	222.3	4.7	13.9
Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas	155.0	176.8	14.1	11.0
Industria química	103.0	96.8	-6.1	6.0
Pemex petroquímica	103.8	74.4	-28.3	4.7
Minería de minerales metálicos y no metálicos	56.0	62.8	12.2	3.9
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	59.1	59.3	0.3	3.7
Fabricación de pulpa, papel y cartón	44.4	49.9	12.6	3.1
Elaboración de azúcares	38.6	37.2	-3.6	2.32
Elaboración de cerveza	19.9	21.1	6.1	1.32
Fabricación de automóviles y camiones	12.6	16.6	31.1	1.03
Construcción	11.9	13.8	16.4	0.86
Fabricación de productos de hule	10.0	10.7	7.0	0.67
Elaboración de refrescos, hielo, otras bebidas no alcohólicas, purificación y embotellado de agua	9.7	10.2	5.0	0.64
Fabricación de fertilizantes	1.4	1.3	-7.2	0.08
Elaboración de productos de tabaco	0.5	0.6	18.3	0.04

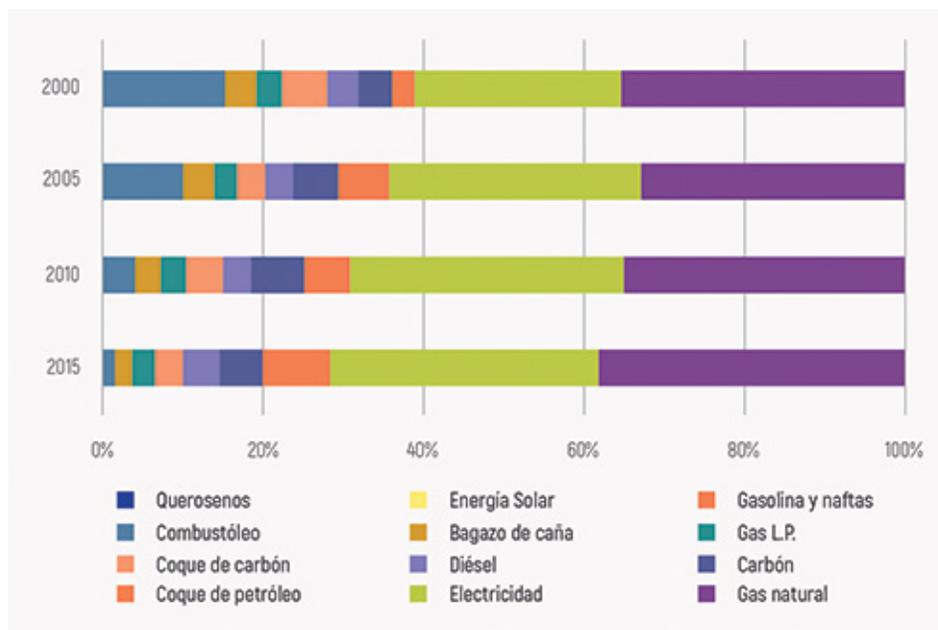
Nota: La suma de los parciales puede no coincidir con los totales debido al redondeo de las cifras.
Fuente: Balance Nacional de Energía, SENER (2015).

En referencia a los datos obtenidos del Balance Nacional de Energía 2015, el consumo de energía primaria del sector industrial es de 67.3%, donde el 33.7% corresponde a energía eléctrica. En cuanto al uso de los diferentes tipos de energéticos en el sector industrial, el gas natural y el coque de petróleo han seguido ganando terreno y han reemplazado algunos combustibles.

Como muestra de esta evolución y exclusivamente con fines comparativos, en la **Figura 3.3** se muestra el comportamiento del perfil de consumo de los diferentes

tipos de combustibles en el sector industrial en períodos de cinco años comprendidos entre 2000 y 2015. Como puede apreciarse, entre los combustibles con mayor consumo en el año 2000 que presentaron la mayor tendencia porcentual a la baja durante ese período son: combustóleo (de 15.8% a 1.4%), bagazo de caña (de 4.0% a 2.3%), gas L.P. (de 3.4% a 2.6%) y coque de carbón (de 5.8% a 3.7%), mientras el combustible de mayor crecimiento es el coque de petróleo (de 2.8% a 8.3%).

Figura 3.3: Perfil de consumo de combustibles en el sector industrial manufacturero (2015)



Fuente: Fundación Bariloche con datos del Sistema de Información Energético (SIE, SENER).

3.3 Prospectivas energéticas del sector industrial

Tal como se desarrolla en detalle en el documento de *Lineamientos metodológicos para la elaboración de una Hoja de Ruta de Eficiencia Energética particularizada para el sector industrial en México*, en el país existen experiencias de prospectivas sectoriales. En 2016, el Instituto Fraunhofer realizó para GIZ y Conuee una prospectiva energética sectorial para el período 2015-2030, cuyos resultados se presentan en

el documento *Determinación de la línea base de consumo energético y potenciales de eficiencia energética sectoriales en México* (Conuee/GIZ, 2017).

De acuerdo con dicho estudio, entre las ramas con menor intensidad energética se encontraban la minería y la fabricación de autos y camiones. Entre las ramas de mayor

intensidad se encontraban la elaboración de azúcar, la manufactura de vidrio, la producción de cemento, y la fabricación de hierro y acero.¹⁹ En la proyección de dicho estudio se observa un incremento del 50% del consumo de energía del sector entre 2014 y 2030, bajo un escenario de crecimiento anual del valor agregado industrial del 3.4%, sin la implementación de una política de eficiencia energética y con un incremento proyectado en la participación del gas seco y la electricidad. Otro de los resultados que tiene relevancia para el presente análisis es que, aproximadamente, la mitad del consumo es atribuible a las ramas clasificadas como grandes consumidores energéticos.

Por otro lado, este estudio estimó los potenciales de ahorro por medidas de eficiencia energética para el sector industrial, en un marco de políticas de eficiencia energética de alta intensidad para el año 2030, con potenciales de 9 a 12% de ahorro para las industrias energéticamente intensivas; del 17 a 19% para las de menor intensidad energética; y como caso significativo, un potencial de ahorro para la industria del papel de 25%.

3.4 Emisiones de GEI y NDC del sector industrial

PERFIL DE EMISIONES DE GEI DEL SECTOR INDUSTRIAL EN MÉXICO

De acuerdo con el Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) en 2013, las emisiones del sector industrial, considerando a toda la industria petroquímica privada, se estimaron en 114.9 MtCO₂e, ubicándose detrás de los sectores transporte, y generación de energía eléctrica. Las emisiones por combustión se estimaron en 64.1 MtCO₂e; por procesos industriales 41.3 MtCO₂e y por emisiones fugitivas (minería), 9.6 MtCO₂e (se consideran para estas estimaciones sólo las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O).

El sector contribuyó en 2013 con 17% de las emisiones totales de GEI. De acuerdo con el INEGYCEI 2013, los principales emisores del sector industrial son la industria de cemento y cal con 5.2%; seguido por la industria siderúrgica con 3.6%; la minería con 1.4%; la industria química con 1.2% y la petroquímica con 0.9%. Estas ramas de actividad industrial representan en conjunto cerca de 72% de las emisiones totales de la industria.

En dicho contexto, la aplicación de medidas y políticas definidas en el marco de acciones de eficiencia energética podrían tener como resultado la reducción de emisiones, en mayor medida las relacionadas con combustión, las cuales, a partir de los datos indicados al inicio de esta sección, representan un 60.6% de las emisiones totales de la industria.

¹⁹ Estas ramas no necesariamente coinciden con las que generan mayor valor agregado, puesto que de acuerdo a información del INEGI las ramas de la industria con mayor relevancia en el valor agregado son: industria alimentaria; industria de las bebidas y del tabaco; fabricación de insumos textiles, acabado de textiles y prendas de vestir; curtido, fabricación y acabado de cuero y piel y materiales sucedáneos.

²⁰ INECC, 2015. Las cifras mostradas no incluyen las emisiones debidas a producción y uso de halocarbonos y SF₆.

Se prevé que el crecimiento en las emisiones del sector no será proporcional al comportamiento en el consumo energético, debido en buena medida a la transición hacia el consumo de gas natural, a pautas de eficiencia energética, y a la incorporación de energías renovables y algunos proyectos de cogeneración.

CONTRIBUCIÓN NACIONALMENTE DETERMINADA DEL SECTOR INDUSTRIAL EN MÉXICO

En marzo de 2015 México presentó ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) la Contribución Prevista y Determinada a nivel Nacional de México (INDC, por sus siglas en inglés), con miras al acuerdo global alcanzado, finalmente, en la Cumbre del Clima celebrada durante la COP 21 en diciembre de ese mismo año.

La meta actual, establecida para la Contribución Determinada a nivel Nacional no condicionada, es de 22% de reducción en GEI sobre las emisiones de línea base (escenario normal de negocios, *Business as usual*, o BAU) en 2030. En el caso particular de la industria, la meta es de alrededor de 5%, basada sobre todo en: medidas relacionadas con incremento de proporción de energía limpia en la matriz energética, sustitución de combustibles y reducción de hollín en ingenios azucareros. Por ello, se considera que existe un potencial real y significativo para la reducción de emisiones a partir de medidas o acciones adicionales y/o alternativas, entre ellas las relacionadas con eficiencia energética y cogeneración.

En 2015, para cumplir con las obligaciones de revisión e informe bienal de actualización (BUR, por sus siglas en inglés) establecidas para las partes de la CMNUCC, y debido a la previsión de una demanda de energía que crecerá en un 100% entre 2013 y 2027 para el sector industrial, el INECC y la SEMARNAT publicaron el reporte: *Primer Informe de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. En dicho documento se detallan algunos elementos adicionales a los mencionados en las NDCs, y se incorporan los siguientes aspectos relacionados con eficiencia energética:

- Apoyar el aumento a la eficiencia energética y la adopción de mejores prácticas, en particular en PyMEs industriales.
- Formular normas, estándares y un sistema de incentivos para regular el consumo energético industrial futuro, incluyendo mercados de servicios energéticos.
- Adoptar mejores prácticas y conductas tanto en la cadena productiva industrial, como en los consumidores finales de los bienes.
- Certificar productos generados a partir de tecnologías eficientes.

En dicho informe de actualización, el INECC desarrolló un análisis para determinar las condiciones de diversas acciones de mitigación de emisiones de GEI; en el caso del sector industrial, destacan las relacionadas con eficiencia energética, cogeneración y uso de biomasa.

Lo anterior está en línea con lo descrito en el estudio *8% + Sector privado y crecimiento bajo en carbono en México*, publicado por la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) y por el Fondo Mundial para la Naturaleza (*World Wildlife Fund*, WWF) en 2014.²¹ En este trabajo se identifica un potencial anual de mitigación de GEI de 18 MtCO₂e, debido a proyectos de cogeneración y de 5 MtCO₂e por eficiencia energética. Se señala que se requerirán inversiones de aproximadamente \$18,000 MUSD y la eliminación de barreras.

3.4.1. Aspectos relevantes del análisis energético y de emisiones de GEI del sector industrial

- La selección de industrias realizada en el marco de este análisis engloba los mayores potenciales y oportunidades de mejora en eficiencia energética.
- Se considera que existe un potencial significativo de reducción de emisiones de GEI en el sector industrial a través de la implementación de acciones de eficiencia energética y de cogeneración.
- Existe una oportunidad concentrada de reducción de emisiones de carbono negro en el sector industrial, debido a la utilización de biomasa (bagazo de caña) en ingenios azucareros, la cual requiere un diálogo cercano con dicha industria por parte de los actores gubernamentales.
- Existen potenciales de aplicación de medidas de uso racional y eficiente de la energía, los cuales se pueden cuantificar.
- Es necesaria la comunicación y colaboración de las instituciones rectoras de los sectores energético y ambiental con otros actores relevantes, dentro y fuera de las propias industrias, como detonador para el aprovechamiento a mayor escala de las oportunidades para mejora de eficiencia energética.
- Esa misma articulación se requiere para determinar el tipo y enfoque de políticas, incentivos, esquemas tributarios, esquemas de financiamiento o facilidades a la implementación de acciones de eficiencia energética.

²¹ Ver: CESPEDES y WWF. 2014. *8%+ Sector privado y crecimiento bajo en carbono en México*. México, CDMX http://awsassets.panda.org/downloads/informe_8pc_wwf_cespedes_final.pdf.

- La implementación de sistemas de cogeneración requiere de un enfoque sistémico, para encontrar el esquema más adecuado a las condiciones particulares y evitar sobredimensionamientos que afecten negativamente la rentabilidad o la operatividad del proyecto.
- Algunos instrumentos de política o fuentes de financiamiento diseñados para la mitigación de emisiones

pueden ser utilizados como impulso para nuevos proyectos de eficiencia energética.

- Merece especial atención el sector de PyMEs por su alta contribución a aspectos sociales y al consumo de energía en su conjunto, lo que se estima representa cerca de 50% del total sectorial.

3.5 Selección de subsectores

3.5.1. La importancia de la selección de criterios para la definición de subsectores

La política de eficiencia energética orientada a los sectores de consumo final se encuentra siempre conformada por subprogramas en cada uno de los sectores de relevancia: residencial, industrial, transporte, comercial y servicios, etc. Al mismo tiempo, cada uno de estos sectores cuenta con subsectores en los cuales se desarrollan diferentes subprogramas.

Existe una creciente preocupación por el desarrollo de acciones de eficiencia energética en México, que ha derivado en el reconocimiento de la necesidad de profundizar la *Hoja de Ruta en materia de Eficiencia Energética* publicada por Conuee en enero de 2017 para dar cumplimiento a los compromisos en el marco de la *Ley de Transición Energética* publicada en diciembre de 2015; y dotar de instrumentos a las instituciones para su puesta en marcha. Paralelamente, el documento de NDC de México incluye la necesidad de desarrollar este tipo de acciones.

Por estos motivos, y teniendo en cuenta la importancia del sector industrial para la economía y el sector energético, es que se ha decidido avanzar en el fortalecimiento de la Hoja de Ruta en materia de eficiencia energética para dicho sector. Sin embargo, en la búsqueda de desarrollar acciones que tengan el mayor impacto, es necesario realizar una priorización de las ramas industriales a abordar, para lo cual, es recomendable el uso de criterios adecuadamente

definidos, que atiendan a las características propias del país y a los objetivos que persigue la política energética en particular. El uso de criterios para la priorización es ampliamente difundido en diferentes ramas de la política pública, siendo los más utilizados los criterios técnicos, económicos, de política y ambientales. Así mismo, en el caso específico de la evaluación de la política de eficiencia energética son muchos los ejemplos de utilización de criterios.²²

Es importante remarcar que la aplicación de los criterios definidos exige ciertas condiciones habilitantes, vinculadas, esencialmente, a la disponibilidad de información que permita la aplicación de los criterios, por ejemplo: en el caso de “potencial de eficiencia energética identificado”, es necesario considerar que las tecnologías eficientes estén disponibles o puedan disponerse localmente, el conocimiento del consumo energético por ramas, entre otros. Al mismo tiempo, hay que recordar que no existen propuestas únicas de criterios a utilizar y que su selección depende de las circunstancias nacionales, prioridades nacionales, los objetivos de política y la información disponible. Por otra parte, la selección de los subsectores surge de una combinación de criterios, sin que eso signifique que los elegidos deben cumplir con todos ellos (véase la **Tabla 3.3**).

²² Se encuentran ejemplos de aplicación de este tipo de análisis en España, en el caso del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), o el Plan Nacional de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética (NEEAP) aprobado en el año 2011; y en estudios realizados por la IEA y el ICLEI (Gobiernos Locales para la Sustentabilidad) en el proyecto: *Promoting Energy Efficiency Best Practice in Cities - A pilot study* (IEA, 2008), entre otros.

Tabla 3.3 Criterios aplicados para la selección y validación de subsectores en la industria²³

Criterio		Definición
1	Importancia/prioridad	Magnitud de la participación porcentual en la matriz de consumo energético industrial
2	Efecto energético	Estructura del consumo por fuente
3	Potencial de eficiencia energética	a) Potencial de ahorro de energía
		b) Posible reducción de la intensidad energética
4	Factibilidad de intervención	Grado de concentración económica del subsector
5	Relevancia económica	Importancia del subsector dentro del Valor Agregado Industrial (VAI), generación de empleo y sector externo
6	Costos energéticos	Importancia de los costos energéticos en los costos totales
7	Factibilidad tecnológica	Grado de conocimiento interno sobre las tecnologías eficientes
8	Efecto ambiental	a) Emisiones de CO ₂ e relativas del subsector
		b) Emisiones totales en CO ₂ e

Fuente: Fundación Bariloche.

La experiencia indica que los criterios presentados son especialmente válidos y aptos para la selección y priorización de los subsectores industriales de mayor tamaño. Es decir, que las empresas pequeñas y medianas (como subcategoría dentro de las PyMEs)²⁴ responderían a otros criterios de selección, especialmente vinculados a las condiciones de estas y las barreras propias que enfrentan. Sin embargo, muchos de los criterios presentados serían aplicables a PyMEs, quizá con alguna adecuación de estos.

3.5.2. Propuesta y justificación de la selección de subsectores y PyMEs²⁵

En el caso de México, el enfoque en el sector industrial fue determinado estratégicamente por la Conuee, pero, en lo que respecta a los subsectores dentro de la industria, se realizó un análisis inicial de los criterios conforme a los pasos metodológicos sugeridos en la sección anterior.

La desagregación propuesta se basó en los criterios planteados, utilizando diferentes fuentes de información nacionales o referencias internacionales, así como el desarrollo de entrevistas y en los resultados del primer taller (desarrollado en la segunda fase del proyecto), que validó y/o propuso subsectores a incorporar, tanto en aquellos denominados estratégicos y de mayor tamaño como en las PyMEs.²⁶ De acuerdo con los análisis realizados, y los aspectos comunes respecto a las barreras que enfrentan, las PyMEs fueron analizadas como bloque, propuesta que fue ampliamente validada en el primer taller.²⁷

Para los subsectores correspondientes a las grandes industrias, se realizaron análisis históricos de la evolución del consumo específico para los casos en que fue posible obtener dicha información,²⁸ así como comparaciones internacionales de tipo evaluación comparativa. Derivado de los mismos y de información provista directamente por las cámaras e industrias involucradas, surgieron consideraciones importantes para guiar el esfuerzo de investigación.

En consecuencia, se mantuvieron los siguientes subsectores estratégicos: hierro y acero, cemento, vidrio, química y papel. Es importante destacar que los subsectores presentados son los identificados en la primera fase del proyecto (2016), a los que se han sumado las propuestas realizadas por los actores convocados a los talleres, a saber: azucarero, y los vinculados a PyMEs.

²³ Algunos de los criterios son cuantitativos y otros son cualitativos.

²⁴ Como se explica más adelante, se considera que las denominadas microempresas no serían sujeto de este análisis.

²⁵ Se utiliza la terminología subsector como sinónimo de rama o subrama industrial según la denominación SCIAN.

²⁶ Un documento relevante fue el informe: *Estudio de Mercado para identificar sectores y subsectores relevantes para la implementación del NAMA Support Project (NSP)* que identifica como los subsectores de mayor potencial: industria alimentaria, bebidas y del tabaco, textil, papel, química, plástico y del hule - GIZ 2014.

²⁷ Una de las dificultades, ya identificadas en el trabajo de GIZ citado, es determinar el número exacto de PyMEs que pertenecen al sector industria, además del hecho de que el 97.6% del total de PyMEs serían microempresas, y el mayor porcentaje de ahorros de energía se concentraría en las pertenecientes al sector terciario.

²⁸ De acuerdo con lo planteado en la metodología de trabajo, cuando ello no fue posible se apeló a información internacional.

En el caso de las PyMEs surgieron múltiples propuestas, especialmente de las entrevistas que incluían ramas o subramas, tales como: metalmecánica, electricidad y electrónica, alimentos, plástico y hule, autopartes, textil, cerámica, coincidiendo, en gran medida, con el estudio citado de GIZ. Los argumentos subyacentes para incluirlas en programas de eficiencia energética fueron diversos y se concentraban, esencialmente, en dos ejes: 1) valor socioeconómico-energético y 2) barreras que deben ser superadas para incorporar subsectores de PyMEs debido a su gran potencial para implementar acciones de eficiencia energética.²⁹

A continuación, se analiza cada uno de los componentes de la **Tabla 3.3**, presentada anteriormente.

3.5.2.1 IMPORTANCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA.

Tal como se ha mencionado con anterioridad, el consumo energético del sector industrial en el año 2015 corresponde al 30.3% del total, o al 31.4% del consumo energético. En cuanto a los subsectores, la industria básica del hierro y el acero y la del cemento utilizaron cerca del 47% del total de las ramas con mayor consumo energético o 24.9% del total del sector industrial.

3.5.2.2 ESTRUCTURA DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS SUBSECTORES SELECCIONADOS.

En los subsectores elegidos, el dominio es de la energía primaria, y en la mayoría de los casos está por encima del 80% del consumo total del subsector.

3.5.2.3 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA Y DEL CONSUMO ENERGÉTICO ESPECÍFICO.

Para este análisis se utilizan indicadores de consumo energético por unidad física producida,³⁰ confeccionados a partir de la información disponible de consumo por subsector y producción física de algunos productos seleccionados.

3.5.2.4 FACTIBILIDAD DE INTERVENCIÓN.

Este criterio considera que un subsector más concentrado económicamente, es decir con un menor número de actores, facilita el proceso de intervención mediante políticas públicas ya que, en muchos casos, puede establecerse un diálogo directo con los involucrados. Especialmente si dichos actores se encuentran agrupados o pertenecen a una cámara que los representa, dicha cámara tiene más facilidad de llegar a sus miembros (véase **Tabla 3.4**).³¹

Tabla 3.4 Análisis cualitativo de la concentración en los subsectores priorizados

Subsector	Comentario
Hierro y acero	Cinco productores grandes cubren la mayor parte del mercado (62% de la producción).
Cemento	Seis empresas, con veinticinco plantas, concentran la mayor parte del mercado (50% de la producción).
Química	Aproximadamente cuarenta empresas serían responsables del 50% de la producción 220 empresas cubren el 95% de la producción.
Azúcar	Diez ingenios concentran, aproximadamente, el 85% de la producción El total de ingenios es de cincuenta y uno.
Papel	El 28% del mercado estaría en manos de cuatro empresas El restante 72% se encuentra distribuido en, aproximadamente, 36 empresas.
Vidrio	Hay ocho empresas principales.
PyMEs	Compuesto por más de 5 millones de empresas (incluyendo alrededor de 520,000 microempresas y PyMEs industriales).

Fuente: Fundación Bariloche.

²⁹ Como falta de información, ausencia de capacidad técnica, imposibilidad de acceder a financiamiento de bajo costo, etc.

³⁰ Aproximación al indicador de IEA denominado IS2a. El detalle de este rubro se encuentra en los anexo de este documento, disponibles en la página electrónica de la Conuee (www.gob.mx/conuee), como en la Biblioteca Digital del Programa Energía Sustentable de GIZ (<https://bit.ly/2NV8mKd>).

³¹ Por esta razón, un componente del análisis se centró en identificar el número de actores en cada subsector, sin llegar a la medición del índice de Herfindahl e Hirschman.



3.5.2.5 ESTIMACIÓN DEL PESO RELATIVO DE LOS COSTOS ENERGÉTICOS A PARTIR DEL USO DE LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO DE MÉXICO.³²

A partir de la utilización de la *Matriz Insumo Producto* (MIP)³³ publicada por el INEGI en 2012, se realizó una estimación preliminar del peso de la energía en los costos de producción para los sectores que se analizarán en el marco del proyecto, siempre que fue posible su focalización por corresponder a una rama de la matriz mencionada.

En la estimación de costos productivos de las ramas en cuestión, se desagregó el valor bruto de producción según los principales componentes de costos fijos y variables vinculados con: costos de mano de obra (trabajo), excedente bruto de operación (capital) e insumos (estos últimos desagregados en energía e insumos restantes).

Las ramas utilizadas para asignar de forma aproximada los gastos en energía fueron las siguientes:³⁴

- 2121, Minería de carbón mineral.
- 2211, Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
- 3241, Fabricación de productos derivados de petróleo y carbón.
- 3251, Fabricación de productos químicos básicos.
- 4862, Transporte de gas natural por ductos.
- 4869, Transporte por ductos de otros productos.

La inclusión de la rama 3251 se realizó a partir del análisis de los insumos consignados por sector de generación eléctrica, sector que presenta un importante valor. Si bien, según la denominación del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), la rama 3251 no debería contener el gas natural distribuido por redes destinado al consumo energético; el alto valor que presentan las ramas industriales estudiadas (así como la actividad correspondiente a la generación eléctrica) supone que el gas natural combustible es consignado bajo dicha denominación.

Los resultados que se presentan en la **Tabla 3.5** surgieron de las estimaciones realizadas considerando la apertura en costos de capital, trabajo e insumos, de los cuales se realizaron cálculos sobre los costos energéticos totales (combustibles y electricidad), desagregándolos en términos relativos de erogaciones respecto a otros insumos. La finalidad es realizar una estimación, por vía indirecta, del peso económico de la energía sobre los gastos variables totales. Si bien, otras metodologías podrían conducir a valores diferentes, según el grado de detalle de la información, es una buena aproximación al peso relativo de la energía en la canasta total de insumos.

³² INEGI- Sistema de clasificación industrial de América del Norte, México – SCIAN 2013.

³³ Se utilizó la matriz simétrica total de insumo-insumo (producto-producto) por rama de actividad en millones de pesos a precios básicos, actualización 2012.

³⁴ La descripción de cada uno de los códigos es aquella vinculada a la generación, transporte o comercialización de energéticos. Según la metodología insumo-producto, los gastos/compras de cada una de las ramas industriales estudiadas a estas ramas individualizadas, constituyen las transacciones internas de bienes y servicios. Es decir, en este caso, el pago por los energéticos. Es muy razonable pensar que el gasto de cada rama industrial estudiada, asignado a la rama 2211 (actividades de generación, transmisión y distribución de EE) corresponda principalmente al pago por compra de electricidad. Así también la 4862 corresponda a las compras de GN y la rama 4869 a aquellas grandes industrias (del sector en cuestión) que compran derivados por ductos. En síntesis, las ramas mencionadas son las que mejor describen las compras de insumos energéticos según su descripción en el código SCIAN. A salvedad de la rama 3251, que, si bien pareciera que son productos químicos, se estima que parte del gas natural que se comercializa en el sistema se cataloga bajo esa denominación ya que participa muy fuertemente entre los insumos que se imputan a la rama de generación eléctrica corroborando que se trata de dicho energético.

Tabla 3.5 Peso de los costos productivos en los subsectores de la industria

SUBSECTOR	CAPITAL	TRABAJO	INSUMOS	
			ENERGÍA	RESTO
Hierro y acero	32.0%	1.8%	16.7%	49.5%
Cemento	45.2%	7.3%	13.3%	34.2%
Vidrio	30.3%	9.5%	8.1%	52.1%
Papel	23.0%	5.4%	12.3%	59.2%
Azúcar	26.5%	10.7%	3.4%	59.4%
Resto industrias	22.5%	6.1%	5.7%	65.7%

Fuente: Fundación Bariloche con base en la Matriz Insumo Producto (INEGI, 2012).

3.5.2.6 FACTIBILIDAD DE ACCESO A TECNOLOGÍA EFICIENTE.

A partir del análisis de antecedentes, de las entrevistas desarrolladas y los resultados de los talleres, se infiere que no existen barreras vinculadas al conocimiento y acceso a las tecnologías de mayor eficiencia en los subsectores: hierro y acero, cemento, vidrio y papel. Representantes de la industria química manifestaron que, dada la disparidad de subramas que incluye y las diferencias de tamaños de las empresas, en algunos casos se podrían verificar niveles de desconocimiento sobre las tecnologías y procesos de última generación disponibles. Evidentemente, el mayor obstáculo se da en las PyMEs, donde la limitación de capacidades y el acceso a la información sobre opciones tecnológicas se han manifestado como dos de las principales barreras.

