



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS

Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas
Dirección General de Energías Alternativas

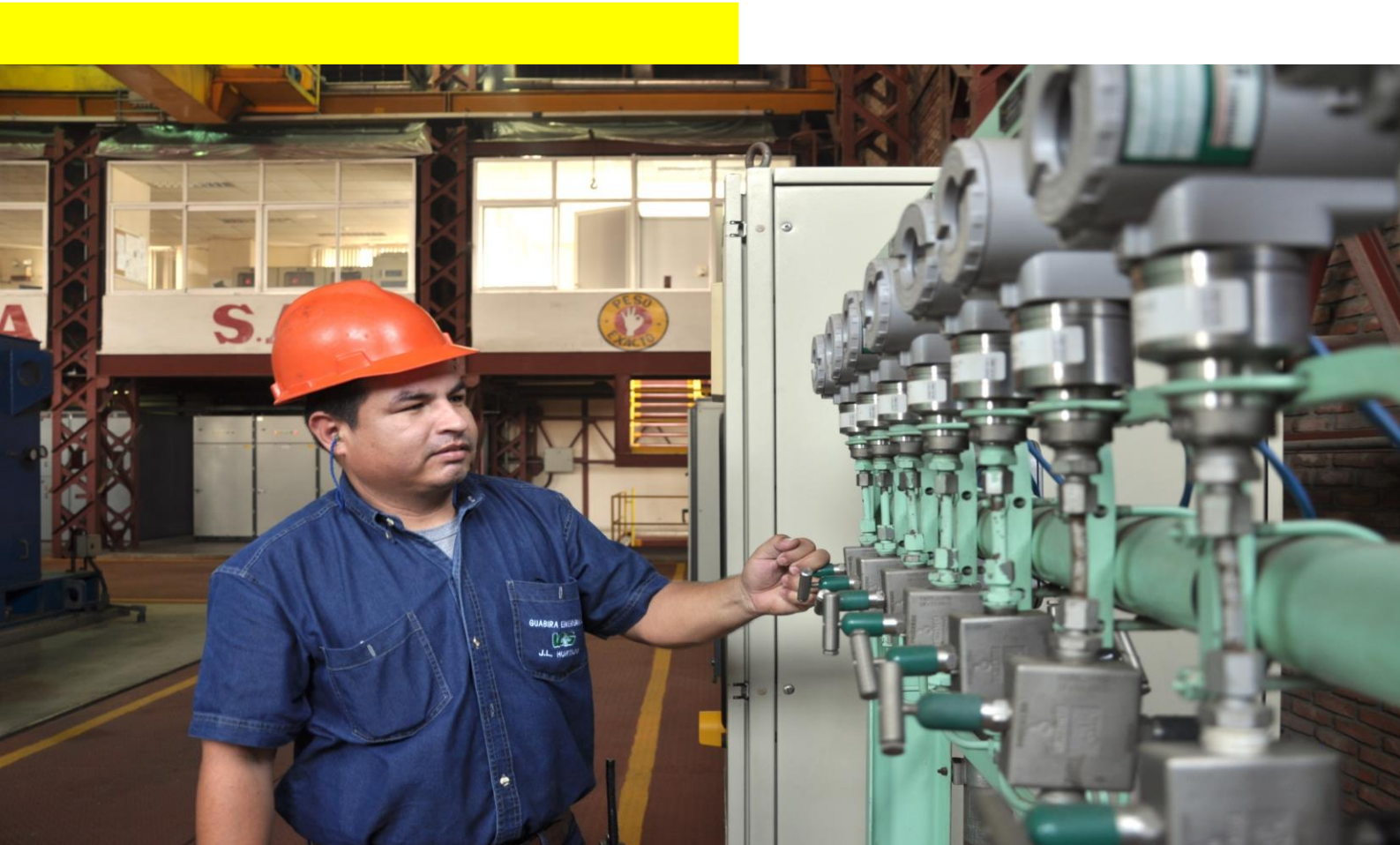


Imagen: GIZ/PEERR

Directriz para implementar Eficiencia Energética en la industria: motores y equipos de frío

Gestión 2021

**FONDO REGIONAL PARA LA COOPERACIÓN TRIANGULAR
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
PROYECTO DE COOPERACIÓN TRILATERAL BOLIVIA-BRASIL-ALEMANIA**

La Cooperación Alemana al Desarrollo a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y su Proyecto de Cooperación Trilateral entre Brasil, Bolivia y Alemania (COTRIGE) está trabajando para que el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA,) y las entidades participantes, tengan conocimientos de modelos exitosos de Eficiencia Energética en el sector industrial y etiquetado, así como en Generación Distribuida, para apoyar las definiciones de sus lineamientos estratégicos.

En este contexto, la información contenida en este documento es de carácter referencial y no representa necesariamente la política institucional del Ministerio de Hidrocarburos y Energías ni de las entidades del sector eléctrico.



Implementada por:

giz



Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas
Dirección General de Energías Alternativas



Imagen: GIZ/PEERR

**Directriz para implementar Eficiencia Energética
en la industria: motores y equipos de frío**

Gestión 2021

PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA

Entre el:

Ministerio de Hidrocarburos y Energías

y

Deutsche Gesellschaft für Internationale

Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Implementada por:

giz

La Paz – Bolivia
2021

CONVENCIONES UTILIZADAS

La nomenclatura empleada para la notación numérica es como sigue: la coma (,) se usa para separar miles; y el punto (.) se usa para separar decimales.

Las unidades que definen un valor numérico son las establecidas por el sistema internacional (SI) y se expresan, cuando corresponde, entre corchetes [...].

Las notas marginales se expresan como superíndice numérico (1) y se consignan al pie de la página correspondiente.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS Y ALCANCE	2
3	PROCESO METODOLÓGICO	2
4	DIAGNÓSTICO	4
4.1	¿Cómo se está promoviendo la eficiencia energética en motores y sistemas de frío en otros países de la región?.....	4
4.1.1	Marco Legal e institucional	4
4.1.2	Normativa y regulación	5
4.1.3	Incentivos y mecanismos de financiamiento	8
4.2	Contexto en Bolivia.....	12
4.2.1	Marco legal e institucional de eficiencia energética en Bolivia	12
4.2.2	Contexto en términos de normativa y regulación	15
4.2.3	Mecanismos de financiamiento e incentivos	15
4.2.4	Eficiencia energética en el sector industrial boliviano, indagando en motores y equipos de frío	17
4.2.5	Retos de la adopción de eficiencia energética en motores y sistemas de frío	18
4.3	Consideraciones del diagnóstico para la propuesta de directriz.....	19
5	PROPUESTA DE DIRECTRIZ	24
5.1	Escenario de preparación	25
5.1.1	Primer elemento: Desarrollo del marco legal e institucional	25
5.1.2	Segundo elemento: Estandarización y regulación	27
5.1.3	Tercer elemento: Desarrollo y despliegue de mecanismos de financiamiento e incentivos	32
5.1.4	Cuarto elemento: Desarrollo de capacidades técnicas, de investigación e instrumentos técnicos.....	34
5.1.5	Quinto elemento: Previsión para la gestión de los residuos sólidos	37
5.2	Escenario de ejecución.....	38

DIRECTRIZ PARA IMPLEMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA: MOTORES Y EQUIPOS FRÍOS

1 INTRODUCCIÓN

Este documento presenta una propuesta de "directriz" para la implementación de la eficiencia energética en el sector industrial, específicamente en lo que se refiere a motores y equipos de frío. La directriz propuesta tiene un enfoque de políticas integradas en el sentido que implica diversos componentes y elementos que son necesarios para que el Estado Boliviano incentive la implementación de eficiencia energética en motores y equipos de frío del sector industrial.