3.5.2.7. IMPACTO AMBIENTAL.

Dada la información que se requeriría para un análisis ambiental profundo de los efectos de cada uno de los subsectores considerados, la importancia política que se le

asigna a las emisiones de GEI y los compromisos asumidos en la NDC, se consideró que la forma más adecuada de medir estos impactos era a través de la estimación de las emisiones de CO₂e.

Conociendo los volúmenes de consumo por fuente y aplicando los factores de emisión por combustibles que utiliza México, fue posible calcular las emisiones directas de cada uno de los subsectores. La mayor dificultad se encontró en las PyMEs, debido a que el nivel de incertidumbre sobre la estructura de consumo por combustibles no hacía recomendable realizar estimaciones cuantitativas. De cualquier manera, es posible proyectar que su contribución a las emisiones de GEI sería muy importante.

3.5.3. Resultados de la aplicación de los criterios

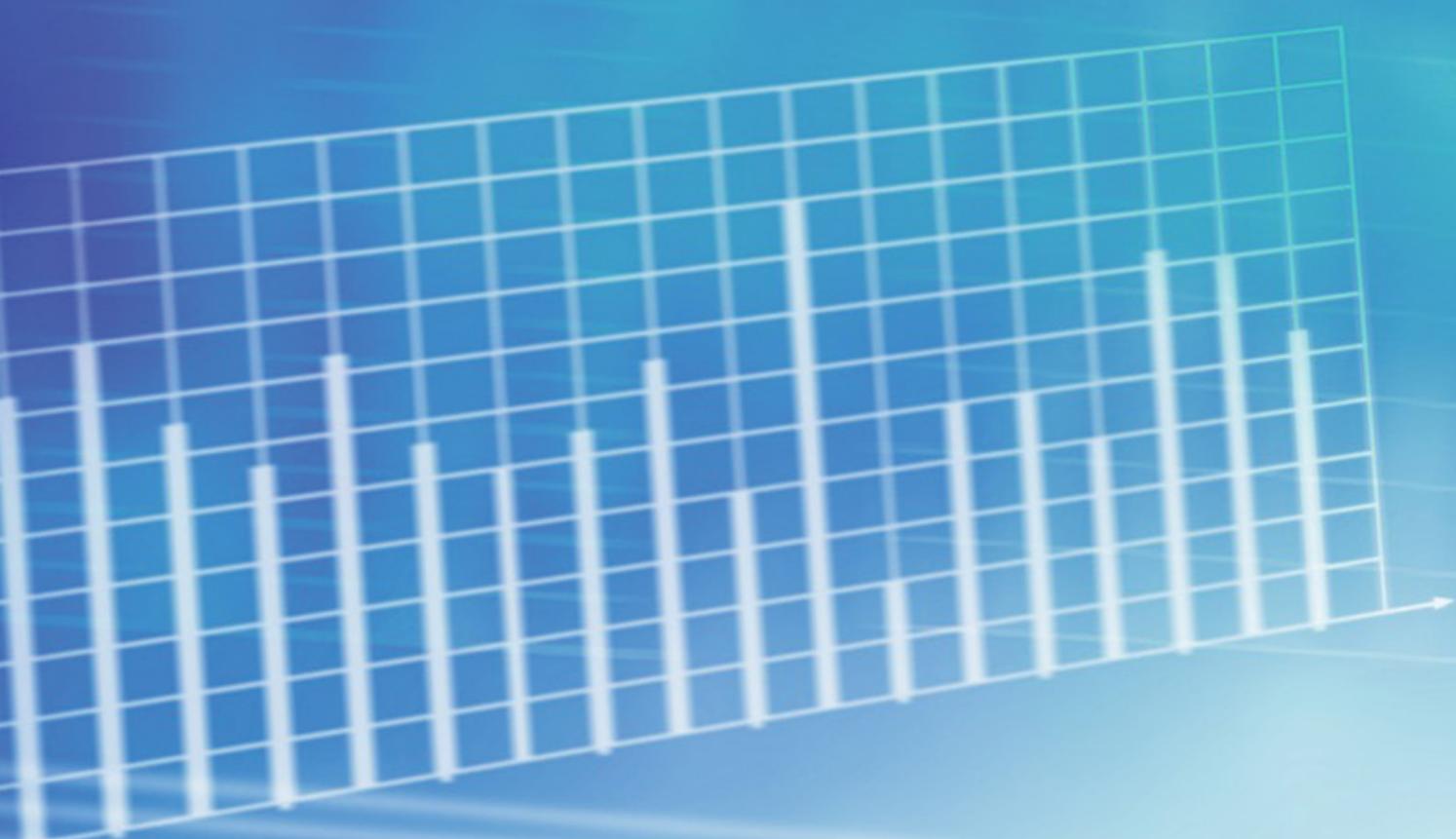
Siguiendo el camino crítico presentado en el capítulo 2, así como la Tabla de criterios 3.3, se presenta una aproximación preliminar cuali-cuantitativa de los subsectores analizados, a modo de soporte y justificación de la selección de estos (véase la Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Aplicación de criterios a la industria en México

Subsector	Prioridad [% Consumo de energía - 2015]	Efecto energético [Estructura del consumo de energía]	¿Existe potencial de eficiencia energética?	Factibilidad de intervención	Relevancia económica [% VAI - 2015]	Costos Energéticos [% de costos totales]	Factibilidad de acceso a tecnología eficiente	Efecto Ambiental [%CO ₂ e de Industria]
Hierro y acero	13.9%	Alto % de energía primaria (fósiles)	Sí	Alta	5.2%	25.3%	Alta	13.0%
Cementera	11.0%	Alto % de energía primaria (fósiles)	Sí	Alta	2.1%	28.1%	Alta	17.0%
Química	6.8%	Alto % de energía primaria (fósiles)	Sí	Media	8.4%	~14%	Media	7.0%
Azúcar	2.3%	Alto % de energía primaria (Biomasa - emisiones de hollín)	Sí	Alta	1.3%	5.4%	Alta	0.2%
Celulosa y papel	3.1%	Alto % de energía primaria (fósiles)	Sí	Media	0.7%	17.2%	Alta	3.0%
Vidrio	3.7%	Alto % de energía primaria (fósiles)	Sí	Alta	0.8%	13.5%	Alta	4.0%
PyMEs	~30.0 / 40.0%	Consumo equilibrado entre energía primaria y electricidad	Sí	Baja	~30.0%	Amplia diversidad de acuerdo con ramas.	Baja	Significativa considerando el número de empresas.

Fuente: Fundación Bariloche con base a procesamiento de información de fuentes analizadas.

Como se muestra en la tabla anterior, la industria revela que los subsectores identificados representan poco más del 40% del consumo de energía del sector industrial. Los potenciales de eficiencia energética (reales) dependen de cada subsector pero, en general, son oportunidades que sumadas darían una cifra significativa en comparación a un escenario tendencial que no incluya la intervención mediante políticas y estrategias. El nivel de concentración en los sectores estratégicos constituye una situación facilitadora para la implementación de políticas y estrategias. La participación de las industrias consideradas (incluyendo PyMEs) representan, aproximadamente, el 48% del VAI y, en el caso de las PyMEs, son la fuente más importante de demanda de mano de obra. En todos los subsectores estratégicos existe un buen conocimiento del estado del arte en tecnologías, aunque el mismo no esté en pleno conocimiento de todos los actores del subsector. Finalmente, de acuerdo con las estimaciones realizadas (estructura del consumo por fuentes y factores de emisión utilizados en México), los subsectores estratégicos incluidos representan valores cercanos al 45% de las emisiones de CO₂e del total de la industria, a lo que deberían sumarse las emisiones de las PyMEs.





4

Modelación y resultados

Además de la importancia del proceso participativo y de coordinación entre los sectores público, privado y académico, este proyecto cuenta con gran relevancia ya que incluye un diagnóstico cuali-cuantitativo sobre la identificación de potenciales de ahorro de energía y sus beneficios. La parte cualitativa se desarrolló mediante entrevistas a actores clave, talleres participativos con los representantes de los subsectores, así como con investigación de gabinete sobre instrumentos internacionales y antecedentes nacionales. La parte cuantitativa se refiere al primer ejercicio de modelación energética con el que se identificaron potenciales de ahorro de energía por subsector de la industria y los beneficios que se pueden obtener, derivados de ese ahorro, para el gobierno y para la sociedad como son la infraestructura evitada para cubrir la demanda energética, la disminución de importaciones de combustibles y la mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, lo cual en un análisis costo-beneficio de la implementación de las medidas tiene resultados positivos.

Los objetivos de realizar un ejercicio de modelación fueron:

- Estimar y cuantificar los ahorros de energía potenciales derivados de un conjunto de medidas concretas y factibles vinculadas directamente con eficiencia energética.
- Estimar el potencial al implementar las medidas con una cobertura del 70% de las empresas en cada sector.³⁵
- Evaluar el costo económico social como elemento de guía para la priorización de las medidas.

El ejercicio de modelación cuenta con las siguientes consideraciones:

- Se utilizó una aproximación de tipo ascendente (bottom-up) para la modelación del sector industrial, en cuanto a la estimación de usos y consumo de energéticos.
- Se identificaron medidas específicas considerando:
 - Impacto en términos de ahorro energético por uso.

- Costo de implementación.
- Costo o ahorro operativo.
- Sustitución de combustibles (si la hubiera).
- Se modeló el sistema energético mexicano completo con la asistencia de la herramienta *Long-range Energy Alternatives Planning system* (LEAP), para visualizar y cuantificar las interrelaciones existentes.
- Se utilizó una línea de base tomando en cuenta las proyecciones de crecimiento actuales de fuentes oficiales nacionales.
- Se utilizaron las proyecciones de expansión del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN).
- Los precios de la energía considerados corresponden al *World Energy Outlook* (WEO) 2017 de la IEA.
- La selección y adecuación de las medidas de eficiencia energética se realizó a partir de una profunda revisión de literatura, entrevistas a personas de los sectores público y privado, así como la validación de los representantes de la industria. En algunos casos se adquirieron publicaciones oficiales de algunas cámaras industriales con datos técnicos sobre sus procesos productivos y se incluyeron en la modelación.
- Se seleccionaron 50 medidas, correspondientes a los distintos subsectores, las cuales se evaluaron en escenarios independientes para aislar sus impactos (véase **Tabla 4.5**).
- Se realizaron escenarios que combinan las medidas, resultando en agregados diferentes por efecto acoplado de las mismas.
- De las 50 medidas seleccionadas, 37 resultaron viables a nivel sistema, es decir que son benéficas para la sociedad, en cuanto a costos e impactos.

El resultado de este ejercicio se presenta de manera resumida en la **Tabla 4.1** y la **Tabla 4.2**.

Tabla 4.1 Ahorro de energía y ahorro derivado del análisis costo-beneficio

No. DE MEDIDAS	ENERGÍA AHORRADA [PJ]	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO (MUSD)
50 medidas	2,809	\$ 4,355.8
37 medidas	1,857	\$ 5,937.1

Fuente: Fundación Bariloche

³⁵ Con excepción del subsector del Hierro y el Acero ya que sus representantes mencionaron que el alcance de implementación podría ser del 50% debido a que varias medidas se encuentran ya implementadas en algunas de sus industrias.

Tabla 4.2 Impactos correspondientes a la modelación de las medidas analizadas y de las medidas viables

NO. DE MEDIDAS	EMISIONES EVITADAS (kTON CO ₂ e)	EMISIONES EVITADAS (%)	ENERGÍA AHORRADA (PJ)	ENERGÍA AHORRADA (%)	EMISIONES EVITADAS A NIVEL PAÍS (kTON CO ₂ e)	EMISIONES EVITADAS A NIVEL PAÍS (%)
50 medidas	9,736.0	9.0%	235.0	9.9%	24,146.5	4.2%
37 medidas	9,167.0	8.5%	196.3	8.2%	15,728.2	2.8%

Fuente: Fundación Bariloche

Otras consideraciones acerca de la modelación del sistema energético incluyen la demanda de energía del sector industrial, considerando los consumos por uso y fuentes de energía según cada subsector industrial, así como los restantes sectores de consumo energético (residencial, transporte, comercial, agropecuario y no energético). La información referida a estos últimos sectores fue obtenida a partir del área LEAP, elaborada por el Instituto Fraunhofer para México. En el caso del sector industrial los coeficientes técnicos se actualizaron basados en la información de la base de indicadores de eficiencia energética (BIEE) de la Conuee, y se consideraron las proyecciones de un ejercicio de modelación desarrollado por la Conuee, ADEME, AFD y Enerdata durante 2017 para el sector industrial al 2030.

En lo que respecta a la oferta, se representaron en el modelo LEAP los principales centros de transformación, vinculados a la generación de electricidad, refinación, producción de gas

y petróleo. De este modo, frente a una medida de eficiencia energética en determinada rama de la industria, se pudo evaluar el impacto de esta sobre el consumo de energía y las emisiones GEI en dicha rama; además se identificaron los impactos aguas arriba de la medida, por ejemplo: la reducción de emisiones de GEI o la menor demanda de recursos energéticos en la etapa de generación de electricidad para las medidas de eficiencia en el uso de electricidad.

Este enfoque sistémico del sector energético no sólo permite identificar los impactos en términos energéticos y ambientales en toda la cadena, sino que, se ha podido identificar el costo social para cada medida utilizando para ello a la herramienta de análisis costo-beneficio que posee la herramienta LEAP.

4.1 Hipótesis macroeconómicas

Con el propósito de llevar a cabo la modelización detallada del sector industrial, se desagregaron los consumos de energía por uso y fuente a nivel de sus diferentes ramas. En los casos en que no se disponía de información oficial para realizar la apertura, se utilizaron estimaciones propias realizadas en el marco del presente proyecto.

El año base para la prospectiva fue 2015, mientras que el año horizonte fue 2030. Las variables explicativas utilizadas para el período bajo análisis toman como referencia (de acuerdo con lo acordado con la Conuee) las usadas en el estudio

realizado en el marco de la cooperación Conuee-AFD-ADEME, que tomó como referencia los criterios generales de la política económica aplicables, así como los escenarios de planeación utilizados por la SENER (véase **Tabla 4.3** y **Tabla 4.4**). Las trayectorias de los precios futuros del gas natural, el petróleo y sus derivados, fueron estimadas considerando las hipótesis planteadas por la IEA en su reciente informe WEO 2017.³⁶

A continuación, se presenta un resumen de las principales hipótesis adoptadas.

³⁶ WEO 2017: *World Energy Outlook*, OECD/IEA, International Energy Agency, noviembre, 2017.

Tabla 4.3 Evolución del Valor Agregado Industrial (mmdp 2008)

RAMAS	2015	2020	2025	2030	Crecimiento promedio 2016-2030
Resto Industria	741.7	893.9	1,100.0	1,347.2	4.2%
PEMEX	195.7	215.2	243.3	274.4	2.5%
PyMEs	985.7	1,123.8	1,274.5	1,439.0	2.6%
Química	57.9	63.6	71.9	81.1	2.5%
Azúcar	30.7	35.4	40.8	47.1	2.9%
Vidrio	19.9	21.9	24.1	26.4	1.9%
Pulpa y papel	47.4	52.6	56.7	61.1	1.6%
Cemento	119.7	139.2	160.7	184.4	2.9%

Fuente: Fundación Bariloche con base en la información de WEO (2017).

Tabla 4.4 Evolución de los costos locales de las fuentes energéticas (\$USD/GJ)

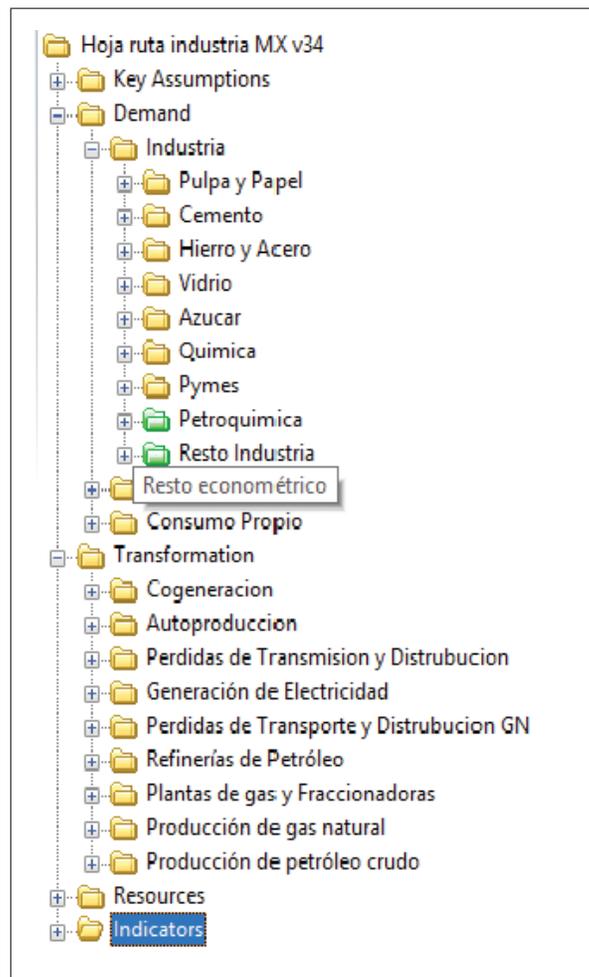
FUENTES	2015	2020	2025	2030	Crecimiento promedio 2016-2030
Petróleo	8.5	12.5	14.3	16.2	4.0%
Gas Natural	2.9	3.0	3.5	4.2	2.5%
Carbón Mineral	3.0	3.0	3.0	3.1	0.2%
Combustóleo	45.1	62.5	69.0	76.4	3.3%
Diésel	69.5	88.2	104.9	123.3	3.8%
Coque Metalúrgico	19.2	19.4	19.6	19.8	0.2%
Coque de Petróleo	15.4	15.4	15.6	15.8	0.2%
Gas LP	46.9	59.6	70.6	84.2	3.9%
Gasolina	76.8	100.0	119.1	140.3	4.0%
Queroseno	71.8	92.4	110.9	128.5	3.8%

Fuente: Fundación Bariloche con base en la información de Enerdata y WEO (2017).

4.2 Estructura del modelo

La herramienta LEAP se estructuró de manera arborescente para el caso de México, donde se puede apreciar la apertura adoptada tanto en demanda como en oferta a fin de representar el sistema energético nacional (véase **Figura 4.1**).

Figura 4.1: Estructura arborescente de la herramienta LEAP – Sistema energético mexicano³⁷

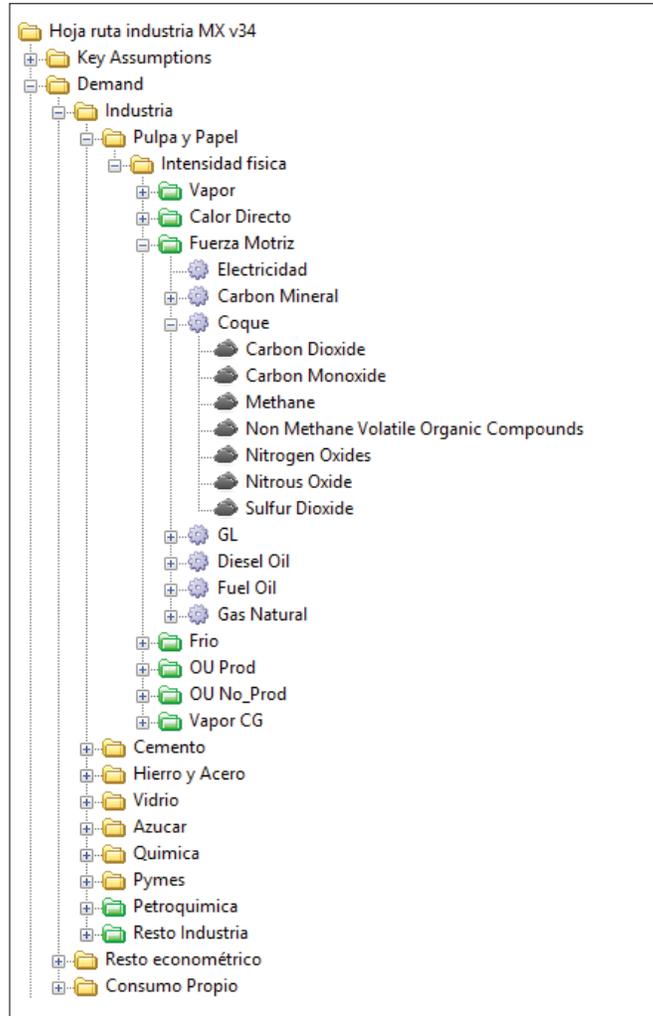


Fuente: Fundación Bariloche.

Por su parte, y tal como fue expuesto, el sector Industrial fue desagregado con mayor detalle considerando 7 subsectores (pulpa y papel, cemento, hierro y acero, vidrio, azúcar, química, PyMEs). A su vez, se procedió a desagregar el consumo de energía por uso para el año 2015, lo cual coincide con el Balance Nacional de Energía asociando finalmente a cada combustible un factor de emisión de GEI y otros contaminantes (véase la **Figura 4.2**).

³⁷ Las categorías se presentan sin acentos para evitar cualquier conflicto de idioma ya que el idioma original de programación de la herramienta LEAP es el inglés, asimismo se utilizaron palabras tanto en inglés como en español por las funciones y carpetas predeterminadas de la herramienta.

Figura 4.2: Estructura arborescente de la herramienta LEAP – Sector industrial mexicano³⁸



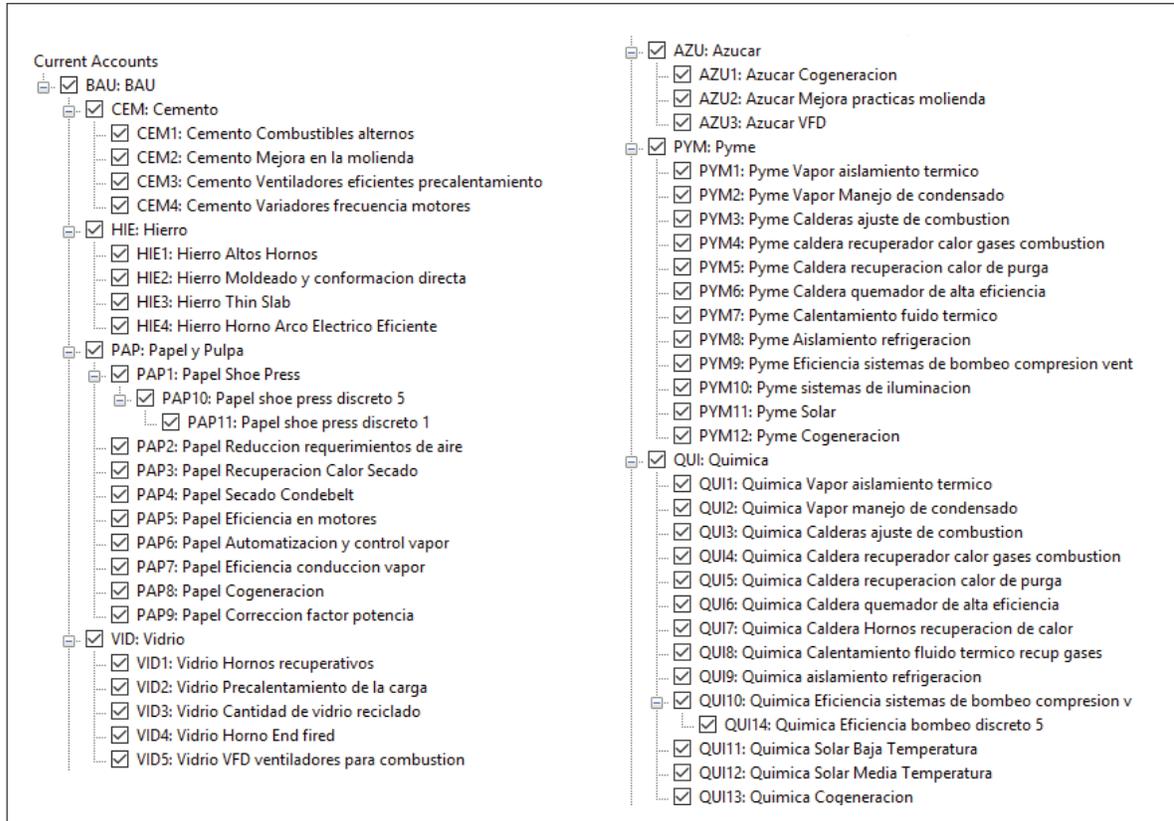
Fuente: Fundación Bariloche.

4.3 Escenarios

Para analizar el impacto de cada una de las medidas seleccionadas, fue creado un escenario base (denominado *Business-as-Usual* o BAU), sobre el cual se fueron incorporando las medidas de cada subsector para que se estimaran sus impactos en términos energéticos, ambientales y económicos (véase **Figura 4.3**).

³⁸ *Ibid*

Figura 4.3: Medidas analizadas³⁹



Fuente: Fundación Bariloche.

4.4 Hipótesis subsectoriales y análisis de resultados

Con base en las 50 medidas analizadas se ha estimado preliminarmente un potencial total de ahorro energético y de emisiones de GEI al año 2030. El ahorro energético total que resulta de la aplicación de las 50 medidas analizadas asciende a 235 PJ en el año 2030. El ahorro resultante de la aplicación de medidas implica reducir en un 9.9% el consumo de la industria respecto del BAU en el año 2030. A nivel de los subsectores, hierro y acero sería la rama que más aporta a dichos ahorros, contribuyendo con 51.8 PJ (22%); le sigue azúcar con 25.1 PJ (10.7%); pulpa y papel con 24.6 PJ (10.5%); seguido por vidrio con 19.7 PJ (8.4%); química con 9.4 PJ (4%) y cemento con 5 PJ (2.1%). Cabe destacar que este porcentaje

es un valor máximo, que si bien resulta de considerar que la aplicación de dichas medidas alcanza al 70% de los establecimientos industriales de cada rama (salvo en hierro y acero donde el porcentaje de alcance es del 50%), pueden existir medidas concurrentes de eficiencia que afecten a un mismo uso, y por lo tanto los ahorros resulten menores que la suma de las medidas realizadas en modo independiente.

La aplicación de las 50 medidas analizadas reduciría la intensidad energética desde 669 GJ por millón de pesos del año 2008, en el año base, hasta 593 GJ/millón de pesos en el año 2030. Esto representa una reducción del 11% en la intensidad energética industrial respecto del año base y del

³⁹ *Íbid*

8% respecto del escenario base en el año 2030. En cuanto a la intensidad de emisiones de GEI, esta se reduce desde 52,600 tCO₂e/millón de pesos de 2008 en el año 2015 hasta 41,100 tCO₂e/millón de pesos en el año 2030 por la aplicación de las 50 medidas.

Un párrafo aparte merece el subsector PyMEs. En el presente estudio se efectuó una desagregación del consumo energético de la categoría “otras ramas”, tal como figura en el Balance Nacional de Energía, y a partir de dicha apertura se estimó el consumo de energía en PyMEs. Dicho subsector está compuesto por más de 5 millones de empresas (incluyendo alrededor de 520,000 microempresas y PyMEs industriales), las cuales en su gran mayoría (95%) son microempresas con una dotación de personal que va de 1 a 10 empleados por empresa. El ahorro de energía estimado al 2030 a partir de las medidas propuestas para PyMEs alcanza los 99.4 PJ (42.3% del total de los ahorros). Sin embargo, la atomización del subsector y la heterogeneidad de las industrias que la conforman sugieren que este potencial de ahorro podría ser sustantivamente menor en la práctica.

4.4.1. Hipótesis subsectoriales

Existen algunas medidas de eficiencia energética que son comunes en varias de las ramas industriales analizadas y cuya implementación resultaría viable. Dichas medidas abarcan las mejoras de eficiencia en motores, sistemas de bombeo y compresores, y también todo lo referente a la producción y conducción de vapor y a la recuperación de calor asociado a estos sistemas. A continuación, se presentan las principales hipótesis y resultados para cada rama industrial.

Hierro y acero

En el caso de hierro y acero, fueron analizadas 4 medidas: 1) altos hornos eficientes, 2) moldeo y conformación directa,

En cuanto a las emisiones directas de GEI evitadas al 2030 para el total de la industria, con respecto al BAU, estas ascienden a 9.7 millones de tCO₂e, lo que equivale a una reducción del 9% respecto de emisiones del sector industrial. Las emisiones evitadas a nivel total del sistema energético (esto resulta de considerar no sólo las emisiones en la propia rama industrial y demás sectores del consumo final de energía, sino además las emisiones aguas arriba del sector energía, por ejemplo, las correspondientes a la generación de electricidad), se ubican en 24.1 millones de tCO₂e, representando un 4.2% de las emisiones totales del BAU en dicho año.

El ahorro energético del 9.9% estimado en el presente estudio se ubica en torno a las estimaciones efectuadas a partir de los estudios realizados por el Instituto Fraunhofer, donde el ahorro en el consumo de energía del sector industrial al 2030 es del 11% y por Enerdata, a partir de su estudio de escenarios realizado para México, donde el ahorro se ubicaría en el 14%.

3) *thin slab* y 4) horno de arco eléctrico eficiente. Analizando los resultados, se aprecia que de aplicarse dichas medidas a un 50% de las empresas del sector al año 2030, el rango del ahorro energético con respecto al ahorro total en industria se ubicaría entre el 0.8% en el caso de los hornos de arco eléctrico eficientes y al 8.9% en el caso de los altos hornos eficientes. En valores absolutos, los ahorros energéticos totales en hierro y acero al 2030 ascienden a 51.8 PJ, lo que representa un ahorro con respecto al BAU del 16.1%. En términos de emisiones directas de GEI, dichos ahorros se ubican en 2.9 millones de tCO₂e, lo que equivale a una disminución de emisiones del 14.5% con respecto al BAU en





el 2030 en dicho sector. Desde el punto de vista económico la medida del alto horno eficiente no es conveniente, descontada al 10%.

Cemento

En cemento, fueron analizadas 4 medidas: 1) penetración de combustibles alternos, 2) mejoras en la molienda, 3) ventiladores eficientes para el precalentamiento y 4) variadores de frecuencia en motores. En función de los resultados se observa que, si dichas medidas fueran aplicadas al 70% de las empresas del sector, el rango del ahorro al año 2030 con respecto al ahorro total, se ubicaría entre el 0.1% en el caso de ventiladores eficientes y al 1.5% en el caso de mejoras en la molienda. Es importante destacar que la medida de penetración de combustibles alternos (llantas, FIRSU y otros) fue modelada en la herramienta LEAP sin considerar que el uso de estos podría provocar una disminución o un aumento en el consumo de energía por tonelada de cemento. Es por ello que esta medida no presenta ahorros energéticos, pero sí en emisiones de GEI; por otra parte, dicha medida, en términos económicos, genera un beneficio para el sector, dado que se reemplazan con estas fuentes otros combustibles más caros (como el coque, por ejemplo). En términos generales, los ahorros energéticos totales en el subsector cemento al 2030 ascienden a 5 PJ, lo que representa un ahorro con respecto al BAU del 1.8%. En términos de emisiones directas de GEI, dichos ahorros se ubican en 0.65 millones de tCO_2e , lo que equivale a una disminución de emisiones del 2.9% con respecto al BAU en el 2030. Desde el punto de vista económico (así como una perspectiva de análisis social) todas las medidas resultan convenientes, descontadas al 10%.

Química

En la rama industrial de la química se evaluaron 13 medidas: 1) aislamiento térmico, 2) manejo de condensado, 3) ajuste de combustión, 4) recuperación de calor de gases, 5) recuperación

de calor de purga, 6) quemadores de alta eficiencia, 7) recuperación de calor en hornos, 8) calentamiento de fluido térmico, 9) aislamiento en refrigeración, 10) eficiencia en bombeo, 11) solar baja temperatura, 12) solar media temperatura y 13) cogeneración. En función de los resultados obtenidos se aprecia que, de aplicarse dichas medidas al 70% de las empresas del sector, el rango del ahorro en el 2030 respecto al ahorro total se ubicaría entre 0.01%, en el caso de la medida *aislamiento en refrigeración*, y el 2.4% con la medida de los *quemadores de alta eficiencia*. En química se consideró la posibilidad de implementar cogeneración de electricidad para reducir el 70% de la demanda eléctrica al año 2030. Esta medida incrementa el consumo de energía en la rama, pero disminuye la demanda de electricidad del servicio público, lo que implica menores inversiones para la expansión del sistema. En términos absolutos, los ahorros energéticos totales en la industria química al 2030 ascienden a 9.4 PJ, lo que representa un ahorro con respecto al BAU del 7.0%. En términos de emisiones de GEI, dichos ahorros se ubican en 0.4 millones de tCO_2e , lo que equivale a una disminución de emisiones del 6.8% con respecto al BAU en el 2030.

Desde el punto de vista económico, 10 medidas poseen beneficios por encima de los costos (descontadas al 10%), la cogeneración no es viable en estos términos, ni la solar de baja y media temperatura.

Vidrio

En la rama del vidrio han sido analizadas 5 medidas: 1) hornos recuperativos, 2) precalentamiento de la carga y del vidrio reciclado, 3) incremento de la cantidad de vidrio reciclado, 4) uso de hornos con tecnología *end fired* y 5) el uso de variadores de velocidad en ventiladores de aire para combustión.

A partir de los resultados se aprecia que el rango del ahorro al 2030, con respecto al ahorro total, va del 0.03%, debido



al uso de variadores de velocidad en ventiladores, al 3.6% a consecuencia del uso de hornos recuperativos. Sin embargo, esta última medida no presenta costos sociales positivos, lo que implica que los beneficios estimados a lo largo de la cadena energética no compensan los costos de la medida a nivel del sector industrial. Por su parte, al no disponer de información referida a las inversiones, no se ha podido evaluar la medida uso de variadores de velocidad en ventiladores. Los ahorros energéticos totales en vidrio al 2030 ascienden a 19.7 PJ, lo que representa un ahorro con respecto al BAU del 20.4% en dicho sector. En términos de emisiones de GEI, dichos ahorros se ubican en 1 millón de toneladas de CO₂e, lo que equivale a una disminución de emisiones del 20.1% con respecto al BAU en el 2030. Tres medidas son viables desde el punto de vista económico: *precalentamiento de la carga, incremento de la cantidad de vidrio reciclado y hornos con tecnología end fired*.⁴⁰

Pulpa y papel

En el caso de pulpa y papel, fueron analizadas 9 medidas, 1) extensión de prensado para secado, 2) reducción de requerimientos de aire, 3) recuperación de calor de secado, 4) secado *condebelt*, 5) eficiencia en motores, 6) automatización y control de vapor, 7) eficiencia en la producción y condensado del vapor, 8) cogeneración y 9) corrección de factor de potencia. Si se aplicara al 70% de las empresas del sector las 9 medidas aquí analizadas, el rango del ahorro en el 2030 respecto al ahorro total se ubicaría entre 0.1%, en el caso *corrección de la medida factor de potencia* y el 3.3% con la medida *extensión de prensado para secado*. Desde el punto de vista económico, fueron evaluadas 8 de las 9 medidas,

por no poseer información de costos para la medida de corrección del factor de potencia. De estas, 7 poseen beneficios por encima de los costos (descontadas al 10%) y sólo la cogeneración no genera los suficientes beneficios para superar los costos. En este subsector se consideró la posibilidad de implementar la cogeneración de electricidad para reducir el 60% de la demanda eléctrica al año 2030. En términos absolutos, los ahorros energéticos totales en pulpa y papel al 2030 ascienden a 24.6 PJ, lo que representa un ahorro con respecto al BAU del 38.9%. En términos de emisiones de GEI, dichos ahorros se ubican en 0.8 millones de tCO₂e, lo que equivale a una disminución de emisiones del 29.6% con respecto al BAU en el 2030.

Azúcar

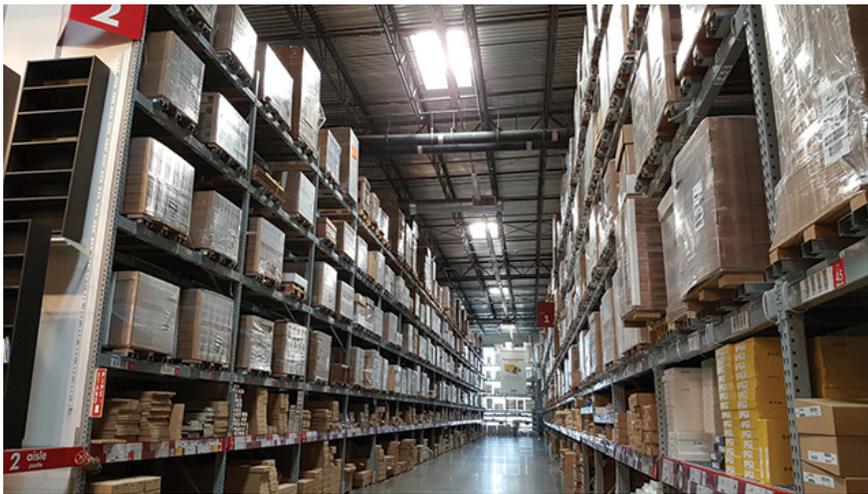
En la rama del azúcar, han sido analizadas 3 medidas: 1) cogeneración, 2) mejora de prácticas en molienda y 3) variadores de frecuencia. A partir de los resultados presentados se aprecia que el rango del ahorro al 2030 con respecto al ahorro total va del 0.07%, debido al uso de variadores de frecuencia y al 6.6% a consecuencia de la mejora en las prácticas de molienda. Esta última medida junto a la de variadores de frecuencia no se han evaluado desde el punto de vista económico por no disponer de información referida a costos. Los ahorros energéticos totales en la rama del azúcar al 2030 ascienden a 25.1 PJ, lo que representa un ahorro con respecto al BAU del 15.7%. En términos de emisiones de GEI, dichos ahorros se ubican en 0.1 millones de tCO₂e, lo que equivale a una disminución de emisiones del 41.8% con respecto al BAU en el 2030. La medida de cogeneración no es viable económicamente a la

⁴⁰ Cabe aclarar que de las medidas aquí propuestas una de las empresas más importantes de México ya ha implementado los variadores de velocidad en ventiladores y la utilización de vidrio reciclado, la cual se ve limitada por la disponibilidad y calidad del mismo. En cuanto a la tecnología *end fired*, esta misma empresa no la ha implementado por limitaciones en función de la capacidad de producción y por no aplicarse a la producción de vidrio plano. Por último, la medida de precalentamiento de la carga no ha sido implementada por esta empresa debido a su alta inversión y bajo beneficio para hornos de más de 600 t/día.

tasa del 10%. En este sector se ha planteado que haya excedentes del orden de 3,000 GWh/año en el 2030 de generación eléctrica a partir de la cogeneración, con el objetivo de ser inyectados a la red.

PyMEs

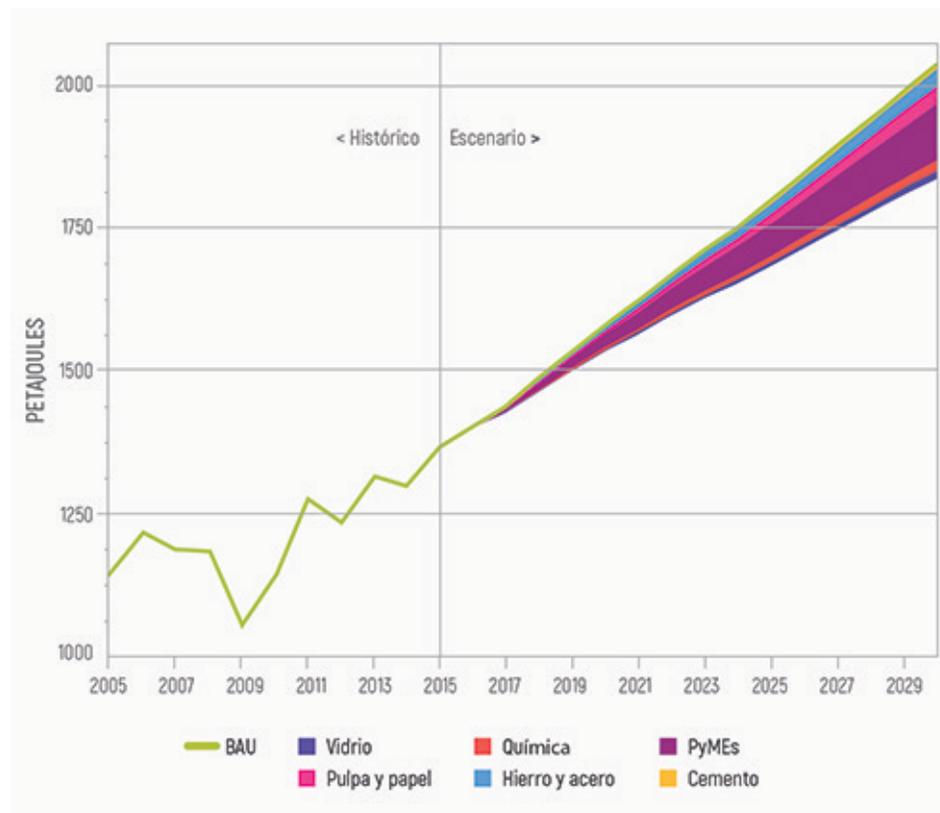
En PyMEs han sido evaluadas 12 medidas: 1) aislamiento térmico, 2) manejo de condensado, 3) ajuste de combustión, 4) recuperación de calor de gases de combustión, 5) recuperación de calor de purga, 6) quemadores de alta eficiencia, 7) calentamiento de fluido térmico, 8) aislamiento en refrigeración, 9) eficiencia en bombeo/compresión/ventilación, 10) sistemas de iluminación, 11) solar y 12) cogeneración. En función de los resultados obtenidos se aprecia que, de aplicarse dichas medidas al 70% de las empresas del sector, el rango del ahorro en el 2030 respecto al ahorro total se ubicaría entre 0.2% en el de *aislamiento en refrigeración* y el 13.6% con medidas *de eficiencia en bombeo/compresión/ventilación*. En PyMEs también se consideró la posibilidad de implementar cogeneración de electricidad, en este caso para reducir el 10% de la demanda eléctrica al año 2030. Tal como se expresa anteriormente, esta medida incrementa el consumo de energía en la rama, pero disminuye la demanda de electricidad del servicio público, lo que implica menores inversiones para la expansión del sistema. En términos absolutos, los ahorros energéticos totales al 2030 en esta rama ascienden a 99.4 PJ, lo que representa un ahorro con respecto al BAU del 10.1%. En términos de emisiones de GEI, dichos ahorros se ubican en 3.7 millones de tCO₂e, lo que equivale a una disminución de emisiones del 10.5% con respecto al BAU en el 2030. Desde el punto de vista económico 10 medidas poseen beneficios por encima de los costos (descontadas al 10%). Las medidas de cogeneración y uso de energía solar no serían viables desde un punto de vista económico.



4.4.2. Viabilidad de las medidas evaluadas

Sobre un total de 50 medidas analizadas, si se consideran aquellas cuyos beneficios superan a los costos, ambos descontados al 10%, las medidas viables se reducen a 37, desde la perspectiva de la sociedad en su conjunto y con las hipótesis de costos y técnicas adoptadas. De las 13 medidas que no pasan este criterio, 9 poseen costos descontados superiores a los beneficios, y 4 no tienen información de costos. Frente a dicha situación el ahorro energético al 2030 proveniente de estas 37 medidas, asciende a 196.3 PJ (representando un ahorro del 8.2% del consumo del 2030 en el BAU) y en cuanto a las emisiones de GEI, estas se reducen en 9.2 millones de tCO₂e, lo que equivale a una disminución del 8.5% con respecto al total del sector industria al 2030 del BAU.

Figura 4.4: Potencial de ahorro de energía por subsector de la industria en México



Fuente: Fundación Bariloche.

Tabla 4.5 Resumen de las medidas aplicadas, hipótesis, alcance y resultado en ahorros en energía, de las emisiones de GEI y costo-beneficio

	MEDIDAS	POTENCIAL DE AHORRO AL 2030 (% O GJ/TON)	COSTO DE INVERSIÓN ESTIMADO	COSTO INCREMENTAL DE O&M (EXCLUYE ENERGÍA)
Hierro y acero	1. Altos hornos eficientes	13%	246 USD/ t A.C.	-5.6 USD/t
	2. Moldeado y conformación directa de acero	10%	255,51 (corto plazo) 150 - 200 (largo plazo, al LEAP 175)	-42.37 USD/t
	3. Thin Slab Casting	16%	235 (corto plazo) 150 - 200 (largo plazo, al LEAP 175)	-55 USD/t
	4. Hornos de arco eléctrico eficientes	1.20%	7.83 USD/ t A.C.	-6.04 USD/t
Subtotal Hierro y Acero				
Cemento	1. Penetración de combustibles alternos	"Llantas Interp(2017;0;2020;3; 2030;6) Firsu Interp(2017;0;2020;6; 2030;15) Otros Interp(2017;0;2020;1.5; 2030;3)"	Inversión 5 USD/t cemento	5 USD/t
	2. Mejoras en la molienda	10-24 kWh/t cemento (a LEAP 21%)	2.5 a 8 USD/t (a LEAP 6 USD/t)	N/A
	3. Ventiladores eficientes para el precalentamiento	0.7 kWh/ton cemento	0.01 USD/t cemento	0 USD/t
	4. Variadores frecuencia en motores	6-8 kWh/ton cemento	1 USD/t cemento	0 USD/t
Subtotal Cemento				
Vidrio	1. Hornos recuperativos (precalentamiento de aire)	15% uso calor directo	84 USD/t	N/A
	2. Precalentamiento de la carga (batch) y del vidrio reciclado	Reducción de 8% en uso calor directo, 40% reducción de electricidad en fuerza motriz (ver C79)	27 USD/t	N/A
	3. Incremento de la cantidad de vidrio reciclado (cullet)	2.5 a 3 % por cada 10% de incremento de vidrio reciclado	0 USD/t	N/A
	4. Uso de hornos con tecnología "end-fired"	10% comparado con "cross-fired"	3.36	N/A
5. Uso de variadores de velocidad en ventiladores de aire para combustión	3%	N/A	N/A	
Subtotal Vidrio				
Papel y Pulpa	1. Extensión de prensado para secado (Shoe press)	7.4% en vapor	38 USD/ton	2.2 USD/t
	2. Reducción de requerimientos de aire	3.5% (10% calor directo, 90% vapor)	9.5 USD/ton	0.1 USD/t
	3. Recuperación de calor de secado	2.3% (10% calor directo, 90% vapor)	17.6 USD/ton	1.6 USD/t
	4. Secado Condebelt	7.4% (vapor)	28.2 USD/ton	N/A
	5. Eficiencia en motores	12.9% en Fza motriz	6.0 USD/ton	0 USD/t
	6. Automatización y control vapor	2.5% en vapor	0.4 USD/ton	0.08 USD/t
	7. Eficiencia en la producción y cond. del vapor	13.5% en vapor	3.2 USD/ton	0.36 USD/t
	8. Cogeneración	Reducción del 60% de la demanda neta de EE al 2030	1,400 USD/kW	N/A
	9. Corrección factor de potencia	3% en fuerza motriz	N/A	N/A
Subtotal Papel y Pulpa				
Química	1. Vapor - Aislamiento Térmico	2 a 5%	0.42 USD/GJ	0.24 USD/GJ
	2. Vapor - Manejo Condensado	1 a 15%	0.63 USD/GJ	0.09 USD/GJ
	3. Vapor - Ajuste Combustión	1 a 2%	N/A	0.71 USD/GJ
	4. Vapor - Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador	2 a 3%	0.99 USD/GJ	0.49 USD/GJ
	5. Vapor - Recuperación de Calor de Purga	0.5 a 2.5%	0.17 USD/GJ	0.24 USD/GJ
	6. Vapor - Quemadores de Alta Eficiencia.	5 a 15%	0.23 USD/GJ	N/A
	7. Calentadores / Hornos - Recup. de calor (Aire combustión)	7 a 10%	0.79 USD/GJ	0.23 USD/GJ
	8. Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador	3%	0.50 USD/GJ	0.20 USD/GJ
	9. Aislamiento refrigeración	1 a 3%	0.0024 USD/kWh	N/A
	10. Eficiencia en bombeo, Compresores y ventilación	15 a 25%	0.0048 USD/kWh	N/A
	11. Solar Baja Temperatura	17.6% de Calor directo	563 USD/kWt	N/A
	12. Solar Media Temperatura	11.4% de Vapor	992 USD/kWt (media temp)	N/A
	13. Cogeneración	Reducción del 70% de la demanda neta de EE al 2030	1,200 USD/kW	N/A
Subtotal Química				
Azucarero	1. Cogeneración	Excedente de 3,000 GWh/año al 2030	1,400 USD/kW	N/A
	2. Mejora de prácticas en molienda para obtener un bagazo con 46% de humedad	9% del bagazo ahorrado Eliminación del consumo de combustible al 2030	N/A	N/A
	3. Variadores de frecuencia (VFD)	3%-7% de la demanda eléctrica	N/A	N/A
Subtotal Azucarero				
PyMES	1. Vapor - Aislamiento Térmico	2 a 5%	0.43 USD/GJ	0.39 USD/GJ
	2. Vapor - Manejo de Condensado	1 a 15%	0.63 USD/GJ	0.16 USD/GJ
	3. Cald. - Ajuste Combustión	1 a 2%	N/A	1.18 USD/GJ
	4. Cald. - Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador	2 a 3%	0.98 USD/GJ	0.50 USD/GJ
	5. Cald. - Recuperación de Calor de Purga	0.5 a 2.5%	0.16 USD/GJ	0.39 USD/GJ
	6. Cald. - Quemadores de Alta Eficiencia	5 a 15%	0.30 USD/GJ	N/A
	7. Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador	0.03%	0.63 USD/GJ	0.34 USD/GJ
	8. Aislamiento refrigeración	1 a 3%	0.0024 USD/kWh	N/A
	9. Eficiencia sistemas de bombeo, compresión, ventilación	15 a 25%	0.0048 USD/kWh	N/A
	10. Sistemas de iluminación	10 a 90%	0.0072 USD/kWh	N/A
	11. Solar		563 USD/kWt	N/A
	12. Cogeneración	Reducción del 10% de la demanda neta de EE al 2030	1,500 USD/kW	N/A
Subtotal PyMES				

Tabla 4.5 Resumen de las medidas aplicadas, hipótesis, alcance y resultado en ahorros en energía, de las emisiones de GEI y costo-beneficio (Continuación)

	MEDIDAS	DEMANDA AL 2030 POR SUBSECTOR BAU [PJ]	ENERGÍA			
			AHORRO VS BAU [PJ]	% AHORRO VS BAU		% RESPECTO DEL AHORRO TOTAL DE LAS MEDIDAS
				SOBRE DEM. SUBSECTOR	SOBRE DEM. TOTAL IND	
Hierro y acero	1. Altos hornos eficientes	321.9	20.9	6.5%	0.9%	8.9%
	2. Moldeado y conformación directa de acero		16.1	5.0%	0.7%	6.8%
	3. Thin Slab Casting		12.9	4.0%	0.5%	5.5%
	4. Hornos de arco eléctrico eficientes		1.9	0.6%	0.1%	0.8%
	Subtotal Hierro y Acero		51.8	16.1%	2.2%	22.1%
Cemento	1. Penetración de combustibles alternos	269.1	0.0	0.0%	0.0%	0.0%
	2. Mejoras en la molienda		3.6	1.3%	0.2%	1.5%
	3. Ventiladores eficientes para el precalentamiento		0.2	0.1%	0.0%	0.1%
	4. Variadores frecuencia en motores		1.2	0.4%	0.1%	0.5%
	Subtotal Cemento		5.0	1.8%	0.2%	2.1%
Vidrio	1. Hornos recuperativos (precalentamiento de aire)	96.3	8.4	8.7%	0.4%	3.6%
	2. Precalentamiento de la carga (batch) y del vidrio reciclado		5.4	5.6%	0.2%	2.3%
	3. Incremento de la cantidad de vidrio reciclado (cullet)		3.1	3.2%	0.1%	1.3%
	4. Uso de hornos con tecnología "end-fired"		2.8	2.9%	0.1%	1.2%
	5. Uso de variadores de velocidad en ventiladores de aire para combustión		0.1	0.1%	0.0%	0.03%
Subtotal Vidrio	19.7	20.4%	0.8%	8.4%		
Papel y Pulpa	1. Extensión de prensado para secado (Shoe press)	63.3	7.8	12.3%	0.3%	3.3%
	2. Reducción de requerimientos de aire		3.4	5.3%	0.1%	1.4%
	3. Recuperación de calor de secado		3.2	5.1%	0.1%	1.4%
	4. Secado Condebelt		7.8	12.3%	0.3%	3.3%
	5. Eficiencia en motores		3.0	4.8%	0.1%	1.3%
	6. Automatización y control vapor		2.6	4.1%	0.1%	1.1%
	7. Eficiencia en la producción y cond. del vapor		3.9	6.2%	0.2%	1.7%
	8. Cogeneración		-7.3	-11.5%	-0.3%	-3.1%
	9. Corrección factor de potencia		0.2	0.4%	0.0%	0.1%
Subtotal Papel y Pulpa	24.6	38.9%	1.0%	10.5%		
Química	1. Vapor - Aislamiento Térmico	135.6	2.0	1.5%	0.1%	0.8%
	2. Vapor - Manejo Condensado		4.6	3.4%	0.2%	1.9%
	3. Vapor - Ajuste Combustión		1.0	0.7%	0.0%	0.4%
	4. Vapor - Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador		1.4	1.0%	0.1%	0.6%
	5. Vapor - Recuperación de Calor de Purga		0.9	0.6%	0.0%	0.4%
	6. Vapor - Quemadores de Alta Eficiencia.		5.7	4.2%	0.2%	2.4%
	7. Calentadores / Hornos - Recup. de calor (Aire combustión)		1.3	1.0%	0.1%	0.6%
	8. Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador		0.5	0.4%	0.0%	0.2%
	9. Aislamiento refrigeración		0.0	0.0%	0.0%	0.0%
	10. Eficiencia en bombeo, Compresores y ventilación		2.6	1.9%	0.1%	1.1%
	11. Solar Baja Temperatura		0.0	0.0%		
	12. Solar Media Temperatura		0.0	0.0%		
	13. Cogeneración		-10.5	-7.7%	-0.4%	-4.5%
Subtotal Química	9.4	7.0%	0.4%	4.0%		
Azucarero	1. Cogeneración	160.1	9.3	5.8%	0.4%	4.0%
	2. Mejora de prácticas en molienda para obtener un bagazo con 46% de humedad		15.6	9.7%	0.7%	6.6%
	3. Variadores de frecuencia (VFD)		0.2	0.1%	0.0%	0.1%
Subtotal Azucarero	25.1	15.7%	1.1%	10.7%		
PyMES	1. Vapor - Aislamiento Térmico	985.1	7.1	0.7%	0.3%	3.0%
	2. Vapor - Manejo de Condensado		10.1	1.0%	0.4%	4.3%
	3. Cald. - Ajuste Combustión		3.0	0.3%	0.1%	1.3%
	4. Cald. - Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador		5.1	0.5%	0.2%	2.2%
	5. Cald. - Recuperación de Calor de Purga		2.0	0.2%	0.1%	0.9%
	6. Cald. - Quemadores de Alta Eficiencia		16.2	1.6%	0.7%	6.9%
	7. Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador		9.3	0.9%	0.4%	4.0%
	8. Aislamiento refrigeración		0.6	0.1%	0.0%	0.2%
	9. Eficiencia sistemas de bombeo, compresión, ventilación		32.0	3.2%	1.3%	13.6%
	10. Sistemas de Iluminación		12.3	1.2%	0.5%	5.2%
	11. Solar		0.0	0.0%		
	12. Cogeneración		1.8	0.2%	0.1%	0.8%
Subtotal PyMES	99.4	10.1%	4.2%	42.3%		