La propuesta se realiza bajo mandato de la GIZ en el marco de la línea de acción 2 del Proyecto "Eficiencia Energética (sector industrial y etiquetado) y Generación Distribuida - (COTRIGE)", desarrollado gracias a la Cooperación Trilateral entre Brasil, Bolivia y Alemania. Considera los resultados de estudios previos relacionados y en etapa de elaboración en el marco del proyecto COTRIGE y de otros de relevancia elaborados por el PEERR (Programa de Energías Renovables). Se mencionan entre estos el "Estudio del potencial de aplicar Eficiencia Energética en el sector industrial" elaborado por el PEERR, y el Programa de Eficiencia Energética cuyo diseño está en etapa de elaboración. De este último, que también es elaborado por el PEERR, se toma en consideración los resultados de la etapa de definición de la línea de base.

Hasta ahora, con la ejecución de acciones de Eficiencia Energética, principalmente impulsadas por la cooperación, como el GREENPYME (de BID Invest), el empresariado favoreció cierto porcentaje de implementación de medidas de eficiencia energética, concentrándose en aquéllas que requerían un cambio de gestión y una baja o nula inversión. Si bien se nota, en las estadísticas de consumo industrial, un ahorro en el consumo eléctrico, también se advierte un potencial de reducción que podrá ser alcanzado con un incentivo estructural por parte del Estado Boliviano y la acción conjunta de otros actores.

Esta propuesta de directriz, además de proporcionar los elementos necesarios para viabilizar la eficiencia energética en motores y equipos de frío del sector industrial, busca proveer al Estado Boliviano de un instrumento de promoción e incentivo de la eficiencia energética. Más allá de constituir en una herramienta clave para la reducción de gases de efecto invernadero, la eficiencia energética puede llegar a constituirse en una herramienta estratégica de crecimiento económico y aumento de la productividad¹.

¹ Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética, PEERR.

2 OBJETIVOS Y ALCANCE

Elaborar una propuesta de directriz que encamine la implementación de la eficiencia energética en el sector industrial, específicamente en lo que se refiere a motores y equipos de frío.

Específicamente, la propuesta abarca:

- Motores de inducción trifásicos, con rotor de jaula de ardilla, con 2, 4, 6 ó 8 polos, 50 Hz, voltaje hasta 1000 V y un rango de potencias de entre 0.75 a 375 kW (de 1 hp a 500 hp).
- Sistemas de frío industriales, no compactos.

La directriz propuesta tiene un enfoque de políticas integradas en el sentido que implica diversos componentes y elementos que son necesarios para que el Estado Boliviano incentive la implementación de eficiencia energética en motores y equipos de frío del sector industrial.

3 PROCESO METODOLÓGICO

Para la elaboración de la propuesta se siguió el proceso metodológico que se describe en la Tabla 1. El propósito de este proceso metodológico fue contar con la mayor cantidad de información, retroalimentación y contexto posible para el desarrollo de una propuesta robusta de directriz que implique los elementos necesarios y sea adecuada a la situación del sector industrial.

Tabla 1 - Proceso metodológico de diseño de la propuesta de directriz

ETAPA	DESCRIPCIÓN
Revisión bibliográfica	<ul style="list-style-type: none">• Se revisó bibliografía de referentes internacionales como U4E² (United for Efficiency), OLADE, CEPAL, EPA, BID, IEC, entre otros.• Se revisó documentación y/o estudios del programa PEERR de Bolivia, MHE, IBNORCA, AETN, entre otros.
Análisis de benchmarks	<ul style="list-style-type: none">• Se revisó toda información pública disponible de cuatro países definidos como benchmarks o modelos a analizar. Con base en los criterios de: (i) cantidad de información disponible, (ii) avance en políticas de eficiencia energética y (iii) relevancia con el contexto boliviano, se eligieron los siguientes países: Brasil, Colombia, México y Uruguay. Concretamente se analizó las acciones que estos países desplegaron a nivel nacional para incentivar la aplicación de eficiencia energética a nivel general, y en lo que se refiere a motores y sistemas de frío en particular. Se revisó también, de forma menos sistemática, por razones de menor disponibilidad de información, el caso de Chile.
Entrevistas con los actores	<ul style="list-style-type: none">• Con el objetivo de considerar las perspectivas de los distintos actores que tienen un rol en la propuesta, se llevaron a cabo reuniones/entrevistas con cada uno de ellos. La Tabla 2 muestra el detalle de cada una de las personas e instituciones que fueron

² U4E, United for Efficiency es una iniciativa público-privada que agrupa: (i) Miembros fundadores: Naciones Unidas, Clasp; (ii) Empresas manufactureras como ABB, Electrolux, Whirlpool, Osram, entre otras; y (iii) Organizaciones e iniciativas técnicas como Carbon Trust, GIZ, IIEC, Green Cooling Initiative, entre otras.