Tabla 4.5 Resumen de las medidas aplicadas, hipótesis, alcance y resultado en ahorros en energía, de las emisiones de GEI y costo-beneficio (Continuación)

	MEDIDAS	EMISIONES DIRECTAS				% RESPECTO DEL AHORRO TOTAL DE LAS MEDIDAS
		EMISIONES AL 2030 POR SUBSECTOR [kTON CO ₂ eq]	AHORRO VS BAU [kTON CO ₂ eq]	% AHORRO vs BAU		
				SOBRE EMIS. SUBSECTOR	SOBRE EMIS. TOTAL IND	
Hierro y acero	1. Altos hornos eficientes	19,788	1168.3	-5.9%	-1.1%	12.0%
	2. Moldeado y conformación directa de acero		898.7	-4.5%	-0.8%	9.2%
	3. Thin Slab Casting		685.4	-3.5%	-0.6%	7.0%
	4. Hornos de arco eléctrico eficientes		107.8	-0.5%	-0.1%	1.1%
	Subtotal Hierro y Acero		2,860.2	-14.5%	-2.7%	29.4%
Cemento	1. Penetración de combustibles alternos	22,629	624.0	-2.8%	-0.6%	6.4%
	2. Mejoras en la molienda		18.8	-0.1%	0.0%	0.2%
	3. Ventiladores eficientes para el precalentamiento		0.9	0.0%	0.0%	0.0%
	4. Variadores frecuencia en motores		6.3	0.0%	0.0%	0.1%
	Subtotal Cemento		650.0	-2.9%	-0.6%	6.7%
Vidrio	1. Hornos recuperativos (precalentamiento de aire)	5,014	452.0	-9.0%	-0.4%	4.6%
	2. Precalentamiento de la carga (batch) y del vidrio reciclado		241.1	-4.8%	-0.2%	2.5%
	3. Incremento de la cantidad de vidrio reciclado (cullet)		165.8	-3.3%	-0.2%	1.7%
	4. Uso de hornos con tecnología "end-fired"		150.7	-3.0%	-0.1%	1.5%
	5. Uso de variadores de velocidad en ventiladores de aire para combustión			0.0%	0.0%	0.0%
Subtotal Vidrio	1,009.6	-20.1%	-0.9%	10.4%		
Papel y Pulpa	1. Extensión de prensado para secado (Shoe press)	2,920	455.0	-15.6%	-0.4%	4.7%
	2. Reducción de requerimientos de aire		196.7	-6.7%	-0.2%	2.0%
	3. Recuperación de calor de secado		187.3	-6.4%	-0.2%	1.9%
	4. Secado Condebelt		455.0	-15.6%	-0.4%	4.7%
	5. Eficiencia en motores		10.2	-0.3%	0.0%	0.1%
	6. Automatización y control vapor		153.9	-5.3%	-0.1%	1.6%
	7. Eficiencia en la producción y cond. del vapor		230.9	-7.9%	-0.2%	2.4%
	8. Cogeneración		-824.8	28.2%	0.8%	-8.5%
	9. Corrección factor de potencia		-0.8	0.0%	0.0%	0.0%
Subtotal Papel y Pulpa	863.4	-29.6%	-0.8%	8.9%		
Química	1. Vapor - Aislamiento Térmico	6,550	114.7	-1.8%	-0.1%	1.2%
	2. Vapor - Manejo Condensado		262.3	-4.0%	-0.2%	2.7%
	3. Vapor - Ajuste Combustión		55.7	-0.9%	-0.1%	0.6%
	4. Vapor - Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador		82.0	-1.3%	-0.1%	0.8%
	5. Vapor - Recuperación de Calor de Purga		49.2	-0.8%	0.0%	0.5%
	6. Vapor - Quemadores de Alta Eficiencia.		327.9	-5.0%	-0.3%	3.4%
	7. Calentadores / Hornos - Recup. de calor (Aire combustión)		69.3	-1.1%	-0.1%	0.7%
	8. Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador		26.0	-0.4%	0.0%	0.3%
	9. Aislamiento refrigeración			0.0%	0.0%	0.0%
	10. Eficiencia en bombeo, Compresores y ventilación		63.1	-1.0%	-0.1%	0.6%
	11. Solar Baja Temperatura		232.0	-3.5%	-0.2%	2.4%
	12. Solar Media Temperatura		568.7	-8.7%	-0.5%	5.8%
	13. Cogeneración		-1,405.1	21.5%	1.3%	-14.4%
Subtotal Química	445.7	-6.8%	-0.4%	4.6%		
Azucarero	1. Cogeneración	382	48.5	-12.7%	0.0%	0.5%
	2. Mejora de prácticas en molienda para obtener un bagazo con 46% de humedad		111.3	-29.1%	-0.1%	1.1%
	3. Variadores de frecuencia (VFD)			0.0%	0.0%	0.0%
Subtotal Azucarero	159.8	-41.8%	-0.1%	1.6%		
PyMES	1. Vapor - Aislamiento Térmico	35,824	466.5	-1.3%	-0.4%	4.8%
	2. Vapor - Manejo de Condensado		666.4	-1.9%	-0.6%	6.8%
	3. Cald. - Ajuste Combustión		199.9	-0.6%	-0.2%	2.1%
	4. Cald. - Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador		333.2	-0.9%	-0.3%	3.4%
	5. Cald. - Recuperación de Calor de Purga		133.3	-0.4%	-0.1%	1.4%
	6. Cald. - Quemadores de Alta Eficiencia		1,066.2	-3.0%	-1.0%	11.0%
	7. Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador		663.0	-1.9%	-0.6%	6.8%
	8. Aislamiento refrigeración			0.0%	0.0%	0.0%
	9. Eficiencia sistemas de bombeo, compresión, ventilación			0.0%	0.0%	0.0%
	10. Sistemas de Iluminación			0.0%	0.0%	0.0%
	11. Solar		1,648.6	-4.6%	-1.5%	16.9%
	12. Cogeneración		-1,429.7	4.0%	1.3%	-14.7%
Subtotal PyMES	3,747.3	-10.5%	-3.5%	38.5%		

Tabla 4.5 Resumen de las medidas aplicadas, hipótesis, alcance y resultado en ahorros en energía, de las emisiones de GEI y costo-beneficio (Continuación)

MEDIDAS		COSTO BENEFICIO SOCIAL: CON VIDA ÚTIL DE 15 AÑOS (EQUIPOS/MEDIDAS)						
		VIABILIDAD ECONÓMICA S/TASA DESCUENTO			FIGURAS ECONÓMICAS AL 10% DE T.D.			
		TASA 5%	TASA 10%	TASA 15%	VPN TOTAL [MUSD]	USD/TON CO ₂ EQ. EVITADA	USD/GJ AHORRADO	AHORRO ACUMULADO Y DEMANDA (Pj)
Hierro y acero	1. Altos hornos eficientes	No	No	No	560.1	64.8	3.7	149.7
	2. Moldeado y conformación directa de acero	Sí	Sí	Sí	-821.4	-122.9	-7.2	114.5
	3. Thin Slab Casting	Sí	Sí	Sí	-668.0	-117.0	-6.9	97.1
	4. Hornos de arco eléctrico eficientes	Sí	Sí	Sí	-182.9	-217.0	-13.0	14.1
	Subtotal Hierro y Acero				-1,112.2			375.4
Cemento	1. Penetración de combustibles alternos	Sí	Sí	Sí	-154.9	-32.7		0.0
	2. Mejoras en la molinda	Sí	Sí	Sí	-79.2	-23.2	-1.4	55.5
	3. Ventiladores eficientes para el precalentamiento	Sí	Sí	Sí	-7.5	-41.9	-2.7	2.8
	4. Variadores frecuencia en motores	Sí	Sí	Sí	-36.7	-40.2	-2.2	16.4
	Subtotal Cemento				-278.3			74.7
Vidrio	1. Hornos recuperativos (precalentamiento de aire)	No	No	No	44.9	13.5	0.8	58.7
	2. Precalentamiento de la carga (batch) y del vidrio reciclado	Sí	Sí	Sí	-50.7	-20.9	-1.2	43.7
	3. Incremento de la cantidad de vidrio reciclado (cullet)	Sí	Sí	Sí	-38.8	-31.9	-1.8	21.5
	4. Uso de hornos con tecnología "end-fired"	Sí	Sí	Sí	-29.3	-26.4	-1.5	19.6
	5. Uso de variadores de velocidad en ventiladores de aire para combustión	Sin datos de costo en demanda	Sin datos de costo en demanda	Sin datos de costo en demanda	-3.2	-	-	1.2
Subtotal Vidrio				-77.1			144.6	
Papel y Pulpa	1. Extensión de prensado para secado (Shoe press)	Sí	Sí	Sí	-28.4	-8.9	-0.5	54.5
	2. Reducción de requerimientos de aire	Sí	Sí	Sí	-37.7	-26.9	-1.6	23.7
	3. Recuperación de calor de secado	Sí	Sí	Sí	-9.7	-7.4	-0.4	22.6
	4. Secado Condebelt	Sí	Sí	Sí	-70.7	-22.1	-1.3	54.5
	5. Eficiencia en motores	Sí	Sí	Sí	-157.0	-50.5	-3.1	50.2
	6. Automatización y control vapor	Sí	Sí	Sí	-37.7	-34.9	-2.0	18.4
	7. Eficiencia en la producción y cond. del vapor	Sí	Sí	Sí	-49.4	-30.5	-1.8	27.7
	8. Cogeneración	Sí	No	No	91.1	52.1	4.4	20.8
	9. Corrección factor de potencia	Sin datos de costo en demanda	Sin datos de costo en demanda	Sin datos de costo en demanda	-12.3	-	-	4.4
Subtotal Papel y Pulpa				-311.8			276.8	
Química	1. Vapor – Aislamiento Térmico	Sí	Sí	Sí	-23.1	-29.2	-1.7	13.6
	2. Vapor – Manejo Condensado	Sí	Sí	Sí	-54.0	-29.9	-1.7	31.2
	3. Vapor – Ajuste Combustión	Sí	Sí	Sí	-10.2	-26.7	-1.5	6.6
	4. Vapor – Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador	Sí	Sí	Sí	-15.4	-27.2	-1.6	9.7
	5. Vapor – Recuperación de Calor de Purga	Sí	Sí	Sí	-9.9	-29.4	-1.7	5.8
	6. Vapor – Quemadores de Alta Eficiencia.	Sí	Sí	Sí	-69.5	-30.8	-1.8	38.9
	7. Calentadores / Hornos – Recup. de calor (Aire combustión)	Sí	Sí	Sí	-16.6	-30.6	-1.7	9.5
	8. Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador	Sí	Sí	Sí	-6.3	-31.0	-1.8	3.6
	9. Aislamiento refrigeración	Sí	Sí	Sí	-1.6	-42.7	-2.7	0.6
	10. Eficiencia en bombeo, Compresores y ventilación	Sí	Sí	Sí	-120.6	-58.8	-3.6	33.2
	11. Solar Baja Temperatura	No	No	No	121.4	87.7		0.0
	12. Solar Media Temperatura	No	No	No	443.3	130.6		0.0
	13. Cogeneración	Sí	No	No	36.1	7.3	0.5	69.3
Subtotal Química				273.6			222.0	
Azucarero	1. Cogeneración	Sí	No	No	25.4	2.3	0.2	166.6
	2. Mejora de prácticas en molinda para obtener un bagazo con 46% de humedad	Sin datos de costo en demanda	Sin datos de costo en demanda	Sin datos de costo en demanda	-32.6	-	-	108.7
	3. Variadores de frecuencia (VFD)	Sin datos de costo en demanda	Sin datos de costo en demanda	Sin datos de costo en demanda	-8.2	-	-	3.0
Subtotal Azucarero				-15.4			278.3	
PyMEs	1. Vapor – Aislamiento Térmico	Sí	Sí	Sí	-85.9	-27.2	-1.8	48.0
	2. Vapor – Manejo de Condensado	Sí	Sí	Sí	-127.7	-28.3	-1.9	68.5
	3. Cald. – Ajuste Combustión	Sí	Sí	Sí	-31.5	-23.3	-1.5	20.6
	4. Cald. – Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador	Sí	Sí	Sí	-59.2	-26.2	-1.7	34.3
	5. Cald. – Recuperación de Calor de Purga	Sí	Sí	Sí	-24.7	-27.4	-1.8	13.7
	6. Cald. – Quemadores de Alta Eficiencia	Sí	Sí	Sí	-212.2	-29.4	-1.9	109.6
	7. Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador	Sí	Sí	Sí	-125.9	-28.0	-2.0	63.1
	8. Aislamiento refrigeración	Sí	Sí	Sí	-26.3	-77.2	-3.7	7.2
	9. Eficiencia sistemas de bombeo, compresión, ventilación	Sí	Sí	Sí	-1,784.0	-60.0	-3.5	509.5
	10. Sistemas de Iluminación	Sí	Sí	Sí	-672.5	-59.6	-3.5	193.4
	11. Solar	No	No	No	297.4	30.2		0.0
	12. Cogeneración	Sí	No	No	17.9	0.7	0.0	369.3
Subtotal PyMEs				-2,834.6			1,437.2	

Fuente: Fundación Bariloche.

A continuación, se presentan dos tablas donde se resume el ranking de las medidas analizadas. En una de ellas se excluye a las PyMEs, y en otra se incluye dicho sector (véanse la **Tabla 4.6** y la **Tabla 4.7**).

Tabla 4.6 Ranking de medidas viables según ahorro acumulado, sin PyMEs

SECTOR	MEDIDA	AHORRO ACUMULADO DEMANDA Y OFERTA vs BAU (PJ)	AHORRO DE EMISIONES GEI vs BAU AÑO 2030 (KTON CO ₂ E)	ORDEN AHORRO DE EMISIONES	VPN TOTAL (MUSD)	ORDEN VPN
Hierro y acero	Moldeado y conformación directa de acero	114.5	1,019.8	1	-821.4	1
Hierro y acero	Thin Slab Casting	97.1	863.0	2	-668	2
Cemento	Mejoras en la molienda	55.5	471.0	4	-79.2	7
Papel	Extensión de prensado para secado (Shoe press)	54.5	455.0	6	-28.4	18
Papel	Secado Condebelt	54.5	455.0	5	-70.7	8
Papel	Eficiencia en motores	50.2	408.3	7	-157.0	4
Vidrio	Pre calentamiento de la carga (batch) y del vidrio reciclado	43.7	386.5	8	-50.7	11
Química	Vapor - Quemadores de Alta Eficiencia	38.9	331.9	9	-69.5	9
Química	Eficiencia en bombeo, Compresores y ventilación	33.2	303.6	10	-120.6	6
Química	Vapor - Manejo Condensado	31.2	265.5	11	-54.0	10
Papel	Eficiencia en la producción y cond. del vapor	27.7	230.9	12	-49.4	12
Papel	Reducción de requerimientos de aire	23.7	197.5	13	-37.7	14
Papel	Recuperación de calor de secado	22.6	188.1	14	-9.7	24
Vidrio	Incremento de la cantidad de vidrio reciclado (cullet)	21.5	179.9	15	-38.8	13
Vidrio	Uso de hornos con tecnología "end-fired"	19.6	163.5	16	-29.3	17
Papel	Automatización y control vapor	18.4	153.9	18	-37.7	15
Cemento	Variadores frecuencia en motores	16.4	157.0	17	-36.7	16
Hierro y acero	Hornos de arco eléctrico eficientes	14.1	122.4	19	-182.9	3
Química	Vapor - Aislamiento Térmico	13.6	116.2	20	-23.1	19
Química	Vapor - Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador	9.7	83.0	21	-15.4	21
Química	Calentadores / Hornos - Recup. de calor (Aire combustión)	9.5	78.2	22	-16.6	20
Química	Vapor - Ajuste Combustión	6.6	56.4	23	-10.2	22
Química	Vapor - Recuperación de Calor de Purga	5.8	49.8	24	-9.9	23
Química	Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador	3.6	29.3	25	-6.3	26
Cemento	Ventiladores eficientes para el pre calentamiento	2.8	22.4	26	-7.5	25
Química	Aislamiento refrigeración	0.6	4.4	27	-1.6	27
Cemento	Penetración de combustibles alternos	0.0	624.0	3	-154.9	5

Fuente: Fundación Bariloche.

Tabla 4.7 Ranking de medidas viables según ahorro acumulado con PyMEs

SECTOR	MEDIDA	AHORRO ACUMULADO DEMANDA Y OFERTA VS BAU (PJ)	AHORRO DE EMISIONES GEI VS BAU AÑO 2030 (KTON CO ₂ E)	ORDEN AHORRO DE EMISIONES	VPN TOTAL (MUSD)	ORDEN VPN
PyMEs	Eficiencia sistemas de bombeo, compresión, ventilación	509.5	3,361.5	1	-1,784	1
PyMEs	Sistemas de Iluminación	193.4	1,344.0	2	-673	3
Hierro y acero	Moldeado y conformación directa de acero	114.5	1,019.8	4	-821	2
PyMEs	Cald. - Quemadores de Alta Eficiencia.	109.6	1,066.2	3	-212	5
Hierro y acero	Thin Slab Casting	97.1	863.0	5	-668	4
PyMEs	Vapor - Manejo de Condensado	68.5	666.4	6	-128	9
PyMEs	Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador	63.1	663.0	7	-126	10
Cemento	Mejoras en la molienda	55.5	471.0	9	-79	13
Papel	Extensión de prensado para secado (Shoe press)	54.5	455.0	12	-28	26
Papel	Secado Condebelt	54.5	455.0	11	-71	14
Papel	Eficiencia en motores	50.2	408.3	13	-157	7
PyMEs	Vapor - Aislamiento Térmico	48.0	466.5	10	-86	12
Vidrio	Pre calentamiento de la carga (batch) y del vidrio reciclado	43.7	386.5	14	-51	18
Química	Vapor - Quemadores de Alta Eficiencia	38.9	331.9	16	-70	15
PyMEs	Cald. - Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador	34.3	333.2	15	-59	16
Química	Eficiencia en bombeo, Compresores y ventilación	33.2	303.6	17	-121	11
Química	Vapor - Manejo Condensado	31.2	265.5	18	-54	17
Papel	Eficiencia en la producción y cond. del vapor	27.7	230.9	19	-49	19
Papel	Reducción de requerimientos de aire	23.7	197.5	21	-38	22
Papel	Recuperación de calor de secado	22.6	188.1	22	-10	34
Vidrio	Incremento de la cantidad de vidrio reciclado (cullet)	21.5	179.9	23	-39	20
PyMEs	Cald. - Ajuste Combustión	20.6	199.9	20	-32	24
Vidrio	Uso de hornos con tecnología "end-fired"	19.6	163.5	24	-29	25
Papel	Automatización y control vapor	18.4	153.9	26	-38	21
Cemento	Variadores frecuencia en motores	16.4	157.0	25	-37	23
Hierro y acero	Hornos de arco eléctrico eficientes	14.1	122.4	28	-183	6
PyMEs	Cald. - Recuperación de Calor de Purga	13.7	133.3	27	-25	28
Química	Vapor - Aislamiento Térmico	13.6	116.2	29	-23	29
Química	Vapor - Recup. de Calor Gases de Comb. - Economizador	9.7	83.0	30	-15	31
Química	Calentadores / Hornos - Recup. de calor (Aire combustión)	9.5	78.2	31	-17	30
PyMEs	Aislamiento refrigeración	7.2	77.8	32	-26	27
Química	Vapor - Ajuste Combustión	6.6	56.4	33	-10	32
Química	Vapor - Recuperación de Calor de Purga	5.8	49.8	34	-10	33
Química	Calent. fluido térm. - Recup. calor gases-aire/economizador	3.6	29.3	35	-6	36
Cemento	Ventiladores eficientes para el pre calentamiento	2.8	22.4	36	-8	35
Química	Aislamiento refrigeración	0.6	4.4	37	-2	37
Cemento	Penetración de combustibles alternos	0.0	624.0	8	-155	8

Fuente: Fundación Bariloche.

4.4.3. Beneficios económicos a partir de la modelación

Finalmente, debe destacarse que, de acuerdo con los cálculos (parciales) resultantes de las medidas de eficiencia energética por subsector, se obtienen los siguientes valores de ahorros económicos totales para el período de análisis:

- Industria del hierro y el acero: \$1,672 MUSD.
- Industria del cemento: \$278 MUSD (sin considerar los ahorros por el uso de combustibles alternos).
- Industria del vidrio: \$119 MUSD.
- Industria del papel: \$391 MUSD.
- Industria química: \$327 MUSD.
- PyMEs: \$3,150 MUSD.

Esto implica que la aplicación de medidas, acompañadas de instrumentos que fueran exitosos, significaría un **ahorro neto para el país (beneficios) de \$5,937 MUSD**, lo cual indica un “techo” de los costos de intervención mediante los diferentes instrumentos identificados y permitiría definir las prioridades en las políticas de intervención.





5

Condiciones de entorno y análisis de barreras para los instrumentos de promoción de la eficiencia energética en el sector industrial



De acuerdo con la metodología presentada, la elaboración de una Hoja de Ruta requiere que se analicen en detalle las condiciones de entorno y las barreras generales para la eficiencia energética, así como las barreras particulares que enfrenta cada medida, y las barreras que enfrentan los diferentes instrumentos. Una vez analizadas las barreras, se deben definir los instrumentos de promoción a utilizar, ya que la identificación de todos los obstáculos y barreras responde a la necesidad de guardar coherencia con los instrumentos que deben proponerse para superarlas. Las barreras se transforman, de algún modo, en los objetivos del proyecto y estos se reflejan en los instrumentos que permiten alcanzarlos. La coherencia entre barreras, objetivos e instrumentos es, en consecuencia, esencial.

Tal como ya se ha enfatizado, en el marco del presente proyecto, siguiendo las recomendaciones de la Agencia Internacional de Energía, el conjunto de barreras generales y específicas para cada subsector fue socializado y validado durante el desarrollo de los dos primeros talleres.

El presente capítulo presenta, en primera instancia, las barreras específicas por sector y por medida, además de las barreras de los instrumentos. Posteriormente, en el capítulo siguiente, se presenta la propuesta de instrumentos, la cual fue presentada y validada en los talleres participativos ya mencionados.

5.1 Condiciones de entorno y condiciones habilitantes para la eficiencia energética en el sector industrial

Tal como se mencionó en el capítulo 2, el proceso de elaboración de una Hoja de Ruta requiere de la identificación de un conjunto de elementos fundamentales en la fase inicial o de diagnóstico. Entre estos, se encuentran las causas subyacentes, es decir, las razones que implican niveles de eficiencia que deberían mejorarse. Estos elementos suelen definirse como las brechas o barreras que las acciones de eficiencia energética enfrentan al momento de ser implementadas. Se refiere también a la identificación de los obstáculos o desafíos que explican el comportamiento de los actores.

Las brechas y barreras presentan diferentes niveles y órdenes, y no existe un consenso en torno a su clasificación. La **Figura 5.1** muestra una posible categorización en cuatro

niveles. La importancia de la identificación del nivel de los obstáculos que se enfrentan permite reconocer el tipo de acción necesaria para solucionar el problema o aceptar que el mismo constituye un elemento ajeno a la política sectorial que se enfrenta, en cuyo caso se estaría en presencia de condiciones de borde (externas o nacionales).

De la misma forma, es necesario poder diferenciar las barreras que enfrentan los actores para mejorar en forma autónoma la eficiencia, de aquellas que podrían surgir al proponer instrumentos resultantes de las políticas de intervención. Las primeras, son las que plantean la necesidad de intervención mediante políticas públicas; las segundas, son las que enfrentan las propias estrategias e instrumentos que se pretenden implementar.

Figura 5.1: Definición y alcance de los distintos niveles de obstáculos



Fuente: Fundación Bariloche.

De acuerdo con el análisis de antecedentes realizado, y los resultados de la opinión de los actores públicos y privados, se han identificado algunas condiciones de borde y condiciones habilitantes para una mayor eficiencia energética en la industria en México:⁴¹

→ Condiciones de borde:

- Entorno macroeconómico y energético con incertidumbres sobre el futuro inmediato y mediano.
- Desempeño y evolución del Sistema Nacional de Ciencia, Técnica e Innovación.
- Acuerdos internacionales y compromisos asumidos.
- Cambio en la política comercial de los Estados Unidos de América.

- Potenciales consecuencias de la renegociación de un nuevo tratado de libre comercio con Estados Unidos de América y Canadá.
- Política económica renuente al otorgamiento de subsidios y beneficios que impacten sobre el presupuesto fiscal.

→ Condiciones habilitantes:

- Un sistema de información que necesita ser adecuado y suficientemente desagregado para identificar medidas.
- Una institución gubernamental con menos limitaciones en su jerarquía para gestionar y monitorear las políticas y estrategias definidas.
- Necesidad de una mejor coordinación entre las áreas gubernamentales.
- Ausencia de información sobre el potencial de ahorro en los diferentes procesos.

⁴¹ El análisis de barreras no se nutre solamente de lo expresado durante el taller; también de lo que surge de antecedentes y la experiencia de Fundación Bariloche en estudios similares.

Por otra parte, las acciones de eficiencia energética enfrentan obstáculos relacionados en forma directa con el sector en sí (barreras sectoriales), que difieren de las condiciones de borde y habilitantes en el sentido de que es posible realizar acciones para superarlas. Si bien no resulta sencillo categorizar las diferentes barreras por diversos

motivos; en términos generales, las barreras que enfrentan las acciones de eficiencia energética identificadas pueden ser divididas en seis categorías: 1) económicas, financieras y de mercado; 2) regulatorias y de política pública; 3) Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D); 4) informativas; 5) organizacionales y culturales, y 6) de capacidad técnica.

5.2 Análisis de barreras

La **Tabla 5.1** muestra las principales barreras del sector industrial identificadas en los talleres participativos, complementadas con las barreras identificadas en la fase anterior de este proyecto.

Es importante mencionar que las barreras identificadas requieren de un conjunto de instrumentos que permitan su remoción, mismos que se analizan en el siguiente capítulo.

Tabla 5.1 Principales barreras generales para la aplicación de políticas de promoción de la eficiencia energética identificadas

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN /ASPECTOS SUBRAYADOS
De mercado, económicas y de acceso a financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de acceso a financiamiento orientado a la adquisición de equipamientos eficientes o a la mejora de procesos productivos. • Costos de oportunidad de las acciones de eficiencia energética, vinculados a inversiones alternativas de mayor rentabilidad. • Falta de confianza en las empresas de servicios energéticos (ESCOs). • Altos costos de inversión e implementación de acciones de eficiencia, sumados a elevados costos de transacción para la eventual recepción de bivalentes u otros beneficios. • Ausencia de proyectos piloto o demostrativos y/o casos de negocios que demuestren la viabilidad de las acciones de eficiencia. • Preponderancia de una visión de corto plazo que descansa en una mirada limitada a los costos de inversión sin considerar el horizonte de vida de la inversión. • Inadecuada consideración de los costos energéticos y ausencia de identificación de estos en las etapas de los procesos productivos.
Regulaciones y política pública	<ul style="list-style-type: none"> • Complejidad administrativa para implementación de solicitudes de reconocimiento de incentivos o financiamiento concesional. • Ausencia de políticas de eficiencia orientadas a las especificidades productivas de cada rama o subsector industrial. • Marco regulatorio del mercado eléctrico demasiado rígido (se consideró no muy amigable con la cogeneración). • Inconsistencia entre normas aplicables. • Falta de coordinación para regulación del sector energético. • No reconocimiento de beneficios indirectos por GEI evitados.
I + D	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de articulación y colaboración entre las áreas responsables e instituciones de investigación y desarrollo y los sectores involucrados (I+D). • Instituciones de I+D deben diversificar su portafolio o cambiar de giro por insolvencia. • Actividad limitada de I+D en eficiencia energética. • Falta de incentivos de promoción de I+D en la industria.
De información	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de divulgación de tecnologías de eficiencia energética (principalmente en el caso de PyMEs). • Falta de conocimiento de programas de promoción, apoyo e incentivos. • Registros o medición limitada o inexistente (ausencia de auditorías energéticas). • Comunicación no efectiva de beneficios o resultados de proyectos de eficiencia energética. • Falta de conocimiento de ciertas estrategias (p.ej., Sistemas de Gestión de la Energía).

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN /ASPECTOS SUBRAYADOS
Concientización, cultura y racionalidad de los actores	<ul style="list-style-type: none"> • La eficiencia energética no es considerada en evaluación del desempeño. • Concepto de energía como “costo fijo”. • Ausencia de incorporación del concepto de servicios energéticos. • Alta tasa de descuento implícita: visión de corto plazo. Las inversiones cuyo período de recuperación es largo, no se consideran como opción para algunas empresas, y se privilegia la reducción de costos inmediatos. • Ausencia del concepto de eficiencia energética como fuente de energía: la cultura en el sector no le da la importancia debida al uso eficiente de recursos. • Limitado involucramiento de la alta dirección de las empresas en la adopción de la eficiencia energética. • Alta sensibilidad y reacción a los costos iniciales up-front-costs. • Resistencia cultural al cambio de procesos o tecnologías industriales más eficientes.
Capacidades técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de capacidad técnica para análisis u operación de equipos o tecnologías de eficiencia energética (PyME). • Falta de equipo o instrumentación para cuantificación de flujos y costos de energía. • Falta de personal especializado interno y externo. • Percepción de alto riesgo o incertidumbre por desconocimiento técnico insuficiente de ahorros de energía, así como en Sistemas de Gestión de la Energía. • Desconocimiento de las oportunidades que ofrece el esquema ESCO. • Recursos insuficientes (humanos y financieros) para fortalecer el cumplimiento de las regulaciones en materia de eficiencia energética*.

Fuente: Fundación Bariloche a partir de la información obtenida en los talleres participativos con actores clave del sector industrial de México (2017-2018).
 *Se refiere a barreras mencionadas en el estudio *Marco Político de Largo Plazo para la eficiencia energética*.

5.2.1. Barreras específicas y transversales

La identificación y consideración de las barreras específicas a cada uno de los subsectores priorizados surgieron de un abordaje ascendente, resultante del proceso de entrevistas y el desarrollo de los talleres. En ambos casos, los propios representantes de los subsectores manifestaron cuales eran las principales dificultades que enfrentaban para la implementación de medidas de eficiencia energética.

Derivado de lo anterior, se identificaron dos situaciones: en primer lugar, la de las empresas del sector industrial de gran tamaño, pertenecientes a los sectores estratégicos; en segundo lugar, la de las PyMEs pertenecientes a otros sectores que incluyen un espectro muy amplio de subsectores y que, obviamente, tendrían otras necesidades y enfrentarían otras barreras. Además, se incorporaron los casos de calentamiento solar y cogeneración como situaciones particulares.

Con posterioridad a los talleres se recibió información sobre las barreras sectoriales de este sector identificadas por la Cámara Nacional del Cemento (CANACEM) en México, para ser incluidas en la 6ª Comunicación Nacional de Cambio Climático, mismas que se muestran a continuación:

1. Existe una diferencia importante entre el manejo que se proporciona a los residuos que se co-procesan y aquellos que son dispuestos a través de otras alternativas, lo cual genera competencia desleal por la aplicación de los siguientes elementos para los que se destinan recursos que garantizan el cumplimiento ambiental:

- a) Controles de calidad que permiten cumplir con criterios de calidad en los combustibles formulados que eviten emisiones de GEI fuera de los límites permisibles establecidos en la NOM-040-SEMARNAT-2002.
 - b) Mediciones de concentraciones de emisiones anuales de GEI a través de laboratorios externos acreditados.
 - c) Se cuenta con inversiones importantes en infraestructura para su preparación, análisis previo a la recepción y posterior a la formulación.
 - d) Existe una idea equívoca sobre lo que el sector debe pagar por los residuos que recibe en la idea de que se aprovecha la energía o la materia prima de ellos, sin embargo, existe un costo de análisis y preparación que otras alternativas no tienen y que permite garantizar que los impactos por su manejo no se transfieran a otras matrices ambientales. El manejo de los residuos sin control incluye un costo ambiental no determinado aún.
2. La legislación actual da atribuciones a los estados y municipios para el control y gestión de residuos de manejo especial y sólidos urbanos respectivamente, hace que se tenga diferencia entre los criterios que estos aplican para su control, y sea necesaria la obtención de autorizaciones en diversos estados para estar en posibilidad de gestionarlos, lo que hace que para algunos se cuente con legislación específica y en otros no, o que los tiempos para su obtención sean distintos, en algunos casos tomando meses o años para conseguirlas, esto

aplica para todas las figuras jurídicas que incluyen su manejo. Por lo anterior, es deseable que esta atribución regrese a la Federación.

3. Los mercados de cemento tienen necesidades diferenciadas de productos, que en muchas de las aplicaciones (sobre todo proyectos grandes) requieren de productos con alto factor clinker que asegure resistencias de tres y 28 días; razón por la cual el mercado nacional no está promoviendo la reducción de GEI, debido al requerimiento de mayor consumo de clinker.
4. El país carece de una legislación que esté orientada a la clasificación de residuos, lo que evita su aprovechamiento en co-procesamiento y, por lo tanto, la reducción de emisiones de GEI. Actualmente existen esfuerzos importantes en algunos estados que están buscando generar una cultura de clasificación con el fin de reciclar aquello que tenga esa opción, pero aún se encuentra en sus primeras etapas.
5. El costo de combustibles considerados “limpios” actualmente no los hace atractivos para el sector, por lo que se recurre a combustibles con mayor generación de GEI nacionales e importados.
6. Aun cuando se han sentado las bases en la legislación energética para promover la producción y consumo de energías renovables, todavía no se cuenta con un mercado que lo vuelva competitivo frente a los principales productores de energía en el país, lo que abonaría en la reducción de GEI.

7. Inexistencia de una regulación sobre tipos de biomasa que promuevan su aprovechamiento energético cuando sea posible y necesario.
8. No se dan créditos por el consumo de combustibles alternos en la herramienta de cálculo para la elaboración de inventarios de GEI y por lo tanto se contabiliza la reducción debida a este consumo, como ocurre en herramientas internacionales aplicables al sector.

Para el caso particular de las PyMEs, se pone mayor atención reconociendo que se trata de un conjunto:

- Muy atomizado y diverso.
- Aparentemente con limitado conocimiento sobre su realidad en cuanto a consumo de energía.
- Con equipos técnicos que requieren desarrollo de capacidades.
- Que requiere un acceso sumamente flexible al financiamiento.
- Donde no se aprovechan las oportunidades vinculadas a cadenas de valor.
- Con grandes limitaciones para implementar la renovación de equipamientos.
- Que se manifiesta como sector “olvidado” por las políticas públicas.

5.2.2. Consideraciones sobre las barreras de los instrumentos de política

Respecto a las consideraciones referentes a las barreras de los instrumentos es necesario no evadir que, al momento de definir las políticas de intervención, los instrumentos que se identifiquen también pueden enfrentar barreras para su implementación. Estas deben ser consideradas a efecto de definir instrumentos que demuestren su viabilidad y factibilidad y, sobre todo, que no deban enfrentar barreras adicionales a aquellas que presentan los actores sujetos de la política y que deberían superar.

Uno de los desafíos que enfrentan las decisiones de intervención se vincula con la necesidad de priorizar los problemas que se contraponen debido a que, en general, no hay recursos suficientes para afrontar simultáneamente todos los problemas e implementar todas las acciones potencialmente identificadas. Donde recursos se entienden como: económicos, técnicos, humanos e institucionales; especialmente en las áreas gubernamentales responsables de la implementación de las políticas y estrategias.

Un segundo aspecto se vincula al diseño del instrumento, que será en definitiva lo que impulsará la decisión del actor de acceder al mismo e implementar las medidas de eficiencia energética. Si el mecanismo es complejo, extenso o requiere acudir a múltiples “ventanillas”, significa recorrer instancias sin la certeza de arribar al resultado esperado (desde el punto de vista del actor) y probablemente se convierta en el mayor obstáculo para que las acciones que debían resultar del mismo no se concreten. Trámites complejos y con tiempos extendidos para acceder a un incentivo e incertidumbre sobre la concreción del acceso al mismo, son ejemplos frecuentes.

Si se ha desarrollado en forma parcial e incompleta, por ejemplo, el diagnóstico que permite identificar las barreras y problemas reales, puede ocurrir que se propongan instrumentos que no guardan coherencia o no se orientan a la barrera que intentan superar. Por ejemplo, se propone una política de incrementos de precios para un determinado energético a los efectos de reducir su consumo, sin considerar

que su elasticidad-precio es muy baja ante la carencia de sustitutos, y los equipamientos, asociados al energético, más eficientes tienen un costo muy elevado.

Una buena política y estrategia de intervención en eficiencia energética, requiere partir de información adecuada; la falta de información desagregada para orientar las acciones puede convertirse en un obstáculo muy elevado para proponer ciertos instrumentos. **La ausencia de auditorías o antecedentes técnicos que permitan determinar los puntos y mecanismos de intervención más promisorios en un sector o rama de la industria, pueden generar propuestas de intervención mal direccionadas o insuficientes para alcanzar los resultados esperados.**

La propuesta de instrumentos que requieren el concurso o, directamente dependen de áreas gubernamentales diferentes a las de energía, se encuentra como una situación frecuente en muchos países. Un buen ejemplo es la política de transporte y el alcance real de intervención que tiene la

autoridad energética sobre este sector. Es evidente que, una política de eficiencia energética asociada al transporte de personas excede largamente la incumbencia de la SENER y depende de la política de transporte, el desarrollo de las ciudades, la planificación territorial, la política industrial, la sustentabilidad urbana, entre otras; transformándose en una condición de borde interna.

Otro ejemplo de este tipo de barreras se asocia a la coherencia entre políticas sectoriales y políticas agregadas o transversales, es decir, en qué medida, por ejemplo, la política energética está asociada con la política de desarrollo o de qué modo una determinada política de precios de la energía podría afectar la “demanda efectiva” del sistema socioeconómico en su conjunto. Al ser la energía un bien sin sustitutos, el aumento significativo de sus precios obligaría a los consumidores a disminuir la compra de otros bienes, lo que afectaría el nivel de consumo global de la economía.

5.2.3. Consideraciones de importancia sobre la relación entre barreras e instrumentos

Antes de presentar la propuesta de instrumentos, es preciso resaltar algunos aspectos de importancia:

- La caracterización del punto de partida está conformada por el conjunto de las principales “situaciones problema” que dificultan el desarrollo adecuado del sistema de acuerdo con una trayectoria deseada. En este caso, una mayor eficiencia energética en la industria.
- Una “situación problema” constituye en realidad un árbol articulado con centro en el problema, que está ocasionado por **causas** (barreras) y que tiene **consecuencias previsibles** (efectos), de no mediar las acciones de política. Además, la “situación problema” incluye al conjunto de actores relevantes.
- A partir de la visión se establece una **imagen futura deseada**, es decir, el conjunto de objetivos que se pretenden alcanzar con la mediación de las acciones de política. Los objetivos son, en consecuencia, la cara positiva de las “situaciones problema” o las barreras a superar.
- Para transitar desde la situación actual no deseada hacia la imagen objetivo, se requiere un conjunto de pasos que señalan la trayectoria hacia dicha imagen. Ese conjunto de pasos sucesivos, que señalan el **cómo**, implica identificar las **estrategias** e instrumentos de la política energética.
- Los instrumentos y las actividades asociadas tienen por objeto facilitar e impulsar las medidas técnico-económicas identificadas.

- El **principal objetivo de los instrumentos es salvar las “situaciones problema”**, que se asocian a cada medida, y se denominan **barreras**.
- Los mecanismos de intervención requieren condiciones subyacentes que fundamenten las propuestas.
- La experiencia de múltiples países revela que los resultados o metas efectivas dependen de una **combinación de instrumentos**.
- La **priorización** de instrumentos depende de múltiples factores con lugar y tiempos específicos.
- Los solapamientos existen, pero habría que evitar duplicidad de: acciones, mensajes o requerimientos sobre los mismos actores.
- Los instrumentos son combinables y complementarios, nunca excluyentes.

En otros términos, si se desconoce la situación en el punto de partida, es decir, los problemas y las barreras a superar, es muy complejo plantear los objetivos, pero sobre todo definir la trayectoria deseada. De allí la importancia del análisis de barreras y su vinculación con los objetivos e instrumentos. La experiencia internacional indica que no existe un camino único para salvar las barreras; que depende del entorno, y que, en la mayoría de las ocasiones, se requiere una combinación de instrumentos.



A satellite view of Earth at night, showing the curvature of the planet and numerous city lights glowing against the dark background of space. The lights are concentrated in the lower half of the frame, representing industrial and urban areas.

6

Análisis de instrumentos para
la promoción de la eficiencia
energética en el sector
industrial

En este capítulo se analizan los principales antecedentes internacionales de instrumentos aplicados para la promoción de la eficiencia energética industrial, en principio en un conjunto de países especialmente seleccionados por su madurez en la temática. Adicionalmente, se analizó la posición relativa de México en los avances que realiza para la implementación de ese tipo de instrumentos, y para determinar las posibilidades o potencialidades futuras.

Antes de avanzar en la descripción de la tendencia mundial en torno a los instrumentos, es importante mencionar que, si bien no existe en la literatura una única forma, es posible clasificar a priori a los instrumentos en seis grandes categorías:

1. Los instrumentos de regulación directa, denominados de comando y control, basados en la promulgación de normas, decretos o leyes y en la ecuación coerción/sanción; es decir, se trata de la forma tradicional de hacer cumplir la ley llevada al campo de la conducta energética y/o ambiental.
2. Los instrumentos administrativos o sistemas de cargo: imposición de tasas, multas, impuestos (*carbon tax*), etc.
3. Instrumentos fiscales (inducción): sistemas de reducción/restitución de impuestos. Derechos (ej. importación de equipos eficientes).
4. Los instrumentos económico-financieros (inducción) que están dirigidos a hacer que los actores de la sociedad

sean los principales propiciadores del cumplimiento de las metas energéticas/ambientales determinadas por la planificación gubernamental en la materia (créditos subsidiados, ayudas a fondo perdido, etc.)

5. Instrumentos orientados a la creación de mercados (ej. mercados verdes, etiquetado de eficiencia energética, certificación de sistemas de gestión de la energía, MDL, etc.)
6. La educación, la investigación, la capacitación, la asistencia técnica y la información energética/ambiental conforman la última categoría.

La mayoría de los instrumentos de regulación directa y de los instrumentos de inducción dejan abiertas las opciones del cómo debe hacerse. Lo que caracteriza a los instrumentos de regulación directa es el uso de sanciones como una de las formas para hacerlos cumplir. Sin embargo, la presencia de la sanción no implica de ninguna manera la exclusión de otros instrumentos para cumplir con cada norma específica.

La **Tabla 6.1** presenta otra clasificación posible y más detallada. Es importante mencionar que la mayoría de las experiencias muestran una combinación de instrumentos para lograr los objetivos deseados; así como el hecho que, si bien algunas acciones pueden iniciarse como voluntarias, luego se pueden convertir en obligatorias para poder acceder a otro tipo de incentivo.



Tabla 6.1 Tipos de instrumentos

CATEGORÍA DE LOS INSTRUMENTOS		MEDIDAS ESPECÍFICAS
Instrumentos económicos	Impuestos	Impuestos a la energía
		Impuestos a la generación de desechos o desperdicios
		Créditos de carbono bajo MDL u otros mercados
		Comercio de Certificados Verdes
	Incentivos	Indirectos (ej. para auditorías energéticas) o directos (ej. sustitución de equipamiento)
		Incentivos fiscales (ej. sustitución de combustibles)
Regulaciones	Estándares mínimos	
	Sistemas de gestión de la energía (voluntarios)	
	Acuerdos voluntarios (ligados a regulación)	
	Etiquetados y regulaciones públicas	
Programas de información	Auditorías energéticas	
	Evaluación comparativa (benchmarking)	
	Sello de calidad energética	
	Guías sectoriales de eficiencia en procesos de producción	
	Manuales de buenas prácticas en tecnologías horizontales	
	Información para cooperación industrial	
	Programas P+L (producción más limpia)	
Provisión de bienes o servicios públicos	Entrenamiento y capacitación – Formación de responsables energéticos en plantas de proceso	
	Auditorías energéticas sin costo	
	Facilitación del acceso a los servicios de las ESCOs	
	Información detallada sobre tecnologías disponibles	
Programas de verificación y monitoreo	Evaluación de resultados de los programas ejecutados o en ejecución	
Acciones voluntarias	Acuerdos voluntarios en metas energéticas o adopción de Sistemas de Gestión de la Energía o uso eficiente de los recursos	

Fuente: Fundación Bariloche con base en E. Somanathan, *et al* (2014).

6.1 Experiencia internacional en instrumentos de política pública para la Eficiencia Energética en la industria

En una primera instancia, siguiendo lo desarrollado en la primera fase del estudio, se decidió analizar los instrumentos de promoción en un conjunto de países que cumplieran determinados criterios. Un criterio excluyente (o condición necesaria) para haber sido seleccionado como caso de estudio fue que el país contara con una política de eficiencia energética clara, con una definición de estrategias y con programas e instrumentos idóneos orientados a dar cumplimiento a las mismas. Los criterios utilizados para la selección de los países fueron los siguientes:⁴²

⁴² Los fundamentos de cada uno de los siete criterios se desarrollaron en el estudio previo de 2016 y no se repiten aquí.

1. Participación del sector industrial en el Producto Interno Bruto (PIB).
2. Desarrollo tecnológico e intensidad energética industrial similar.
3. Consumo de energía de la industria.
4. Intensidad de emisiones de CO₂e.
5. Grado de apertura de la economía.
6. Estructura del consumo energético de la industria.
7. Existencia de políticas de eficiencia energética dentro de los principales subsectores industriales.

En función de lo expuesto, los países seleccionados para el análisis fueron: Alemania, Brasil, Chile, España y Estados Unidos de América.

En los Anexos de este documento⁴³ se muestra un análisis detallado de los principales instrumentos de promoción, así como la clasificación de instrumentos de promoción en cada uno de los países analizados. En una de las tablas de este anexo, se presenta la clasificación de instrumentos y se menciona su existencia en cada uno de los países, así como una breve descripción de dicho instrumento. Sin embargo, tal como se ha mencionado en el capítulo 2, el desempeño de un instrumento en particular, y los resultados obtenidos por el mismo, dependen no solo de su diseño, sino también del contexto de implementación.

La clave entonces que explica que algunos países sean más efectivos que otros en la promoción de la EE, radica en la selección de los instrumentos más adecuados para atender las particulares barreras identificadas y que además se ajusten a las propias condiciones de contexto del mercado a desarrollar.

Las principales conclusiones que arroja la evaluación de estos instrumentos a nivel internacional serían las siguientes:

- No existe un instrumento único que abarque el conjunto de variables que inciden en la toma de decisiones por parte del consumidor industrial para impulsar la implementación de acciones, proyectos y/o programas de eficiencia energética. Debe recurrirse a una mezcla particular para cada caso. La priorización de instrumentos depende de múltiples factores que son lugar y tiempo específicos.
- Toda mezcla debe considerar instrumentos de información y conocimiento que permiten sensibilizar y preparar el mercado para abordar proyectos de EE.
- Estos instrumentos son complementados mediante incentivos de mercado que facilitan y promueven las primeras experiencias en la materia.

- Finalmente se introducen instrumentos legales y regulatorios que aseguran el compromiso y las responsabilidades de los usuarios.
- El mercado de la eficiencia energética presenta distintos grados de madurez en distintos sectores, aún en un mismo país, y esto debe ser considerado al seleccionar la mezcla de instrumentos que atenderá cada sector.
- Los instrumentos basados en la información y el conocimiento deberían ser práctica permanente, aunque varíe su intensidad.
- Un instrumento regulatorio sólo es efectivo si cuenta con mecanismos que permitan su efectivo cumplimiento.
- Es tan importante como la aplicación de un instrumento, contar con mecanismos de monitoreo de los resultados obtenidos a fin de identificar problemas de diseño que deban ser modificados.
- El Estado no es el único responsable de esta tarea y existen muy buenos ejemplos de iniciativas privadas y mixtas.
- Los mecanismos de intervención requieren de condiciones subyacentes que fundamenten las propuestas.

Se observó también, en el desarrollo de la tarea de búsqueda de instrumentos, la escasez y eventual carencia de información confiable (y verificable) acerca de los resultados de ahorro energético, económico y ambiental presuntamente logrados por la implementación de los instrumentos mencionados a través de los diversos proyectos y programas que promovían los Estados seleccionados como muestra y/o los actores institucionales o del sector privado de esos países.

Valga por ejemplo el caso de Chile, donde los resultados presentados no permiten evaluar con objetividad la eficacia del instrumento aplicado. Si bien la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) opera un programa llamado *verificatee.cl*, el mismo no brinda demasiados detalles revelando la dificultad de contar con información real que funcione como retroalimentación de lo que se está promoviendo desde el Estado. Una declaración de un alto responsable del tema eficiencia energética en el país ha dicho que “sólo un 3% de las medidas recomendadas por diagnósticos/auditorías de consumos energéticos se concretaron”, lo que da una idea de la dificultad del tema, aún en países que fomentan la eficiencia energética. Esta carencia (en algún caso es ausencia completa) de datos precisos sobre resultados de ahorro efectivos de acciones, proyectos y/o programas, y que sean independientes de efectos colaterales, es una limitante fuerte para saber qué medidas dan o no resultado, qué debería hacerse para

⁴³ Todos los anexos de este documento van a estar disponibles en el portal electrónico de la Conuee (www.gob.mx/conuee), como en la Biblioteca Digital del Programa Energía Sustentable de GIZ (<https://bit.ly/2NV8mkd>).

mejorar el o los enfoques y cómo evitar la ineficiencia en el uso de los recursos y del tiempo.

Dado que existen, además de los casos de estudio analizados, otros países con experiencias interesantes aisladas en términos de políticas de eficiencia energética en la industria, se robusteció el análisis con la búsqueda de instrumentos de promoción de la eficiencia energética orientados a industrias energéticamente-intensivas. En uno de los anexos, se presenta la síntesis de experiencias internacionales de los principales instrumentos de promoción⁴⁵ potencialmente orientados a este tipo de industrias. Se han indicado aquellos que pueden ser aplicados en México.

Entre las principales opciones de política observada a nivel internacional figuran: las leyes y regulaciones; los acuerdos negociados; los instrumentos basados en la información; el apoyo a las nuevas tecnologías y la innovación; los instrumentos basados en el mercado y los instrumentos financieros.

Hay al menos cinco compromisos decisivos de acción colectiva internacional, a saber:

1. Establecer metas de desempeño y normas a nivel mundial.
2. Facilitar los cambios tecnológicos y estructurales.
3. Contribuir a la transferencia internacional de tecnologías,
4. Promover mecanismos financieros en apoyo de esas transferencias.
5. Establecer la función de supervisión y coordinación internacional de la eficiencia energética.

Se observa que, si bien México ha avanzado en la implementación de muchas categorías de instrumentos, aún queda por implementarse (o discutirse) la conveniencia de muchos de ellos. La discusión y presentación de los principales instrumentos existentes en la actualidad en México se incorporan a detalle en el siguiente apartado. Sin embargo, para lograr evidenciar cuáles de los instrumentos principales a nivel internacional existen en la actualidad y cuáles pueden adaptarse a la realidad mexicana, se presentan a continuación la **Tabla 6.2** y la **Tabla 6.3**. Cabe mencionar que todos estos aspectos son discutidos en detalle en el apartado siguiente.

Tabla 6.2 Instrumentos, medidas específicas y comparación en relación con lo vigente en el sector industrial de México

CATEGORÍA DE LOS INSTRUMENTOS		MEDIDAS ESPECÍFICAS	SITUACIÓN ACTUAL PARA LA INDUSTRIA DE MÉXICO
Instrumentos económicos	Impuestos	Impuestos a la energía	No se han implementado
		Impuestos a la generación de desechos o desperdicios innecesarios	No, salvo la obligación de disponer de los mismos de acuerdo con la regulación para residuos tóxicos y peligrosos
		Créditos de carbono bajo MDL u otros mercados	Existe mecanismo, pero el precio de los bonos de carbono es muy bajo y no atrae interesados
		Comercio de Certificados Verdes	No parece tener impacto en la industria
	Incentivos	Incentivos indirectos (por ejemplo, para auditorías energéticas) o directos orientados a la adquisición de equipamientos eficientes para sustitución de ineficientes	No se han implementado
		Incentivos fiscales (por ejemplo, para sustitución de combustibles que contribuyen a mejorar la eficiencia del proceso)	No existen en forma de incentivo fiscal para EE en industria; tienen poca oportunidad de prosperar actualmente en México
	Financiamiento	Programas de financiamiento basados en créditos blandos (tasas bajas y/o plazos dilatados) o los denominados Eco-créditos	Existen programas de FIDE y un fondo del Gobierno Federal, denominado FOTEASE, que permite acceder a recursos para implementar acciones de eficiencia energética. Con ciertas características. En BANCOMEXT, financiamiento orientado a la industria manufacturera se destacan los referidos a sectores estratégicos, que incluyen: industria automotriz, eléctrica-electrónica, aeroespacial, minero-metalúrgica. NAFIN tiene múltiples y variados programas y planes de crédito, incluyendo Fideicomisos y fondos de garantía, incluyendo, asimismo, apoyo para acciones de capacitación

CATEGORÍA DE LOS INSTRUMENTOS	MEDIDAS ESPECÍFICAS	SITUACIÓN ACTUAL PARA LA INDUSTRIA DE MÉXICO
Regulaciones	Estándares mínimos para equipos y elementos consumidores de energía	Existentes
	Sistemas de gestión de la energía (voluntarios) (2)	Vigente el PRONASGEn (Programa Nacional de Sistemas de Gestión de la Energía)
	Acuerdos voluntarios (ligados a regulación)	Sí, pero no con el dinamismo y alcance deseados
	Etiquetados (1) y regulaciones públicas	Existentes para motores y enseres domésticos, algunos de ellos utilizados en la industria
Programas de información	Auditorías energéticas	Existente, pero limitado, sin un plan estratégico
	Evaluación comparativa (benchmarking)	No se tiene referencia de un programa de benchmarking formal, sino al interior de las empresas, particularmente las transnacionales
	Sello de calidad energética	Sello FIDE para motores eléctricos
	Guías sectoriales de eficiencia en procesos de producción	Existentes (Conuee)
	Manuales de buenas prácticas en tecnologías horizontales (motores, calderas, compresores, refrigeración, uso del vapor, etc.)	Existentes (Conuee); FIDE también tiene publicaciones relativas a sistemas de bombeo, compresores y otros dispositivos y sistemas eléctricos
	Información para cooperación industrial (redes) (Ej. Alemania)	Existentes (Conuee)
	Programas P+L (Producción más Limpia)	Existente
Provisión de bienes o servicios públicos	Entrenamiento y capacitación Formación de responsables energéticos en plantas de proceso	Existente
	Auditorías energéticas sin costo	Ha habido varios programas por FIDE y Conuee, en donde se han realizado un número importante de auditorías (300+) a industrias y otros usuarios
	Facilitación del acceso a los servicios de las ESCO (registro público, con reválida temporal de capacidad)	Existe AMENEER (Asociación Mexicana de Empresas de Servicios Energéticos)
	Información detallada sobre tecnologías disponibles (BAT, best available technologies)	Existente (Muy limitada)
Programas de verificación y monitoreo	Para evaluar resultados de los programas como los ejecutados en Chile	Se han iniciado algunos programas en México
Acciones voluntarias	Acuerdos voluntarios en metas energéticas o adopción de sistemas de gestión de la energía (1) o uso eficiente de los recursos	Existente (Programa de Acuerdos Voluntarios de Conuee)

Fuente: Cuadro basado en una investigación de E. Somanathan et al (India, 2014), incluyendo elaboración propia.