ETAPA	DESCRIPCIÓN
	entrevistadas. Contar con la visión de las distintas perspectivas de primera mano, permitió delimitar y adecuar la propuesta al contexto boliviano, así como promover y desplegar un proceso participativo de diseño.
Diseño de la propuesta inicial	<ul style="list-style-type: none"> Con base en todos los aportes obtenidos en las etapas anteriores, se delimitó una propuesta de directriz para el incentivo de la eficiencia energética en el sector industrial, específicamente en lo que se refiere a motores y equipos de frío. Esta propuesta tiene un enfoque de políticas integradas y se plantea con un despliegue o puesta en marcha escalonada.
Validación por parte de ANEEL	<ul style="list-style-type: none"> El primer documento elaborado con la propuesta de directriz cuenta con revisión y aportes de primera mano por parte de ANEEL (la Agencia Nacional de Energía Eléctrica del Brasil).
Presentación a los distintos actores	<ul style="list-style-type: none"> La propuesta ajustada con aportes de ANEEL, fue presentada y socializada con los distintos actores que tienen un rol en la propuesta, a saber: MHE, MDPyEP, IBNORCA, IBMETRO, AETN, Distribuidoras.
Ajuste final de la propuesta	<ul style="list-style-type: none"> Habiendo ejecutado todas las fases anteriores del proceso metodológico, se llegó a la versión final de propuesta de directriz para que se pueda incentivar la eficiencia energética en la industria, con énfasis en motores y equipos de frío.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2, se presenta el detalle de personas, e instituciones respectivas, que fueron entrevistadas (vía remota) durante el proceso de diseño de la propuesta de directriz.

Tabla 2 - Lista de personas e instituciones entrevistadas

Persona	Institución
Sheila Damasceno	ANEEL-Brasil
Paulo de Carvalho	
Marcio Pilar Alcántara	
Enrique Villamil Fami	
Carlos Eduardo Barreira	
Rolando Copa	Distribuidora DELAPAZ
Fabrizio Zambrana	Instituto Boliviano de Normalización - IBNORCA
Álvaro Andrade	SOBOCE
Fernando Vargas	Autoridad de Electricidad y Tecnología Nuclear - AETN
Juan José Mendoza	IBMETRO
Fernando Jiménez	Cámara Nacional de Industria (CNI)
Cecilia Ramírez	Dirección Nacional de Energías Alternativas del MHE
Rubén Peredo	
Jaime Zegarra	Viceministerio de Desarrollo Productivo
Paola Suyo	
Juan Carlos Guzmán	Consultor de Eficiencia Energética del PEERR

Fuente: Elaboración propia

4 DIAGNÓSTICO

4.1 ¿Cómo se está promoviendo la eficiencia energética en motores y sistemas de frío en otros países de la región?

4.1.1 Marco Legal e institucional

El común denominador en los países analizados es la presencia de una “ley nodriza”, de la cual se desprende todo el tejido institucional, legal, normativo, de regulación y asignación de recursos necesarios para efectivizar la implementación de la eficiencia energética a nivel país, y específicamente a nivel del sector industrial. La Tabla 3 resume las bases legislativas presentes en Brasil, Colombia, México, Uruguay y Chile.