(1) También pueden entrar en la categoría de “Programas de información”.

(2) En algunos casos (ej. en Alemania a partir de 2013), esta acción voluntaria puede convertirse en obligatoria, si se pretende acceder a exenciones impositivas sobre las tarifas eléctricas.

Tabla 6.3 Tendencias mundiales en instrumentos de promoción de eficiencia energética en la industria, y su potencial adaptación a México

INSTRUMENTOS	POTENCIAL ADAPTACIÓN AL CASO DE LA INDUSTRIA DE MÉXICO
Leyes y regulaciones que eliminen del mercado el equipo y las prácticas menos eficientes	Se puede promover eficiencia energética en el sector sin necesidad de una ley específica
Acuerdos negociados de eficiencia energética	Fácilmente adaptables (Ej.: si la industria implementa un SGEN, podría lograr beneficios fiscales o impositivos u otros a determinar)
Instrumentos basados en la información	Normas y etiquetas de calidad energética en motores (ya existente). Guías de buenas prácticas (existentes)
Apoyo a las nuevas tecnologías y a la innovación (cambios estructurales)	A través de los Centros Mexicanos de Innovación (existentes, aunque principalmente para energía renovable)
Instrumentos basados en el mercado	Apoyo a ESCO para su actuación en el sector industrial (AMENEER)
Instrumentos financieros	Existentes (Eco-crédito para PyMEs) FIDE, NAFIN, otros para industrias grandes
Acción colectiva internacional mediante el intercambio de información (ej: evaluación comparativa)	A través de la Conuee

Fuente: Fundación Bariloche.

Tanto para los países desarrollados como para aquellos en desarrollo, invertir en la eficiencia energética industrial es benéfico desde una perspectiva financiera. ¿Por qué no se concretan entonces estas oportunidades de inversión? La respuesta está en las numerosas barreras a la inversión en eficiencia energética que los países enfrentan a causa de fallas de mercado y de comportamiento.

Para superar estos obstáculos se requieren intervenciones desde la política pública que estén específicamente orientadas a superar estas barreras. En este contexto, tanto los instrumentos de política pública como los mecanismos asociadas a los mismos tienen por objetivo superar las barreras que impiden o dificultan la implementación de medidas técnico-económicas integradas en proyectos de eficiencia energética.

Los instrumentos presentados en la **Tabla 6.1** pueden ser agrupados a su vez en tres categorías que permite simplificar la metodología de evaluación:

INSTRUMENTOS DE INFORMACIÓN, CONOCIMIENTO Y CAPACITACIÓN:

Medidas contempladas: auditorías energéticas para definir perfiles de consumo; evaluaciones comparativas; sellos de calidad; guías sectoriales; manuales de buenas prácticas; información para cooperación industrial; programas de P+L; formación de responsables energéticos; entrenamiento y capacitación e información sobre tecnologías disponibles, entre otros.

INSTRUMENTOS QUE INTRODUCEN INCENTIVOS EN EL MERCADO:

Medidas contempladas: incentivos indirectos para la realización de auditorías energéticas, o directos para promover la sustitución de equipos; incentivos fiscales; acuerdos voluntarios que ofrecen algún incentivo de cumplimiento, financiamiento a tasas subsidiadas y facilitar acceso al servicio de ESCOs entre otros.

INSTRUMENTOS REGULATORIOS Y NORMATIVOS:

Medidas contempladas: impuestos (a la energía, a la generación de emisiones); exigencias regulatorias por ejemplo sobre brindar información sobre consumos, realización de diagnósticos energéticos, implementación de sistemas de gestión o mostrar reducción de consumo entre otras; sistemas de etiquetados energéticos y estándares mínimos de desempeño para productos específicos.

Para el caso particular de la promoción de la eficiencia energética es práctica observada la combinación de aquellos instrumentos orientados a superar barreras del conocimiento y la información, junto con otros específicos de mercado que introducen incentivos para favorecer la puesta en marcha de medidas de eficiencia energética y finalmente, como tendencia reciente, instrumentos normativos y regulatorios que generan compromisos de cumplimiento obligatorio y/o transparentan y regulan el desempeño energético de productos de comercialización masiva.

Estos instrumentos tienen grado de complejidad diversa y objetivos muy diferenciados:

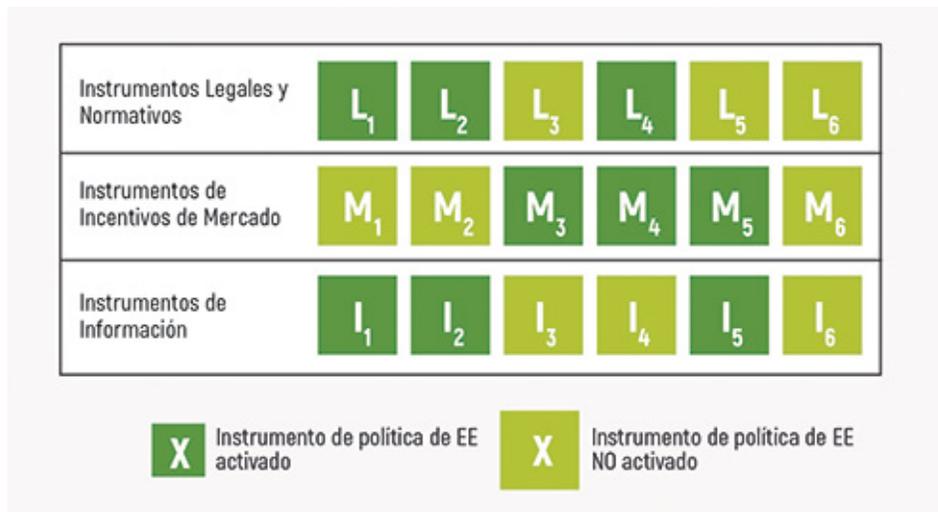
Tabla 6.4 Instrumentos de política pública para la eficiencia energética

INSTRUMENTOS	INSTRUMENTOS DE INFORMACIÓN, CONOCIMIENTO/CAPACITACIÓN	INSTRUMENTOS QUE INTRODUCEN INCENTIVOS EN EL MERCADO	INSTRUMENTOS REGULATORIOS Y NORMATIVOS
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Que se conozca • Que se entienda • Que se acepte • Que se valore 	<ul style="list-style-type: none"> • Que se pruebe con la experiencia propia • Que se observen los buenos resultados 	<ul style="list-style-type: none"> • Que se cumpla • Que se adquieran responsabilidades • Que se brinde información

Nota: La tabla fue elaborada por el PES de GIZ, de acuerdo con análisis internacional en la materia

De esta manera, una correcta política pública se diseña siguiendo una estrategia que incorpora una combinación de instrumentos que son seleccionados para cada entorno particular. La mezcla puede cambiar, la complejidad de los instrumentos escogidos también, así como la secuencia observada de implementación.

Figura 6.1: Ejemplo de implementación de instrumentos de política de eficiencia energética



Nota: La figura fue elaborada por el PES de GIZ, de acuerdo con análisis internacional en la materia

INSTRUMENTOS BASADOS EN LA INFORMACIÓN: Bajo este rubro encontramos campañas de información y concientización, sistemas de etiquetado, información general de divulgación sobre eficiencia energética, así como también las bases de datos públicas que contienen información sobre desempeño energético y pueden despertar la conciencia acerca de los beneficios de la eficiencia energética en todos los niveles de la industria.

Aunque son relativamente fáciles de aplicar, requieren financiación pública e instituciones que los organicen y elaboren, lo que también es un obstáculo importante en muchos países en desarrollo.

Ejemplos destacados:

→ Directiva Europea de Ecodiseño (Estándares mínimos, Europa).

- Etiquetado de motores industriales (Brasil).
- Esquema *EU MEPS*: normativa de rendimiento energético mínimo europeo para motores.
- Collaborative Labelling and Appliance Standards Program (EEUU).
- Informe sobre oportunidades de eficiencia energética en sectores industriales (PROCEL, Brasil).
- Guía de experiencias sectoriales (ACHEE, Chile).
- Desarrollo de capacidades: política permanente en Alemania y España.
- Plataforma que proporciona al consumidor final, profesionales y formadores de opinión información y asesoramiento sobre potenciales de eficiencia energética (dena-Alemania).

INSTRUMENTOS BASADOS EN INTRODUCIR INCENTIVOS EN EL MERCADO (DE INDUCCIÓN): Para este rubro podemos mencionar algunas subvenciones, los esquemas de amortización acelerada de equipo eficiente, los certificados comercializables de eficiencia energética, etc.

También se pueden considerar dentro de esta categoría a los instrumentos financieros como los préstamos a tasas preferenciales, esquemas de garantías y fondos rotatorios impulsados desde el Estado que intentan aumentar la disponibilidad de capital y disminuir su costo, reduciendo de este modo el riesgo de una inversión en eficiencia energética.

Los acuerdos voluntarios de eficiencia energética, que son convenidos entre el gobierno y la industria, también pueden entenderse como un incentivo toda vez que incluyen metas concretas que deben cumplirse en determinados plazos, pero traen asociados ciertos beneficios de este cumplimiento.

Los instrumentos de mercado ayudan a sostener los precios, crear un mercado apropiado para la eficiencia energética e impulsar las elecciones de los consumidores hacia las soluciones más eficaces en función de los costos sociales. Una ventaja de los incentivos basados en el mercado es que son más eficaces en términos de costos que algunas soluciones de otra índole.

Ejemplos destacados:

- Exención del pago del impuesto al consumo de la energía eléctrica para aquellos usuarios que demuestren una mejora en su desempeño energético o haber instalado sistemas de gestión de la energía (Alemania).
- Fondo de Garantías de Eficiencia Energética (FOGAEE): Provee garantía financiera a los ahorros energéticos asociados a operaciones crediticias concedidas a ESCOs, o para garantizar parcialmente los ahorros de energía comprometidos a un tercero (Chile).

- Fondo Nacional de EE para apoyo económico, financiero, de asistencia técnica, formación e información (FNEE-España).
- Financiamiento para rehabilitación de viviendas (KfW-Alemania).
- Financiamiento a tasas preferenciales para proyectos de EE a ESCOs, usuarios finales, leasing de equipos, PyMEs y MiPyMes (BNDES, Brasil).
- Fondo especial para EE en PyMEs para atacar barreras de información y acceso al financiamiento (BMW-KfW, Alemania).
- Energy Efficiency Network Initiative para crear Redes de Aprendizaje de EE (Alemania).
- Ley de Cogeneración en Alemania (2016), que contempla apoyos financieros tanto para plantas nuevas como existentes de cogeneración.
- Descuentos en precios de energía eléctrica para grandes usuarios que demuestren la implementación de un programa de mejoras en la EE en su proceso productivo (Argentina).
- Fideicomiso de ahorro y eficiencia energética, constituye un mecanismo de ayuda y apalancamiento financiero para proyectos y actividades (Uruguay).

INSTRUMENTOS BASADOS EN LEYES Y REGULACIONES O DE REGULACIÓN DIRECTA: Denominados de comando y control, basados en la promulgación de normas, decretos o leyes y en la ecuación coerción/sanción; se trata de la forma tradicional de hacer cumplir la ley llevada al campo de la conducta energética y/o ambiental: Estos instrumentos intervienen en el mercado buscando entre otras cosas introducir comportamientos obligatorios, cumplir ciertas metas de reducción de consumo o hasta eliminar equipo y las prácticas menos eficientes.



Un ejemplo son las leyes de eficiencia energética que suelen establecer organismos de regulación, aplicación y coordinación, además de organizaciones de promoción y apoyo, y se ocupan de las normas, los planes de ahorro, la presentación de informes periódicos sobre el consumo, las auditorías del consumo, la capacitación y hasta la asistencia técnica sobre uso racional y eficiente de la energía. Las leyes también pueden establecer las prioridades y brindar incentivos impositivos, subvenciones y penalidades.

Ejemplos destacados:

- Impuestos al consumo de energía eléctrica en Alemania.
- Auditorías energéticas obligatorias a grandes empresas definidas en función de variables de ocupación y volumen de negocios (España).

Los encargados de formular políticas deben elaborar una estrategia energética coordinada, que incluya mecanismos formales e informales, metas, parámetros de referencia y normas, y adaptar las políticas a los contextos nacionales y locales.

Para el caso particular del sector industrial de México, en grandes consumidores la necesidad reportada sobre instrumentos basados en la información, se orientan casi exclusivamente al desarrollo de capacidades, dentro y

fuera de las empresas. Esto es marcadamente distinto para las PyMEs, donde se requiere información básica para sensibilizar a este segmento.

Se reconoce también la necesidad de profundizar aquellos instrumentos que introducen incentivos para lograr una movilización creciente de interés y recursos hacia la eficiencia energética.

En relación con los instrumentos regulatorios y normativos, no existen en México exigencias de tipo legal o regulatoria vinculada al desempeño energético de un proceso productivo más allá de la obligación a los Usuarios con un Patrón de alto Consumo (UPACs), de informar sobre sus consumos. Esto presenta la oportunidad de construir un puente que vincule los instrumentos de incentivos en el mercado con los regulatorios lo que se puede lograr mediante los acuerdos voluntarios. Los instrumentos basados en estos acuerdos siguen requiriendo incentivos como reducción de costo de la energía, premios de desempeño energético, exenciones fiscales, etc., pero pueden a la vez instalar el compromiso del sector y su responsabilidad como consumidor a través de una exigencia de cumplimiento. Serían entonces instrumentos mixtos ya que siguen siendo acuerdos de ingreso voluntario, pero de cumplimiento obligatorio.

6.2 Instrumentos nacionales para la promoción de la eficiencia energética

Desde hace varias décadas el Gobierno de México ha promovido la adopción de mejores prácticas y tecnologías energéticas eficientes en diversos sectores, entre ellos el industrial. En esta sección se describen planes, programas y estrategias, así como el efecto de estos a la fecha y una retrospectiva de esfuerzos y programas ya agotados sobre los cuales existe información confiable. Asimismo, se incluyen también programas relacionados con la mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero en el sector industrial, que fomentan directa o indirectamente la adopción de tecnologías o prácticas de uso racional y eficiente de la energía.

Los antecedentes regulatorios y de política nacional para la mayoría de estos instrumentos se han tratado con detalle en el informe Lineamientos metodológicos para la elaboración de una Hoja de Ruta de eficiencia energética particularizada

para el sector industrial en México. En este, se destacan la Ley de Transición Energética y la Ley General de Cambio Climático como detonadores de instrumentos que pretenden ordenar y aglutinar los diferentes esfuerzos de mejora en eficiencia energética y mitigación de emisiones sectoriales dentro de y estrategias y reglamentos que dan viabilidad operativa a las mismas.

En la **Tabla 6.5**⁴⁶ se enlistan los principales programas vigentes, así como las instancias que financian o instrumentan el programa, el organismo a cargo de su ejecución y el sector de la industria en el que el programa tiene aplicación, todos ellos agrupados por categorías. Dicha tabla no incluye programas internos del sector o de asociaciones y ONG relacionadas con la industria, dado el objeto de análisis de la consultoría desarrollada para este proyecto.

⁴⁶ Basada en una revisión de la tabla desarrollada para el trabajo de consultoría *Lineamientos metodológicos para la elaboración de una Hoja de Ruta de Eficiencia Energética particularizada para el sector industrial en México*.

Tabla 6.5 Principales instrumentos de promoción de la eficiencia energética en la industria

CATEGORÍA	INSTANCIAS O ENTIDADES PARTICIPANTES	EJECUTOR - INSTRUMENTO (SUBSECTOR INDUSTRIAL OBJETIVO)
Marco normativo y estratégico y programas multi-categoría	SENER - Conuee	SENER-Conuee - Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios (Industria general)
	SENER - Conuee	Conuee - Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014 - 2018 (Industria general)
Instrumentos Económicos y de Mercado	SHCP - Servicio de Administración Tributaria (SAT)	SAT - Impuesto a los combustibles fósiles (Industria general)
Instrumentos de financiamiento	SENER - SHCP - SEMARNAT - SAGARPA - CFE - IMP - INEEL - CONACYT - CONUEE	SENER - Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) (Industria general)
	FIDE	FIDE - Programa de Apoyo a la Generación Distribuida (PyMEs)
	NAFIN	Financiamiento a proyectos sustentables (Industria general)
	NAFIN - FIDE	FIDE - Programa de Ahorro y Eficiencia Energética Empresarial, Eco Crédito Empresarial (PyMEs)
	BANCOMEXT	Equipamiento (Industria de exportación)
	BANCOMEXT	Proyectos de Inversión (Industria de exportación)
Instrumentos regulatorios	Conuee	Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética (NOM-ENER)
	Conuee	Conuee - Programa Grandes Usuarios de Energía, GUE (Gran Industria)
Instrumentos de soporte, información y acción voluntaria	Conuee	Conuee - Acuerdos Voluntarios
	FIDE	FIDE- EDUCAREE (Trabajadores de la industria, consumidores y usuarios de productos y aparatos) (Industria general y PyMEs)
	FIDE	FIDE - Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica, Premio FIDE (Industria general y PyMEs)
	FIDE	FIDE - Sello FIDE (Industria manufacturera de aparatos eléctricos y electrónicos)
	Conuee	Catálogo de Equipos y Aparatos (Industria general)
	SEMARNAT - PROFEPA	PROFEPA - Programa Nacional de Auditoría Ambiental (Industria general)
	SEMARNAT - INECC	INECC- Registro Nacional de Emisiones RENE (Gran Industria)
	SEMARNAT - INECC	INECC - Registro Nacional NAMA (Industria general)
Investigación y Desarrollo	SENER	SENER - Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIE)
Formación y Fortalecimiento de Capacidades	Conuee	Conuee - Programa MiPyME (PyMEs)
	Conuee	Conuee - Programa Nacional de Sistemas de Gestión de la Energía, PRONASGen (Industria general)
	FIDE - CFE	FIDE - Programa Eficiencia Energética (Industria general)
	CONOCER-FIDE	Certificación de competencias laborales (Industria general)
	FIDE	Acreditación de Empresas Especializadas (Proveedores de servicios a la industria)
	NAFIN	Capacitación Empresarial NAFIN (Enfoque MiPyME, incluyendo industrias)

Fuente: Fundación Bariloche.

Cabe señalar que la mayoría de los programas y acciones de eficiencia energética que hoy en día se llevan a cabo a través de instituciones como la Conuee, tienen un alcance limitado en cuanto a los recursos financieros, materiales y humanos que se destinan para su operación.



6.2.1. Situación actual de los programas multi-categoría

Como puede apreciarse, todos los instrumentos incluidos en la **Tabla 6.1**, se alinean con lo indicado en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios. Específicamente, los mismos se enmarcan en los objetivos y líneas de acción del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014 – 2018 (PRONASE). También se observa una clara interrelación entre energía y medio ambiente, así como con aspectos sociales. Las leyes que tienen influencia para el mismo se muestran también, mientras los reglamentos que se mencionan son específicos a aspectos relacionados con la energía.

Se observa que, si bien México ha avanzado en la implementación de muchas categorías de instrumentos, aún queda por implementarse (o discutirse) la conveniencia de muchos de ellos. Sin embargo, para lograr evidenciar cuáles de los instrumentos principales a nivel internacional existen en la actualidad y cuales pueden adaptarse a la realidad mexicana, se presenta la **Tabla 6.2**.

Estas circunstancias han llevado a que dos evaluaciones externas hechas sobre la política pública y los programas de eficiencia energética en México anoten la necesidad de

ampliar el alcance y fortalecer lo implementado en el sector industrial:

- Un reporte hecho por expertos en el contexto de la Cooperación Económica Asia-Pacífico (*Asia-Pacific Economic Cooperation*, APEC) recomienda para el sector industrial:
 - Expandir el programa de Redes de Aprendizaje de Eficiencia Energética y Sistemas de Gestión de la Energía.
 - Ampliar el programa de Acuerdos Voluntarios para involucrar al 50% de los UPAC.⁴⁷
- Una evaluación del Consejo Americano para una Economía Eficiente en Energía (ACEEE, por sus siglas en inglés) respecto a lo que se hace en las 25 economías con mayor consumo de energía, anota la ausencia de incentivos; del requisito de tener un gerente de energía en plantas; y la falta de diagnósticos energéticos obligatorios. Sugiere seguir el ejemplo de India, Japón y China, países donde dichos aspectos son obligatorios.⁴⁸

⁴⁷ APEC, 2017, PEER Review on Energy Efficiency in Mexico, <https://www.apec.org/Publications/2017/11/PEER-Review-on-Energy-Efficiency-in-Mexico>.
⁴⁸ ACEEE, 2017, The International Energy Efficiency Scorecard, <https://aceee.org/portal/national-policy/international-scorecard>.

6.2.2. Observaciones y conclusiones generales a instrumentos y políticas para promoción del uso eficiente de la energía en el sector industrial en México

Con base en la revisión de los instrumentos descritos en las secciones anteriores y de las diversas interacciones con actores del sector en el contexto de este proyecto, se observa lo siguiente:

- En México existe un buen número de programas relacionados con el aprovechamiento del uso de la energía dirigido a la industria, en particular a la manufacturera.
 - Estos programas, desarrollados por entidades del sector público, son de alcance nacional; sin embargo, su impacto y difusión se concentran en la Zona Metropolitana del Valle de México.
 - Todos los programas descritos están alineados con el marco jurídico y legal vigente.
 - No existe obligatoriedad, a excepción de los productos regulados por normas o el impuesto a los combustibles fósiles, que estén relacionados con la eficiencia energética o el cambio climático. En este último caso, no se ha tenido un impacto apreciable de reducción al consumo.
 - Algunos programas de financiamiento, aunque nominalmente promueven la innovación, no se aprecia que exista una relación directa entre dicho objetivo y los proyectos o actividades financiados a la fecha.
 - No existe una clara diferencia en condiciones de crédito para proyectos de eficiencia energética, y proyectos normales de operación empresarial con garantía sobre bienes adquiridos. Por ejemplo, no es posible acceder a dichas líneas o instrumentos para optimización por mejores prácticas.
 - El subsector de industria PyMEs requiere de atención diferenciada y mejorar su conocimiento y confianza para mejorar su nivel de participación en varios de los programas descritos.
 - Es necesaria la profesionalización y certificación de quienes prestan servicios como gestores o asesores técnicos de los diferentes instrumentos existentes.
- La penetración de programas e instrumentos se deriva del conocimiento y prestigio de las entidades u organizaciones que los instrumentan.
 - La mezcla de los programas entre energías renovables y eficiencia energética ha hecho que gran parte de los recursos y proyectos no estén relacionados directamente con eficiencia energética.
 - La normativa existente para eficiencia energética es adecuada y debe reforzarse, permitiendo que la oferta de productos que consumen energía cumpla con estándares mínimos de eficiencia energética.
 - Debe obligarse al cumplimiento de la normativa al equipo usado comercializado en México, el cual muchas veces es de baja eficiencia y desechado por tal motivo en otras jurisdicciones.
 - Debe considerarse adecuadamente cada nueva normativa, para permitir que sea aplicable y útil para el propósito de mejora de eficiencia energética sin influir negativamente en la competitividad.
 - La capacitación es base para una política de eficiencia energética sostenible en el sector industrial; la sensibilización se percibe como una prioridad, lo que habla de baja penetración de los instrumentos.
 - Los instrumentos existentes tienen, en general, una orientación adecuada, y deben reforzarse con mayor comunicación y difusión para lograr mayores resultados.
 - Los programas de eficiencia energética existentes son limitados en cuanto a su alcance, pero con buenos resultados, por lo que deben ampliarse para abarcar a los diversos subsectores industriales de todo el país.



Business Company
123 connector ipsum vel
Praeipit nisl. Fusce 00229
Tel: 123-456-789-0
Fax: 123-456-789-1

Curabitur suscipit. LTD
55 Pellentesque Aliquet
at. SUO. 9999
54-321

INVOICE

Date
Invoice No. 30/xx/xx
Customer ID 0000001 223

Description	Quantity	Amount
		246.53
		855.75
		594.12

Opportunities to increase sales and achieve the company's target.

Categories	2013	2014	2015	2016
Computers & Devices	107,812	98,017	107,812	8,714
Electronics	108,928	119,283	47,829	89,914
Clothes & Fashion	39,912	132,912		278,161
Home Living	98,017	81,120		
Kids Products	8,714			
Medical	89,914			
Others				

Improvement Measure

A top-down photograph of a wooden desk. A silver laptop is open in the upper left. A person's hand, wearing a brown leather watch, is holding another person's hand. The hand being held is resting on a brown folder. Several documents are scattered on the desk, including one with a table of numbers and another with a list of numbers. A large yellow number '7' is overlaid on the left side of the image.

7

Recomendaciones
particulares y elementos
habilitantes para la
implementación de
instrumentos específicos

2,568,790
976,819
869,870
121,000
421,045
179,984
690,144
279,991
98,420
244,353
75,380
846,579
237,689
563,980
45,000

Europe
Product A01
Product A02

95
912
918
939
9,128
0,283

's target

20
8
107
89
123
189
10
47

subset of
50 sale
of mark
s

Existe un conjunto de acciones que pueden ser implementadas de forma general; y que constituyen tanto necesidades de base para poder definir las medidas y los instrumentos, como acciones transversales que pueden aplicarse a la totalidad de la industria.⁴⁹ Para el caso de México, y a partir de los hallazgos en los grupos de trabajo con actores clave, se consideran como fundamentales los elementos planteados en la **Tabla 7.1**.

Tabla 7.1 Elementos transversales y/o habilitantes

INSTITUCIONALES	<ul style="list-style-type: none"> • Generar un sistema de información económico-técnico-energético de la industria que permita la toma de decisiones en mejores situaciones de conocimiento sobre las realidades del sector. Una actualización regular de tal sistema de información contribuiría a mejores diagnósticos y, consecuentemente, mejores propuestas de acción. • Simplificar trámites y establecer una ventanilla única para la gestión de incentivos de diferente tipo. • Mejorar la articulación y convergencia interinstitucional. • Incrementar el financiamiento para la investigación y desarrollo en eficiencia energética, además de mejorar los criterios o reglas de asignación de los recursos financieros. • Comunicar e intercambiar experiencias. • Incrementar la difusión de información valiosa y casos de éxito. • Preparar y difundir casos de negocio con un programa multidisciplinario para explicar y promover la utilización del SGE. • Facilitar el intercambio de experiencias y la asistencia técnica al sector industrial, con énfasis en el subsector PyMEs. • Elaborar campañas de sensibilización para que la industria conozca los beneficios de la EE a nivel sistémico, así como las diferentes herramientas para su implementación. • Identificar mejores prácticas de las redes de investigación. • Formar recursos humanos especializados dentro de las instituciones para el desarrollo, seguimiento y evaluación de programas de eficiencia energética.
CAPACITACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar guías empresariales para la toma de decisiones financieras de productos y de servicios de eficiencia energética. • Fomentar colaboración entre instituciones de desarrollo tecnológico e innovación con el sector industrial. • Preparar un programa integral de capacitación para la formación de técnicos especialistas en tres rubros relacionados con la eficiencia energética: <ul style="list-style-type: none"> - Gerentes de Energía “Energy Managers” - Auditores Energéticos “Energy Auditors” • Expertos en los protocolos de Medición, Verificación y Reporte

Fuente: Fundación Bariloche.

7.1 Recomendaciones del sector industrial

Por su parte, los expertos representantes del sector público y del sector privado emitieron recomendaciones durante el desarrollo de los grupos de trabajo implementados en los talleres. Los mismos se vincularon con tres aspectos: propuestas facilitadoras (sobre todo planteadas por funcionarios del sector público), mejora de instrumentos existentes y propuesta de nuevos instrumentos (en ambos casos generadas por expertos y actores del sector privado).⁵⁰

⁴⁹ El Anexo *Síntesis de los potenciales instrumentos por subsector y transversales*, disponible en la página electrónica de la Conuee (www.gob.mx/conuee), como en la Biblioteca Digital del Programa Energía Sustentable de GIZ (<https://bit.ly/2NV8mKd>), incluye propuestas de instrumentos específicos por cada uno de los subsectores, planteados por la consultoría de este proyecto, de acuerdo con el análisis realizado.

⁵⁰ Se observará que, en algunos casos, hay repeticiones o solapamientos en cuanto a las opiniones de los tres grupos de actores.

7.1.1. Propuestas facilitadoras

- Mayor vinculación institucional para la implementación de programas, incluyendo la revisión de marcos legales existentes. Se enfatizó en la necesidad de un mejor conocimiento mutuo de las acciones a nivel intergubernamental.
- Alineación con medidas de mitigación propuestas en el NDC para facilitar el financiamiento de proyectos de baja rentabilidad privada.
- Programas de apoyo: cambios de equipo, capacitación e investigación y desarrollo; complementado por incentivos y financiamiento.
- Certidumbre técnica, directorios de consultores certificados, equipos eficientes e información relacionada.
- Acuerdos sobre métodos de medición, reporte y verificación (MRV).
- Programas de difusión y capacitación para evidenciar y ejemplificar cómo generar beneficios económicos.
- Capacitación en varios niveles para que el personal de las empresas pueda diseñar, operar y evaluar acciones de ahorro de energía.
- Mesas de trabajo de alto nivel con los sectores involucrados.

7.1.2. Mejora de los instrumentos existentes

- **Incentivos económicos.** Reducir los costos de porteo y distribución para la cogeneración.
- **Regulación ambiental.** Analizar los límites del carbón negro, en particular para la industria azucarera.
- **Incentivos económicos o financiamiento.** Fortalecer y promover los SGEN a lo largo de las cadenas de suministro (PyMEs).
- **Incentivos económicos.** Agregar incentivos al programa de acuerdos voluntarios.
- **Incentivos económicos y financieros.** Fortalecimiento del PRONASGEN, PLAC y PROFEPA.
- **Incentivos.** Mayor espacio a la eficiencia energética en los programas de los emprendedores y PyMEs.
- **Información y difusión.** Difusión más sistemática y estratégica de los programas existentes.
- **Fondos destinados a incentivos.** Certeza y transparencia del destino de fondos recaudados mediante impuestos y/o tasas (carbon-tax, mercado de CO₂e).
- **Incentivos de diferente carácter.** Fortalecer el funcionamiento del programa de UPAC.
- **Capacitación, información y difusión:**
 - Control y medición de los beneficios que ofrece la eficiencia energética.
 - Identificar y difundir los beneficios reales de la eficiencia energética en el flujo de caja de los proyectos en la materia.

7.1.3. Propuestas de nuevos instrumentos u otro tipo de acciones

- **Información.** Incentivo para identificación de consumos energéticos y eficiencia energética. Desarrollo de auditorías energéticas como bien público o parcialmente financiadas.
- **Reducción de riesgos tecnológicos.**
 - Certeza o garantía técnica de los equipos con mayor potencial para la eficiencia energética de cada subsector (sellos).
 - Certificación a consultores y/o expertos, directorios de ESCOs y proveedores de tecnología.
- **Financiamiento.** Fondos de garantía para promover, impulsar y multiplicar el financiamiento a tasas accesibles.
- **Precios y tarifas acordes con la actividad productiva.** Reclasificar los cuadros tarifarios eléctricos de acuerdo con las actividades según SCIAN.
- **Incentivo para mejor acceso a mercados.** Generación del sello distintivo de MiPyME competitiva o eficiente.
- **Incentivos económicos.** Beneficios a los UPAC en sus obligaciones por la reducción porcentual de consumo de energía en su cadena de valor.
- **Incentivos económicos.** Beneficios a las PyMEs que muestren acciones de eficiencia energética sistemática.
- **Fortalecimiento de capacidades.** Deducción de impuestos por capacitación en materia de eficiencia energética.

7.2 Mecanismos asociados al financiamiento

Si bien, México ha implementado múltiples mecanismos de financiamiento orientados a la eficiencia energética y a las energías renovables; los resultados de estos han sido relativamente limitados y requerirían una revisión y redefinición. Lo anterior, para dar un papel más importante a dos actores que podrían aportar sustantivamente al financiamiento de acciones de eficiencia energética: la banca comercial y la banca de desarrollo.

- Aparentemente, no es la inexistencia de un mercado de capitales la barrera al financiamiento en México, sino la cultura del sector financiero, cultura que podría reorientarse a través de la creación de fondos de garantía revolventes que podrían reducir en varios puntos los costos del financiamiento y facilitar el acceso a tales recursos, apalancando aquellos proyectos que no resultan de interés del sector privado por su baja Tasa Interna de Retorno (TIR) o falta de competitividad con inversiones alternativas. Créditos “atados” que garanticen el destino de los recursos hacia equipamientos y prácticas innovadoras y eficientes, podrían derribar ambas barreras.
- Para la implementación de estas líneas de acción, se considera que la banca de desarrollo puede colaborar, y estaría ávida de hacerlo, si se definen programas y se

implementan mecanismos que le den un espacio. Existen múltiples oportunidades, de las cuales, a modo de ejemplo, se propondrán algunas:

- Por una parte, las grandes empresas pueden tener acceso directo a la Corporación Financiera Internacional (*International Finance Corporation, IFC*), si bien los montos de los créditos tienen un piso de \$10,000,000 USD, valor en línea con varios de los sectores estratégicos identificados a tasas que pueden ser inferiores a las del mercado de la banca comercial. Aunque el piso puede parecer elevado, existen múltiples ejemplos de este tipo de préstamos.⁵¹
- Existe un segundo mecanismo donde la banca de desarrollo, actuando como banca de segundo escalón, puede desarrollar acuerdos con la banca comercial para el otorgamiento de fondos en bloque que, luego el banco comercial puede destinar a préstamos a grupos de empresas que presenten solicitudes de financiamiento para eficiencia energética, entre otros destinos posibles. Esta alternativa tiene, en general, como destino las empresas medianas.
- Una tercera posibilidad se asocia a la generación de fondos de garantía para la implementación de paquetes

⁵¹ Un ejemplo reciente es el histórico financiamiento a la firma argentina de agronegocios Renova, fue reconocido como el “Acuerdo de Financiación de Recursos Naturales del Año”. Encabezado por la Corporación Financiera Internacional y Rabobank como los principales coordinadores y agentes de estructuración, el paquete de financiamiento de \$410 MUSD otorgado a Renova en mayo del 2017 constituye el préstamo de agronegocios más grande alguna vez entregado para Argentina. IFC- 14/2/2018.

tecnológicos, donde la asistencia de la banca de desarrollo podría ayudar a acceder al *Green Climate Fund* (GCF) u otro mecanismo, y reducir el riesgo crediticio impactando positivamente sobre una disminución de varios puntos en las tasas de interés.

- Otra de las áreas donde el papel de la banca puede ser relevante, es en la promoción y facilitación de los servicios de las ESCOs. En esta dirección, la banca de desarrollo puede jugar un papel esencial apoyando, mediante fondos de asistencia, a generar sistemas de validación de empresas certificadoras y árbitros técnicos que puedan estimar la eficiencia energética y los ahorros que conlleva. Esto reduciría la incertidumbre, sabiendo que hay una tercera parte que imparcialmente defina la razonabilidad del cálculo del ahorro. Asimismo, podrían colaborar en el desarrollo de instrumentos financieros que garanticen el desempeño, que permitan reducir los riesgos a instituciones financieras y usuarios de energía ante el incumplimiento del ahorro. La existencia de este tipo de instrumentos fomentaría el desarrollo de proyectos de eficiencia energética.
- Un fondo de garantía, negociado con la Banca de Desarrollo, actuando como banca de segundo escalón, podría potenciar el crédito al reducir los riesgos y, en consecuencia, bajar las tasas de interés.

Esta segunda línea estratégica general, daría lugar a instrumentos específicos, tales como los que se muestran en la **Figura 7.1**.

Figura 7.1: Instrumentos específicos vinculados al financiamiento



Fuente: Fundación Bariloche.

7.3 Información y desarrollo de capacidades

Si bien se han desarrollado un número importante de programas que ingresan en esta categoría, se estima que deberían ampliarse y profundizarse debido a que se han observado las siguientes situaciones a lo largo del desarrollo del proyecto:

- Falta de información sobre los programas que implementa el área gubernamental para promover la eficiencia energética en la industria.
- Falta de conocimiento sobre las oportunidades técnicas y de buenas prácticas para incrementar los ahorros de energía.
- Ausencia de sensibilidad sobre la importancia de la eficiencia energética.

- Limitaciones de capacidades técnicas, sobre todo en las medianas y pequeñas empresas.
- Desconocimiento sobre la importancia que revisten los costos energéticos en las diferentes etapas del proceso productivo.
- El desarrollo de capacidades relacionadas al ahorro de energía es limitado y carece de mecanismos que apoyen la profesionalización de los técnicos, así como la certificación basada en instituciones y bajo protocolos ampliamente reconocidos por los usuarios.

En un sentido similar, los estudios de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (presentados en uno de los talleres) revelan que en el caso de las PyMES sería necesario:

- Mayor capacitación y sensibilización, principalmente a través de difusión de información.
- Amplia difusión de los beneficios de la eficiencia energética.
- Fortalecimiento, desarrollo y construcción de capacidades.

7.4 Institucionalización de la Hoja de Ruta: información para su monitoreo y evaluación

Los principales desafíos que se vislumbran para la implementación de un sistema efectivo de monitoreo y evaluación (M&E) de los Instrumentos para facilitar medidas de Eficiencia Energética en el sector industrial de México son: a) la obtención de la información necesaria para la elaboración en forma rigurosa de los indicadores de M&E; y b) el fortalecimiento de las capacidades estatales para la evaluación de los resultados de la Hoja de Ruta.

La información estadística necesaria para elaborar los Indicadores Agregados ya es producida por la SENER y el INEGI. Debería analizarse, al momento de elaborar estos indicadores, la compatibilidad y consistencia de la información a relacionar y, eventualmente, sugerir ajustes a la forma de presentar la información por dichos organismos. Por otra parte, para elaborar los Indicadores de Desarrollo de Actividades de eficiencia energética y los Indicadores de Impacto, los datos necesarios deberán obtenerse *a posteriori* o en el momento de implementarse cada acción. Respecto a la evaluación de los impactos, podría simplificarse la información de la recopilada en los registros de los UPAC, especialmente en su formato 3. La ventaja de contar con esa información es que los beneficiarios ya estarán identificados. Asimismo, se debe emprender una coordinación institucional para desarrollar una ventanilla única de información del sector industrial que facilite la entrega de los industriales para todas las áreas del sector gobierno, particularmente del sector energía y medio ambiente, y que se cuente con una sola información en los procesos de evaluación, diseño y toma de decisiones de políticas públicas del gobierno.

Debe desarrollarse un sistema de información *ad hoc* para elaborar los indicadores de Desarrollo de Actividades y de Impacto, de este modo se asegurará la calidad, homogeneidad y disponibilidad en el momento oportuno de los indicadores para

el M&E. La IEA (2014) sugiere que debe ser el organismo de implementación de la Hoja de Ruta quien realice el seguimiento de las acciones y recopile los productos y resultados a medida que avanzan los programas y proyectos, constituyendo una fuente de información centralizada sobre los avances e impactos de la Hoja de Ruta. Por su parte, la LTE crea el Sistema de Información de Transición Energética (el SITE) en el marco del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, y la Conuee ha desarrollado un sistema de indicadores de eficiencia energética público (el BIEE) que incluye indicadores de eficiencia energética más desagregados en los subsectores industriales, el cual se basa en información directa del propio sector. La información para el M&E de la Hoja de Ruta bien podría constituir un módulo dentro de dicho sistema. Un desafío específico en este campo es que el sistema de información para el M&E logre registrar la totalidad, o un porcentaje muy alto, de los eventos que surgen de la Hoja de Ruta. El equipo para el desarrollo y mantenimiento del sistema de información no debería ser muy numeroso, contar al menos con un especialista en energía y un programador, ambos de tiempo parcial, y dos o tres asistentes.

La literatura sobre evaluación de políticas públicas enfatiza algunas condiciones para una adecuada institucionalización de la evaluación (Martínez Nogueira, E.; 2017):

- Compromiso político.
- Demanda y uso de los resultados de la evaluación.
- Definición precisa de sus objetivos y modalidades de realización.
- Garantías sobre la independencia de criterio de los evaluadores.
- Soporte en información adecuada y confiable.
- Existencia de una cultura de la evaluación que legitime los esfuerzos y asegure la calidad de los procesos, disponibilidad de metodologías adecuadas y recursos humanos capacitados en el tema.

El conjunto de estos factores determina la capacidad para la evaluación. La exigencia de estas condiciones hace que los procesos de institucionalización de la evaluación sean progresivos, de aprendizaje y de perfeccionamiento constante de metodologías y técnicas. Es importante recordar que se trata de un proceso dinámico, el cual debe ser evaluado y corregido en caso de que el desempeño de las acciones seleccionadas no sea óptimo para el alcance de las metas establecidas. En este sentido, el desarrollo de indicadores de M&E será fundamental para poder evaluar el grado de éxito de las acciones implementadas.⁵² Esta evaluación deberá ser periódica, de tal forma que no es necesario esperar el plazo final de alcance del objetivo para realizar dicha evaluación, sino que lo ideal es realizarlo con antelación. El proceso metodológico supone cumplir una serie de pasos que implican la existencia de un diagnóstico inicial y un conjunto de metas a alcanzar, siguiendo un proceso consultivo y participativo; tal como el desarrollado en el transcurso de este proyecto.

Finalmente, pero no menos importante, la información de base es esencial para identificar intervenciones efectivas. **Si se espera lograr un sendero de intensidad energética descendente se requeriría, entre otros aspectos, auditar los consumos y determinar los mismos por usos y fuentes dentro de cada proceso productivo, particularmente en el caso de las industrias energéticamente-intensivas.**

⁵² Revisar el anexo sobre indicadores para el monitoreo y evaluación de resultados, disponible en la página electrónica de la Conuee (www.gob.mx/conuee), como en la Biblioteca Digital del Programa Energía Sustentable de GIZ (<https://bit.ly/2NV8mKd>).



A nighttime photograph of an urban industrial area. In the background, a large, illuminated metal structure, possibly a water tower or part of a factory, stands against a dark sky. In the foreground, a curved pedestrian walkway with a metal railing is visible, illuminated by warm streetlights. The overall scene is a mix of industrial and urban architecture.

8

Conclusiones y acciones
recomendadas

A lo largo de este documento se han resumido los principales resultados de las actividades desarrolladas en el marco de este trabajo para el diseño de una *Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México*. Tal como se ha mencionado al inicio del documento, este estudio no ha sido desarrollado en forma aislada, sino que cuenta como antecedentes directos la primera fase de la consultoría, así como con el análisis de la legislación existente en México para la promoción de la eficiencia energética y la *Hoja de Ruta en materia de Eficiencia Energética* publicada por la Conuee en 2017. El objetivo ha sido proveer insumos básicos para el fortalecimiento e implementación de la misma.

El proyecto contó con un proceso participativo y de modelación enfocados a la elaboración de políticas públicas de eficiencia energética, basado en las mejores prácticas internacionales, lo que dio como resultados un análisis detallado de la actual situación de las ramas industriales priorizadas, su comparación, en cuanto a desempeño respecto a otros países y el consenso con representantes de los subsectores industriales, la cual implicó la **identificación de 50 medidas de eficiencia energética** en los distintos sectores analizados, además de la identificación de líneas estratégicas para la implementación de instrumentos de promoción.

En cuanto al modelado de las medidas y sus impactos, el máximo valor en torno al ahorro energético con respecto al BAU en el año 2030 de las 50 medidas identificadas se ubicaría en el 9.9% de la demanda industrial, lo que resultaría en una reducción de la intensidad energética del 8% respecto del escenario base en el año 2030. Las emisiones directas de GEI evitadas al 2030 para el total de la industria con respecto al BAU, ascienden a 9.7 millones de tCO₂e, lo que equivale a una reducción del 9% respecto de las emisiones del sector industrial. Las emisiones totales del sistema energético evitadas se ubican en 24.1 millones de tCO₂e, representando un 4.2% de las emisiones totales del BAU en dicho año.

Sin embargo, del total de medidas analizadas, si se consideran aquellas cuyos beneficios superan a los costos, ambos descontados al 10%, las medidas que **serían viables desde la perspectiva de la sociedad en su conjunto y con las hipótesis de costos y técnicas adoptadas son 37**. En este sentido, **el ahorro energético al 2030 proveniente de estas 37 medidas viables desde la perspectiva social será del 8.2% del consumo del 2030 en el BAU, y en cuanto a las emisiones de GEI, estas se reducirían un 8.5% con respecto al total de industria al 2030 del BAU**.

8.1 Resumen de evidencias resultantes del análisis

Como resumen, se anotan los siguientes puntos como elementos a considerar en las propuestas de instrumentos para futuras acciones de fomento de la eficiencia energética para el sector industrial privado.

→ Un potencial de ahorro y uso eficiente no aprovechado.

- Existe un potencial, no aprovechado aún, de eficiencia energética en todas las ramas industriales de los denominados sectores estratégicos incluidos en el proyecto (hierro y acero, cemento, pulpa y papel, vidrio, química y azúcar), mediante medidas de diferente carácter.
- Una situación similar se verifica en el sector PyMEs, que puede llegar a representar un porcentaje muy elevado (hasta un 50%) del potencial total identificado. En este caso, la principal dificultad para intervenir es su atomización; así como la poca accesibilidad técnica y financiera para efectuar el pago de consultores y la inversión de las mejoras.

→ Tomar en cuenta preocupaciones del sector industrial.

- La mayor preocupación del sector productivo privado se vincula con los compromisos ambientales globales (cambio climático), y no asocian tal dimensión ambiental con la eficiencia energética, concentrándose únicamente en la sustitución de combustibles.
- Las políticas relacionadas con el aprovechamiento del potencial de eficiencia energética muestran cierto grado de ausencia y transparencia de los beneficios, como elemento impulsor de una mayor y mejor competitividad y productividad.
- Los actores del sector privado manifiestan falta de coordinación al interior del sector público, y el propio sector público reconoce tal situación.
- Existe una preocupación significativa en la industria respecto a los resultados de las reformas estructurales en el sector energético y sus efectos resultantes sobre el mercado.

- El subsector de industria PyMEs requiere de atención diferenciada y mejorar su conocimiento y confianza para mejorar su nivel de participación en varios de los programas descritos.
- Sobre las capacidades institucionales.
- En México existe un buen número de programas relacionados con el aprovechamiento del uso de la energía dirigido a la industria, en particular a la manufacturera.
 - Estos programas, desarrollados por entidades del sector público, son de alcance nacional; sin embargo, su impacto y difusión se concentran en la Zona Metropolitana del Valle de México.
- Otras barreras generales identificadas.
- Existe una brecha de información sobre la realidad de los consumos por fuentes, usos y procesos productivos, que dificulta la orientación clara de las acciones de intervención para lograr la mayor efectividad de estas.
 - Se visualiza cierto desaprovechamiento de las oportunidades que ofrecen los mercados de capitales domésticos e internacionales y el potencial papel facilitador e impulsor de la Banca de Desarrollo.
 - La mezcla entre energías renovables y eficiencia energética ha derivado en que una gran cantidad de los recursos y proyectos tienen que ver con las primeras, lo que no necesariamente significa mejorar la eficiencia energética en la industria.
- Existe la necesidad de fortalecer instrumentos de fomento de la eficiencia energética.
- Mientras en México existen incentivos fiscales para las energías renovables, éstos no existen para la eficiencia energética, aún y cuando son una política pública común en países con políticas exitosas de eficiencia energética.
 - México cuenta con una gama amplia de instrumentos, pero se sugiere que se desarrolle un análisis y evaluación pormenorizada de los mismos; concentrar los esfuerzos en menos acciones; lograr resultados conducentes y mejorar el costo-efectividad de las políticas. Se trata de una tarea compleja, pero se estima que tendría un alto rédito para Conuee y las políticas bajo su órbita.
 - Los instrumentos de políticas públicas sobre eficiencia energética existentes tienen en general una orientación adecuada y deben reforzarse con mayor profundidad. Una limitación importante es que no existen instrumentos de cumplimiento obligatorio, salvo por el caso de productos fabricados bajo norma o del impuesto a los combustibles fósiles, que estén relacionados con la eficiencia energética o el cambio climático.
 - Evaluaciones externas hechas sobre la política pública y los programas de eficiencia energética en México anotan la necesidad de ampliar el alcance y fortalecer lo implementado en el sector industrial.



- Hay que ampliar el financiamiento.
 - Algunos programas de financiamiento, debido a sus reglas de operación, tienen un alcance limitado y aunque nominalmente promueven la innovación, no se aprecia una relación directa entre dicho objetivo y los proyectos o actividades financiados a la fecha.
 - No se ha logrado el posicionamiento en el mercado de las ESCOs, tanto por desconfianza de los actores sujeto de sus acciones, como por la ausencia de políticas públicas para promover tales empresas, por ejemplo, a través de garantías técnicas y financieras.
- La importancia de la capacitación y la información.
 - Es necesaria la profesionalización y certificación de quienes prestan servicios como gestores o asesores técnicos de los diferentes instrumentos existentes.
 - La capacitación es uno de los pilares para una política de eficiencia energética sostenible en el sector industrial, la vertiente de sensibilización todavía se percibe como una prioridad, lo que habla de una penetración baja de los esfuerzos, programas e instrumentos realizados a la fecha.
 - Se requieren nuevas herramientas, comunicación y difusión para lograr mayores resultados.

8.2 Las recomendaciones

En este marco general se recomiendan prioritariamente las siguientes acciones en tres líneas generales: incentivos y financiamiento, capacitación e información, y fortalecimiento institucional.

- **Diseño e implementación de incentivos económicos** (especialmente impositivos) **hacia sectores dispuestos a firmar acuerdos de reducción de intensidad energética** (compromiso obligatorio) .
 - Incentivos similares hacia actores que demuestren la implementación de acciones que redundan en una disminución de la intensidad energética en forma inmediata o mediata (capacitación, implementación de SGen, auditorías energéticas, compras de equipos eficientes). En el segundo caso, se podría proponer que todos los egresos generados por las acciones mencionadas, por ejemplo, sean deducibles de impuesto sobre la renta.
 - **Concentrarse, en lo inmediato, en acciones directas orientadas a las ramas estratégicas y energéticamente-intensivas**, mediante una ampliación y profundización del alcance de los UPAC, flexibilizando las condiciones en cuanto a niveles de consumo de energía y ofreciendo beneficios económicos a quienes se obliguen a reducir sus intensidades energéticas.
 - **Ampliar el alcance del FOTEASE en financiamiento**, evaluar la posibilidad de que, en este marco, se generen fondos de garantía para mejorar las certidumbres técnicas, facilitar la acción y mercado de las empresas ESCOs, financie, a fondo perdido, los análisis de factibilidad, financie acreditaciones técnicas (ESCO o empresas de auditorías), etc.
 - **Creación de un fondo**, cuya fuente podría ser un porcentaje de las exportaciones de crudo, el impuesto verde u otras fuentes a identificar y

su destino la promoción de todo tipo de acciones que conlleven a una mejora en la eficiencia energética en forma inmediata o mediata.

→ **Más capacitación e información.**

- Diseñar e implementar un **programa de sensibilización y capacitación** especialmente orientado a las PyMEs.
- En cuanto a las grandes industrias, es necesario **incrementar las capacidades** de seguimiento y evaluación de medidas de eficiencia energética con la implementación y **certificación** de las figuras de Gerentes de Energía y Auditores Energéticos.
- Capacitación en varios niveles para que el personal de las empresas pueda diseñar, operar y evaluar acciones de ahorro de energía.
- Desarrollar nuevas herramientas y ampliar comunicación y difusión para lograr mayores resultados.
- Integrar directorios de consultores certificados, equipos eficientes e información relacionada.
- Fortalecimiento de capacidades para métodos de medición, reporte y verificación (MRV).

→ **Es necesario el fortalecimiento institucional.**

- Alineación con medidas de mitigación propuestas en el NDC para facilitar el financiamiento de proyectos de baja rentabilidad privada.
- Mejorar y fortalecer la coordinación al interior del sector público, particularmente en los ámbitos energético y ambiental.
- Mayor vinculación institucional para la implementación de programas, incluyendo la revisión de marcos legales existentes.
- Fortalecer las capacidades de Conuee para atender programas orientados al sector industrial y a las PyMEs.
- Implementar certificados de energía limpia y promover los mercados de carbono como mecanismos facilitadores de las acciones de eficiencia energética.



Documentos adicionales
y anexos

El presente documento se desarrolló en el marco del proyecto *Propuesta de Instrumentos para Facilitar Medidas de Eficiencia Energética en el Sector Industrial de México*, el cual se llevó a cabo por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía con apoyo financiero de la Iniciativa Energética de la Unión Europea (EUEI PDF, por sus siglas en inglés), el apoyo logístico y de coordinación del Programa Energía Sustentable (PES) de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) en México y con el apoyo técnico de la Fundación Bariloche de Argentina.

Durante el proceso de elaboración de la Propuesta, se contó con la participación de representantes de Cámaras y Asociaciones del país, de diversas entidades del sector público, así como de organizaciones e instituciones académicas y de investigación.

Por lo anterior, además del Informe final, se desarrolló también una Guía sobre mejores prácticas para procesos participativos y un Diagnóstico de la perspectiva de género en este tema; ambos documentos están disponibles de manera electrónica en conjunto con los Anexos del Informe y podrá acceder a ellos mediante el código QR mostrado abajo.