Tabla 3 - Marco legislativo presente en Brasil, Chile, Colombia, México, Uruguay

País	Detalle de ley	Año
<i>Brasil</i>	Ley N° 10.295: Dispone sobre la Política Nacional de Conservación y Uso Racional de Energía.	2000
	Ley N° 9.991: Dispone sobre la realización de inversiones en investigación y desarrollo en eficiencia energética por parte de las empresas concesionarias, permisionarias y autorizadas del sector de energía eléctrica.	2001
	Decreto N° 3867: Dispone sobre inversiones en investigación y desarrollo de la eficiencia energética por parte de las empresas concesionarias, licenciatarios y autorizadas del sector eléctrico.	2001
	Decreto N° 4059: Reglamenta la Ley 10.295.	2001
	Decreto N° 4508: Dispone sobre la reglamentación específica que define los niveles mínimos de eficiencia energética de motores eléctricos trifásicos de inducción, de fabricación nacional o importados, para su uso en Brasil.	2002
	Portaria Interministerial N° 29: complementa el Decreto 4508 actualizando el estándar mínimo de eficiencia de motores a un nivel mínimo IE3	2017
<i>Chile</i>	Ley N° 21.305 sobre Eficiencia Energética: Promueve la Eficiencia Energética y establece que el Ministerio de Energía elaborará un Plan Nacional de Eficiencia Energética cada 5 años.	2009
<i>Colombia</i>	Ley N° 697: Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	2001
	Decreto N° 3683: Se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial	2003
<i>México</i>	Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía: Tiene por objeto propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía en todos los sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo	2008
	Ley de Transición Energética: Establece las disposiciones para regular los mecanismos y procedimientos que permitan la	2016

País	Detalle de ley	Año
	instrumentación de la Ley en materia de Aprovechamiento Sustentable de la Energía.	
	Decreto Reglamento de la Ley de Transición Energética: Establece las disposiciones para regular los mecanismos y procedimientos que permitan la instrumentación de la Ley en materia de Aprovechamiento Sustentable de la Energía, Energías Limpias y reducción de Emisiones Contaminantes de la Industria Eléctrica.	2017
Uruguay	Ley N° 18.597 de Promoción del Uso Eficiente de la Energía	2009
	Decreto N° 211.015 del 03-08-2015: Se aprueba el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015- 2024.	2015
	Decreto N° 086-012 del 22-03-2012: Aprobación del Fideicomiso Uruguayo de Ahorro y Eficiencia Energética	2012
	Decretos N° 329/ 010, 116/011, 131/011, 428, 429 y 430 / 2009: Establecen la reglamentación del sistema de etiquetado de eficiencia energética para equipos y artefactos que consumen energía cualquiera sea su fuente y que sean destinados a su comercialización en territorio uruguayo.	2009, 2010 y 2011

Fuente: OLADE, Leyes de Eficiencia Energética en Latinoamérica y el Caribe, septiembre 2019

El marco legal establecido permite establecer las atribuciones institucionales, las medidas compulsorias, las medidas voluntarias y las fuentes de los recursos para efectivizar las implementaciones. En todos los países se asigna a un "Ministerio de Energías" como institución pública principal responsable de gestionar, coordinar y manejar las acciones de eficiencia energética de los países. Se atribuye como responsabilidad de estado, el promover la eficiencia energética.

Profundizando en el caso brasilero, el marco legal que se logró instaurar facilitó la creación del Programa Nacional para la Conservación de la Energía Eléctrica (PROCEL), del cual se desprende el Programa de Eficiencia Energética que ejecuta ANEEL (Agencia Nacional de Energía Eléctrica). Ambas instancias despliegan proyectos de eficiencia energética, entre los que se identifica la sustitución de motores en la industria (incluyendo motores de los sistemas de frío), con los recursos asignados por ley. Entre estos recursos, que se asignan según ley, se identifica un porcentaje que las concesionarias de la distribución de energía eléctrica deben destinar de su ingreso a estos proyectos. Según información proporcionada por ANEEL, este porcentaje asciende hasta el 0.4% de los ingresos de las concesionarias.

4.1.2 Normativa y regulación

Otro elemento de regulación identificado entre los países analizados, específicamente en lo que se refiere a motores y equipos de frío, es el establecimiento de Estándares Mínimos de Rendimiento Energético (MEPS por sus siglas en inglés³). En el caso específico de los motores, se ha adoptado un esquema de clasificación de la eficiencia con base a la norma IEC 60034-

³ MEPS: Minimum Energy Performance Standards.