Anexos en portal electrónico de la
Conuee
Link: <https://bit.ly/2PKpb7S>



Anexos en biblioteca digital del
Programa Energía Sustentable (GIZ)
Link: <https://bit.ly/2NV8mKd>





9

Bibliografía

- ABIQUIM, 2016, *O desempenho da indústria química brasileira em 2016*.
- Aguilar Galván, Alfredo; García Vidal, Gabriela; Aduana, Gabriela Morena; Adame González, Alejandro, García Neri, Roger), Secretaría de Energía y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); GIZ GmbH (Cooperación Alemana al Desarrollo), 2012, *Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME*.
- Aguilar Rivera, Noé; Galindo Mendoza, Guadalupe; Fortanelli Martínez, Javier; Contreras Servín, Carlos, 2011, *Factores de competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar en México*, en *El Colegio de Sonora, Región y Sociedad*, Año XXIII, No 52.
- Aguilar, Yvette, *América Latina: El papel de la ciencia, tecnología e innovación en la transformación de la matriz productiva*, Insumo-borrador para el Proyecto Regional Transformación Social-Ecológica en América Latina, Taller de Expertos.
- Altos Hornos de México S.A.B. de C.V. (AHMSA), 2014, *Reporte anual*.
- Altos Hornos de México S.A.B. de C.V. (AHMSA), 2016, *Informe anual 2016*.
- Altos Hornos de México S.A.B. de C.V. (AHMSA), Folleto *Proceso de fabricación del acero*.
- ArcelorMittal México, 2014, *Reporte de sustentabilidad 2014*.
- Asea Brown Boveri (ABB). 2016. *Planta papelera ahorra el 7% de su consumo energético Soluciones Eficiencia Energética en procesos industriales*.
- Asia Pacific Partnership for Clean Development and Climate, 2010, *The State-of-the-Art Clean Technologies (SOACT) for Steelmaking Handbook (2nd Edition)*.
- Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), 2017, *Anuario estadístico de la industria química mexicana*.
- Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. (ANIQ), 2016, *Anuario estadístico 2016*.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID), *División de Género y Diversidad, Sector Social, 2014, Género y energías renovables. Energía eólica, solar, geotérmica e hidroeléctrica*.
- Banco Interamericano de Desarrollo, 2015, *Sustainable Energy for All, SE4All rapid assessment gap analysis, México 2015, Evaluación rápida y análisis de brechas*.
- Banco Nacional de Desarrollo Económico e Social (BNDES), 2016, *Panorama setoriais. Mudanças climáticas*.
- Batres Lehnhoff, Pedro, Universidad Pontificia Comillas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI), Instituto de postgrado y Formación Continua, Master en el Sector Eléctrico, *Tesis de master: Beneficios Económicos de Instalar una Planta Co-Generadora de Energía en Guatemala*.
- Bidegain, Ponte Nicole, 2017, *La agenda 2030 y la agenda regional de género, Comisión Económica para América Latina y El Caribe, Naciones Unidas, Santiago, 75 pp.*
- Blasco, J. y Casado, D, 2009, *Guía práctica N° 5 - Evaluación de impacto*, Ivàlua.
- Blatt, Ulla, 2017, *Note on visits to Cruz Azul and AHMSA*.
- BNDES / CGEE, 2008, *Bioetanol de Caña de Azúcar – Energía para el Desarrollo*, Río de Janeiro, Brasil.
- Bonnin, Jorge, 2016, *¿Cómo afecta la fiscalidad de la energía a la competitividad económica de empresas y territorios a nivel internacional?*
- BSR, 2016, *The Paris agreement what it means for business*.
- Caldeira Brant, Leonardo Nemer, Centro de Direito Internacional; Konrad Adenauer Stiftung, EKLA Programa Regional Seguridad Energética y Cambio Climático en América Latina, 2016, *Desarrollo sostenible y matriz energética en América Latina. La universalización del acceso a la energía limpia*.
- Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión, 2017, *Ley para impulsar el incremento sostenido de la productividad y la competitividad de la economía nacional*.
- Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis, 2012, México, *Ley general de cambio climático*.
- Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis, 2012, México, “*Ley general de cambio climático*”, TEXTO VIGENTE, Última reforma publicada DOF 02-04-2015.
- Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión; Secretaría General; Secretaría de Servicios Parlamentarios, 2017, *Ley para impulsar el incremento sostenido de la productividad y la competitividad de la economía nacional*, Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 2015, Texto vigente, Última reforma publicada DOF 17-05-2017.
- Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión; Secretaría General; Secretaría de Servicios Parlamentario. 2015. “*Ley de transición energética. Texto vigente*”, Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 2015.
- Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias (CANAINCA), *La Industria de Conservas Alimenticias 2016-2017*.
- Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero (CANACE-RO), 2016, *Panel: Competitividad y Cambio Climático*.
- Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero (CANACE-RO), 2016, *Perspectiva de la Industria Siderúrgica*.
- Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero (CANACE-RO), 2017, *Infografía de la Industria del Acero en México*.
- Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero (CANACE-RO), 2016, México. *Panorama Siderúrgico 2016*.
- Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero (CANACE-RO), *Radiografía de la industria del acero en México 2017*.
- Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (CNIAA), *Taller sobre el desarrollo de proyectos eléctricos con base a biomasa (bagazo de caña) en México*.
- Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (CNIAA), *Desarrollo Agroindustrial de la Caña de Azúcar, Zafra 2005-2006 / 2016-2016. Vigésima cuarta edición*.
- Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera, *Resumen de producción de la agroindustria azucarera mexicana, Zafra 1959/1960 -2015/2016*.

- Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel, 2012, *Plan de manejo para los residuos de papel y cartón en México*.
- Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y el Papel, 2011, *Programa de Desarrollo Sustentable de la Industria 2011-2016*, México.
- Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y el Papel, 2017, *Informe Anual 2016*, México.
- Campos-Ortiz, Francisco; Oviedo-Pacheco, Mariana, Banco de México, 2013, *Estudio sobre la competitividad de la industria azucarera en México*, Documentos de Investigación No 2013-16.
- CANACERO, 2017, *Radiografía de la industria del acero en México 2017*,
- Castro Ramírez, Eleuterio, 2011, *Estudio de los valores óptimos de presión y temperatura en plantas de generación en fábricas de azúcar*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico). Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería.
- CEPAL (2010). *Indicadores de Políticas Públicas en Materia de Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe*, Luiz Augusto Horta Nogueira coordinador.
- CEPAL (2016), *Monitoreando la eficiencia energética en América Latina*, Programa Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE).
- CEPAL, 2017, *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2017*.
- Chacon, Daniel, Latin America Regional Climate Initiative (LARC-I), *La Ley de transición energética y el impulso a las renovables*.
- CNIAA, 2017, *Manual Azucarero Mexicano 2017*, Compañía Editora del Manual Azucarero Mexicano, México.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), 2014, *Versión de difusión del Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), 2016, *Grupo de Trabajo de Eficiencia Energética, Subgrupo: Industria, Políticas Públicas*.
- Comité Nacional de Productividad (CNP), 2016, *Foro Internacional Experiencia del Comité Nacional de Productividad para fomentar la productividad de las PyMEs*.
- Comité Nacional de Productividad (CNP), 2016, *Foro Internacional, Experiencia del Comité Nacional de Productividad para fomentar la productividad de las PyMEs*.
- Comité Nacional de Productividad, *Programa Anual de Actividades 2014*
- Comité Nacional de Productividad, *Propuesta de recomendaciones y matrices de compromisos del Comité Nacional de Productividad*.
- Comité Nacional de Productividad, *Recomendaciones que incluyen matrices de compromisos e indicadores de desempeño para el sector autopartes*.
- CONACYT, 2009, *Alianza estratégica consorcio tecnológico para la industria automotriz*.
- CONACYT, *Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018. Programa Especial*.
- Consejo Empresarial Mundial para un Desarrollo Sostenible (WBCSD), 2005, *Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento (ISC) para la selección y uso de materias primas y combustibles en el proceso de producción del cemento*.
- Consejo Empresarial Mundial para un Desarrollo Sostenible (WBCSD)-International Energy Agency (IEA), *Guía para la tecnología cementera 2009. Reducciones de emisiones de carbono hasta el 2050*.
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), *Programa nacional de ciencia, tecnología e innovación en tecnologías de la información y comunicación - 2016-2021*.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), 2017, *Primer reporte de evaluación sobre los acuerdos voluntarios*.
- Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable en México, *Análisis de género en el marco de la Alianza Público-Privada entre Grupo Salinas y la Cooperación Alemana al Desarrollo*, 224 pp.
- Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ), SENER, Conuee, CRE, 2013, *Propuesta de creación de CO-GENERA México*.
- Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ), 2017, *Situación actual y visión del mercado de calentamiento solar en México*, XLI Semana Nacional de Energía Solar -ANES, Zapopan, Jalisco, 04 Octubre 2017.
- Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ), Programa Energía Solar a Gran Escala en México, DKTI Solar2017, *Situación actual y visión del mercado de calentamiento solar en México*.
- Creara International. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2013, *Estudio de medidas y acciones para la mitigación de gases de efecto invernadero en la industria de la construcción y sus subsectores en México. Diagnóstico y propuestas de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero en el sector de la construcción en México, incluyendo el cemento y el acero*.
- D'Angelo, Juan; Paz, Dora y Cárdenas, Gerónimo J., 2006, *Posibilidades del secado de bagazo en la industria azucarera de México*, en *Ingeniería Mecánica. Posibilidades del secado de bagazo en la industria azucarera de México*, Tecnología y Desarrollo, Vol. 2 No 2 (2006), pp. 41 - 46.
- DETENAL, 2008, *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*, Pp. 362-374.
- Diario Oficial de la Federación (DOF), 2014, *Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones*.
- Diario Oficial de la Federación, 2016, *Resolución No RES/1838/2016. Resolución de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las disposiciones administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia y establecen la metodología de cálculo para determinar el porcentaje de energía libre de combustibles en fuentes de energía y procesos de generación de energía eléctrica*.

- Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología; Dirección de Industria Metalmeccánica, 2011, *Monografía del sector siderúrgico de México*.
- Diringer, Tim; Andrade Ferraz, Amelia; Nielsen, Bjarne Christian, 2014, *Mejoras en la eficiencia de las centrifugas mediante control automático de rociado de agua, basado en la medición de color en línea*.
- DoE, *Manufacturing Energy and Carbon Footprint, Sector Forest Products*.
- Domínguez Ríos, María del Carmen; Hernández Contreras, Rufina Georgina; Medina Hernández, Rosa María, 2017, "Innovación y sustentabilidad de la industria del papel en México", en *Revista Global de Negocios*, Vol. 5, N.0 5, pp. 87-97.
- dos Santos Pereira, Felipe; Tristão Savignon, Livia; Melo, Luciane. 2016, *Panoramas setoriais. Mudanças climáticas: Química*.
- dos Santos, A. 2011, *Possibilidades e impactos da ampliação da siderurgia a carvão vegetal oriundo de florestas plantadas no Brasil*.
- EC, 2001, *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry*.
- Energy Alert, 2015, *Ley de transición energética*. Edición de diciembre.
- EPA, 2012, *Available and emerging technologies for reducing greenhouse gas emissions from the iron and steel industry*.
- EPE, 2009. Serie Estudios de Energía, *Nota técnica DEA 02/09 Caracterização do uso da Energia no Setor Siderúrgico brasileiro*.
- FARIAS, LUIS, Presidente Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES), World Wild Foundation. *8%+sector privado y crecimiento bajo en carbono en México*.
- Fawkes, Steven; Ung, Kit; Thorpe, David, UNEP-SE4ALL. 2016, *Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement – An Introduction for Policy Makers*.
- FEINSTEIN, O, 2006, Evaluación pragmática de políticas públicas.
- Fernández Bremauntz, Adrián, Latin America Regional Climate Initiative (LARC), *La ley de transición energética y su importancia para el cambio climático*.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2013, *Impulso a la productividad para la competitividad. Ciclo de Conferencias, Foros y Talleres 2013*.
- Fundación Bariloche, 2016, *Monitoreo y evaluación de la política de eficiencia energética en Colombia, Informe final, Resumen ejecutivo*.
- GERDAU S.A. 2013, *Informe de la Administración*.
- GIZ GmbH (ed.), 2015, *Gestión de la cooperación en la práctica*.
- Gobierno de la República de México, 2013, *Estrategia Nacional de Cambio Climático*.
- Gobierno de la República de México, 2015, *Intended nationally determined contribution*, México.
- Gobierno de la República de México, 2016, *Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios*.
- Gobierno de la República de México, *Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el período 2020-2030*.
- Gobierno de la República de México, 2017, *Ley para impulsar el incremento sostenido de la productividad y la competitividad de la economía nacional*.
- GRUPO SIMEC, 2015, *Informe anual*.
- IEA, 2015, *Indicadores de eficiencia energética: Bases esenciales para el establecimiento de políticas*.
- IEA, 2017, *Market Report Series, Energy efficiency 2017*.
- IEA, 2014, *Energy technology roadmaps a guide to development and implementation*.
- IEA, 2014a, *Energy Technology Roadmaps a guide to development and implementation*. Disponible en: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapAguidetodevelopmentandimplementation.pdf>
- IEA, 2014b, *Introducción: Hojas de ruta de tecnologías energéticas*. Disponible en: https://www.iea.org/media/training/presentations/latinamerica2014/3B_4B_Roadmaps_Introduccion_Spanish.pdf
- IEA. *Joint public-private approaches for energy efficiency finance. Policies to scale-up private sector investment*.
- IGME, 1987, *Complejo integral para el aprovechamiento de mineral de hierro suroeste. Estudio de viabilidad*.
- India Brand Equity Foundation, 2008, *Glass and ceramics market and opportunities*.
- Institute for Industrial Productivity (IETD), 2017, *Pulp and paper benchmarks - Industrial efficiency technology database*. Disponible en: <http://ietd.iipnetwork.org/content/pulp-and-paper#benchmarks>
- Instituto Aço Brazil, 2017, *Estatística preliminar*. No 031, set. 2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2013, *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte*, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2013 *Estadísticas a propósito de la Industria del cemento*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2014, *Glosario de los Censos Económicos 2014-2015*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2015, *Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Empresas ENAPROCE 2015. Empresas Manufactureras*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2016, *Perfil de la industria del hierro y del acero en México*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2017, *Resultados de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, Cifras durante el primer trimestre de 2017*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2016*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), 2016, *Estadísticas a propósito de... la Industria automotriz*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Censos Económicos 2014. *Micro, pequeña, mediana y gran empresa. Estratificación de los establecimientos*.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), *Estadísticas sobre sociedad y ocupación*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/estadistica/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), *La industria siderúrgica en México* 2001. Pp. 31-37.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010, *La industria siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2012, *La industria siderúrgica en México, Series estadísticas sectoriales*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2013, *La industria siderúrgica en México, Series estadísticas sectoriales*.
- Instituto Nacional de las Mujeres, 2007, *Glosario de género, México*, 192 pp.
- Instituto Nacional de las Mujeres, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2007 *ABC de género*, 2da ed., México, 36 pp.
- Instituto Renovetec de Ingeniería del Mantenimiento (IRIM), 2016, Especial Eficiencia Energética. *Auditoría energética y las normas que se le aplican. RD56/2016 En auditorías energéticas en España*, No 3, editada para socios IRIM.
- ISO 50006, 2014, *Sistemas de Gestión de la Energía – Medición del desempeño energético usando líneas de base energética (LBE) e Indicadores de Desempeño Energético (IDE). Principios generales y lineamientos*.
- IUCN, Global Gender Office, 2017, *Energizing equality: The importance of integrating gender equality principles in national energy policies and frameworks*.
- JACKSON BERZUNZA, KAREN Ing. *El impacto de las reformas estructurales en la eficiencia energética y el ahorro de energía*. En: La ciencia del cambio climático en México. 4to. Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático, 20 al 24 de Octubre de 2014.
- Jacott, Marisa; Reed, Cyrus; Taylor, Amy; Winfield, Mark, *El uso de la energía en la industria cementera de América del Norte: emisiones, generación de residuos y control de la contaminación, 1990-2001*.
- Kallakuri, Chetana; Vaidyanathan, Shruti; Meegan Kelly, Cluett, Rachel, 2016, American Council for an Energy-Efficient Economy, *The 2016 International Energy Efficiency Scorecard*.
- Karali, N., Xu, T., Sathaye, J., 2013, *Greenhouse Gas Mitigation Options in ISEEM Global Energy Model: 2010-2050 Scenario Analysis for Least Cost Carbon Reduction in Iron and Steel Sector*, LBNL-6550E.
- Klaas Jan Kramer, Eric Masanet, Tengfang Xu and Ernst Worrell. *Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the pulp and paper industry. An energy Star Guide for energy and plant managers*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. October 2009.
- Landim de Carvalho, Pedro Sérgio; Dias Mesquita, Pedro Paulo; G. de Araújo, Elizio Damião. *Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade*, en: *BNDES Setorial* 41, pp. 181-236.
- Lorea, Alejandra, 2014, *Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios en el tema de ahorro de energía en industria. Documento base*.
- Lott, Melissa y Heffner, Grayson. International Energy Agency (IEA), 2013, *Energy Efficiency: Energy Training Week 2013, Course 3: Energy Efficiency Policy and Measures Financing energy efficiency*.
- Marroquín Arreola, Juan; Neme Castillo, Omar; Valderrama Santibáñez, Ana Lilia, 2014, “Producción manufacturera, consumo de energía y empleo en México: Un análisis por clases manufactureras”, en *Cuadernos de Economía*, N° 34 (65), julio-diciembre de 2015.
- Martin, N., N. Anglani, D. Einstein, M. Khrushch, E. Worrell, and L.K. Price, 2000, *Opportunities to improve energy efficiency and reduce greenhouse gas emissions in the U.S. Pulp and paper industry*. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California. Report LBNL-46141.
- Martínez Nogueira, E, 2017, FLACSO Argentina, *La evaluación de políticas pública*.
- McKinsey Company, McKinsey Global Institute, 2014, *A tale of two Mexicos: Growth and prosperity in a two-speed economy. Full report*.
- Mendoza Barrón, Lissette; Prem, Richard; Wendt, Susanne, Cooperación Alemana, 2017, *Proyecto piloto, Introducción a la eficiencia energética y sistemas de gestión de la energía en PyMEs de México*.
- MGM Innova, 2012, *Estudio del impacto de medidas y políticas de eficiencia energética en los sectores de consumo, sobre el balance de energía y sobre los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero en el corto y mediano plazo*.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), *Documentos BREF (Documentos de Referencia Europeos sobre las Mejores Técnicas*. Disponibles en sectores industriales en relación a temas energéticos y ambientales): <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/medio-ambiente-industrial/prevenccion-y-control-integrados-de-la-contaminacion-ippc/mejores-tecnicas-disponibles-mtd/BAT.aspx> . Para la industria del vidrio, se utilizó el siguiente documento BREF: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/medio-ambiente-industrial/glsbatconclusions_tcm30-191334.pdf
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, ONUDI, 2015, *Eficiencia energética industrial en Ecuador. Instrumentos de política para promover la adopción de Sistemas de Gestión de la Energía en la empresa. Informe Final*.
- MORAL ARCE, I, 2014, *Elección del método de evaluación de una política pública*, EUROsociAL.
- Morrow, W., Hasanbeigi, A., Sathaye, J., Xu, T, 2014, *Assessment of energy efficiency improvement and CO2 emission reduction potentials in India's cement and iron & steel industries*, *Journal of Cleaner Production*.
- Muñoz, Mario, 2012, *Cogeneración en la industria azucarera*.
- NALCO, 2014, *Reducción de costos, agua y energía con el uso de la tecnología 3D TRASAR para calderas, en calderas azucareras*.

- Noriega Giral, Luis E; Corporación Rehovot, Secretaría de Energía (SENER); Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee); Comisión Reguladora de la Energía (CRE); GIZ. 2009, *Estudio sobre cogeneración en el sector industrial en México*.
- NSG Group, 2011, *NSG and the flat glass industry*.
- OCDE, 2015, *Estudios económicos de la OCDE, Visión general*.
- OCDE, 2015, México, *Políticas prioritarias para fomentar las habilidades y conocimientos de los mexicanos para la productividad y la innovación*.
- OCDE, 2017, *Estudio de la OCDE sobre integridad en México 2017, Aspectos claves, Adoptando una política firme contra la corrupción*.
- Octaviano Villasana, Claudia, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), *Los NDC de México y su marco de transparencia, Diálogo Regional de Contribuciones Nacionalmente Determinadas para América Latina y el Caribe*.
- OLADE, *Manual de Planificación Energética*, 2017.
- OLADE, CEPAL, GIZ, 2003, *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe: guía para la formulación de políticas energéticas*.
- OPEC Fund, *OFID Quarterly*, 2018, Enero.
- OptimaGrid, *Buenas prácticas para el ahorro de energía en la empresa*.
- OPTIMAN, 2015, *Gestión integrada de los procesos y máquinas para la mejora del mantenimiento y flexibilización de la producción*.
- Ortiz Mantilla, María Isabel, *La transición energética en México en el contexto de la administración Trump*.
- Ortiz, Alejandro, Díaz de los Ríos, Manuel, 2010, Generalización del potencial de generación eléctrica en la agroindustria azucarera. Revista: *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. 44, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 32-38.
- PNUD, ANIQ, 2017, *Elementos hacia una estrategia de desarrollo bajo en emisiones para la industria química en México*.
- PNUD, *Calentamiento solar de agua. Iniciativa para la transformación y el fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua*.
- Polupan, G; Martínez Lalloth, H.; Abugaber Francis, J; 2007, *Control de temperatura de vapor sobrecalentado de un generador de vapor quemando combustóleo y bagazo*. Presentado en el 8º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica - Instituto Politécnico Nacional (IPN). Cuzco, 23 al 25 de Octubre de 2007.
- Rabinovich, Joel, 2013, *Formadores de precios e insumos difundidos. Significación y consecuencias de la concentración y extranjerización económica. Casos sectoriales: Acero, Aluminio y Cemento*. Centro de Investigación y Gestión de la Economía Solidaria (CIGES).
- Reinoso, C, 2017, *¿Cómo afecta la fiscalidad de la energía a la competitividad de las empresas?*
- Richard, Nadèg, TECENER, *Eficiencia energética en el sector industrial en México*.
- Riegelhaupt, Enrique; Gutiérrez Llerena, Juan Pablo; García Bustamante, Carlos, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático – BID, 2012, *Acciones apropiadas para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y uso eficiente del agua en la agroindustria azucarera de México*.
- Rivera Cabrera, S, *Industry energy efficiency, Prospective and potential in the industry from the private sector*.
- Rojas Merced, J.; Huerta Quiroz, J., 2015, *La industria del cemento en México al primer semestre de 2015*.
- Ruiz Labourdette, C. M, 2012, *Análisis energético de caldera bagacera marca Babcock & Wilcox: propuesta de instalación de economizador*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico-Electricista. Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Mecánica-Eléctrica
- Ruiz Peñalver, Soraya, 2017, *El sector papelerero como ejemplo de industria sostenible en el Siglo XXI*, Presentado en el II Congreso Internacional Virtual sobre desafíos de las empresas del siglo XXI.
- Santelices R., Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, *Desafíos en eficiencia energética: Sector minero*.
- Scalet, B.M.; García Muñoz, M.; Sissa, A. Q.; Roudier, S.; Delgado Sancho, L., 2013, *Best Available Techniques (BAT). Reference document for the manufacture of glass. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*.
- Schwab, Klaus. World Economic Forum, 2016, Insight Report, *The global competitiveness report 2016-2017*.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2017, *Manual Azucarero Mexicano 2017*.
- Secretaría de Economía de México, Dirección de Industria Metalmeccánica, 2012, *Monografía del Sector Siderúrgico de México 2011*.
- Secretaría de Economía, 2016, *La industria automotriz mexicana: situación actual, retos y oportunidades*.
- Secretaría de Economía, GIZ, 2017, *La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México*.
- Secretaría de Economía, México, 2016, *Programa para la Productividad y Competitividad Industrial (PPCI)*.
- Secretaría de Energía (SENER), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), 2017, *Sistemas de gestión de la energía. Usuarios de patrón de alto consumo y acuerdos voluntarios*.
- Secretaría de Energía, 2016, *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2016-2030*, México.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Comité Nacional de Productividad (CNP), *Recomendaciones vinculantes para fortalecer el sector de autopartes*.
- SEMARNAT – INECC, 2012, *Bases para una estrategia de desarrollo bajo en emisiones en México*.
- SENER - Conuee, AED, AIE, GIZ, 2016, *Marco político de largo plazo para la eficiencia energética*.
- SENER, 2014, *Balance nacional de energía*.
- SENER, 2015, *Centros mexicanos de innovación en energía*.
- SENER, 2016, *Acuerdo de París. Explicación general e implicaciones nacionales*.

- SENER, 2016, *Balance Nacional de Energía 2015*.
- SENER, 2016, *Balance nacional de energía*.
- SENER, 2016, *Prospectiva de Energías Renovables 2016-2030*.
- SENER, 2016, *Prospectiva de Gas L.P. 2016-2030*.
- SENER, 2016, *Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos, 2016-2030*.
- SENER, 2016, *Prospectiva de Sector Eléctrico, 2016-2030*.
- SENER, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), GIZ, 2014, *Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía*.
- SENER, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), GIZ, 2016, *Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía, Segunda Edición, 2016*.
- SENER, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), GIZ, 2016, *Documento Memoria de la Red de aprendizaje para la implementación de sistemas de gestión de la energía en la industria*.
- SENER, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), GIZ, 2016, *Determinación de la línea de base de consumo energético y potenciales de eficiencia energética sectoriales en México. En el contexto del Desarrollo de un Marco Político de largo plazo para la eficiencia energética en México*.
- SENER, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee). *Hoja de ruta de eficiencia energética*.
- SENER, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee); MIPYMES-Dirección General Adjunta de Fomento, Difusión e Innovación, 2017, *Proyecto piloto: Introducción de eficiencia energética y sistemas de gestión de energía en PyMEs de México*.
- SENER, en colaboración con la Agencia Internacional de Energía (AIE), 2011, *Indicadores de eficiencia energética en México: 5 sectores, 5 retos*.
- SENER, *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN): 2017-2031*.
- SENER, Subsecretaría de Planeación y Transición Energética; Dirección General de Planeación e Información Energéticas, 2015, *Balance Nacional de Energía 2014*.
- SENER-Conuee, 2017, *Primer reporte de evaluación sobre los acuerdos voluntarios*.
- Servicio Geológico Mexicano, 2016, *Anuario estadístico de la minería mexicana*.
- Sevilleja Aceituno, D., 2011, *Eficiencia energética en el sector industrial*, Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Proyecto fin de carrera. ITI Electricidad.
- SGM 2016, *Anuario estadístico de la Minería Mexicana 2015*, Servicio Geológico Mexicano.
- SOACT, 2010, *Appendix 1 (Summary Technologies Submitted)*.
- SOACT, 2010, *Appendix 2 (Extended Technology Information Provided)*.
- SOACT, 2010, *Appendix 2b*.
- SOACT, 2010, *Appendix 2c*.
- Solaun, Kepa; Sopelana, Asier; Arraibi, Estibaliz; Pérez, Maite, FACTOR CO2, 2014, *Black carbon y sus efectos en el clima. Balance y perspectivas*.
- TENARIS, 2016, *Sustainability report*.
- TERNIUM, *Procesos y productos. Introducción a los procesos y productos de Ternium*.
- Thiele Mora, Hannia Ivette, Adrián José Dobles Elizondo, Colaborador, Azucarera El Palmar S.A. *Balance de carbono en la industria azucarera*.
- UNEP, 2014, *Eficiencia en el uso del agua y la energía*. Nota informativa.
- United States Agency International Development (USAID), 2013, *Update of Mexico's Emissions Baselines and Mitigation Portfolio 2009-2030. México Low Emissions Development Program (MLED)*.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Ingeniería, 2010, *Tendencias del consumo de energía en la industria siderúrgica mexicana y análisis de los cambios tecnológicos*.
- UPME, COLCIENCIAS, Universidades del Atlántico y Autónoma de Occidente (Colombia), *Ahorro de energía en la industria del vidrio*.
- UPME-COLCIENCIAS (varios autores), *Ahorro de energía en la industria del papel*.
- UPME-COLCIENCIAS, *Ahorro de energía en la industria del cemento*.
- UPME-COLCIENCIAS, *Ahorro de energía en la industria del vidrio*.
- Vásquez, B.; Corrales, S, 2016, *Industria del cemento en México: análisis de sus determinantes*. En: *Revista Problemas del Desarrollo*, 188 (48), enero-marzo 2017.
- Vedoya, M. TERNIUM, 2013, *Panorama siderúrgico mundial*.
- Villarreal Padilla, Jorge, *Reforma energética, transición energética y cambio climático*.
- VITRO S.A., 2016, *Reporte de sustentabilidad vitro*.
- Vogel, G., 2017, *La industria del acero en México bajo un contexto de alta incertidumbre*. En *El Financiero*, edic. especial, mayo 2017.
- World Economic Forum, 2016, *Laboratorio de Competitividad México. Propuesta para el diseño de un fondo de financiamiento público-privado de proyectos en materia de innovación*. Presentado al Comité de Dirección por el Grupo de Trabajo. Una Iniciativa del Foro Económico Mundial y Deloitte.
- World Steel Association, 2016, *Sustainable Steel - Policy and indicators 2016*.
- WorldSteel Association, 2016, *Sustainable Steel. Policy and indicators*.
- WorldSteel Association, 2017, *Steel's contribution to a low carbon future and climate resilient societies - Worldsteel position paper*.
- WorldSteel Association, 2017, *World Steel in figures*.
- WorldSteel Association, *Steel's contribution to a low carbón future and climate resilient societies. Worldsteel position paper*.

- Worrell, E.; Galitsky, C; Masanet, E.; Graus, W., 2008, *Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the glass industry. An ENERGY STAR Guide for energy and plant managers.*
- Worrell, E.; Price, L.; Neelis, M.; Galitsky; C., Nan, Z, 2008, *World best practice energy intensity values for selected industrial sectors – Iron and Steel.*

Sitios WEB brindados por las empresas.

- Simec: <http://www.gsimec.com.mx/>
- Tenaris TAMSA: <http://www.tenaristamsa.com/>
- Ternium México: <http://mx.ternium.com/>
- Tyasa: <http://talleresyaceros.com.mx/>