30:2008⁴. Este estándar define las clases IE1 (Eficiencia Estándar), IE2 (Alta Eficiencia), IE3 (Eficiencia Premium), IE4 (Eficiencia Súper Premium), IE5 (Eficiencia Ultra Premium) para motores de inducción trifásicos de 0.75 kW (1 hp) a 375 kW (500 hp), 50/60 Hz, hasta 1000 V, de 2, 4 y 6 polos. Los métodos de ensayo, de verificación de los niveles de eficiencia se establecen con base en la norma IEC 60034-2-1:2007 para motores eléctricos.

La Tabla 4 resume los estándares desarrollados en cada país, la norma de referencia, la regulación implementada y otras consideraciones que se toman en cuenta para la propuesta boliviana.

Tabla 4 – Estándares Mínimos de Rendimiento Energético (MEPS) y de ensayos de evaluación de eficiencia para motores, en los diferentes países analizados

País	MEPS	Descripción	Norma de referencia	Nivel mínimo establecido por regulación
<i>Brasil</i>	NBR 17094-1 de 04/2018	Define los requisitos mínimos de eficiencia en motores, además de otros requisitos.	IEC 60034-30-1 IEC 60034-1	IE3 desde 2019, según la Portaria Interministerial N° 29/2017. Se regulan motores entre 1 hp y 500 hp.
	NBR 5383-1 DE 2001	Establece los métodos de ensayo para determinar la eficiencia de los motores entre otros requisitos y los requerimientos del etiquetado que es también de aplicación obligatoria.	IEC 60034-2-1	
<i>Chile</i>	NCh 3086 2008	Establece la clasificación y etiquetado de eficiencia energética de motores eléctricos de inducción trifásicos de baja tensión con rotor de jaula de ardilla.	IEC 60034-1	IE2 desde Feb 2018. Aplica a motores con potencias de 1 hp a 10 hp.
	PEN N°7/01/2 2011	Protocolo de ensayo de eficiencia energética para motores eléctricos. Establece también el procedimiento de certificación y etiquetado de eficiencia energética para motores trifásicos de inducción de tipo jaula de ardilla.	IEC 60034-2-1	
<i>Colombia</i>	NTC 2805	Establece las especificaciones nominales y características de funcionamiento de motores.	IEC 60034-1	IE2 desde 2016 según Reglamento Técnico de Etiquetado para motores de 1 hp a 500 hp.
	NTC 3477	Establece los métodos de ensayo de la eficiencia energética de motores.	IEC 60034-2-1	

⁴ IEC: Comisión Electrotécnica Internacional, por sus siglas en inglés

País	MEPS	Descripción	Norma de referencia	Nivel mínimo establecido por regulación
México	NOM-016-ENER-2016	Establece los valores de eficiencia nominal, el método de prueba para su evaluación, los criterios de aceptación y las especificaciones de información mínima a marcar en la placa de datos de los motores trifásicos de inducción.	IEC 60034-1 IEC 60034-2-1	IE3 desde 2016. Se regulan motores de 1 hp a 500 hp.
Uruguay	UNIT 1192:2010	Establece la metodología para la clasificación de los motores de acuerdo con su desempeño energético, los métodos de ensayo, y las características de la etiqueta de eficiencia energética.	IEC 60034-1 IEC 60034-2-1	No se encontró MEPS pero etiquetado sí es de carácter obligatorio.

Fuente: Normas y Regulación de eficiencia energética de los distintos países estudiados

En la tabla resalta que la normativa referida al establecimiento de MEPS se encuentra complementada por normas que definen los métodos de ensayo para la verificación de los MEPS y los procedimientos para el etiquetado correspondiente. Estas normas se vuelven de cumplimiento obligatorio a través de un instrumento de reglamentación emitido por el Poder Ejecutivo (decreto, ordenanza).

Brasil fue uno de los pioneros en la promoción de la eficiencia energética y en reglamentar los instrumentos técnicos de normalización en el año 1984, como consecuencia de los altos precios de la energía y de su impacto en la economía nacional. Entre tanto Colombia, que introdujo reglamentos voluntarios a inicios del año 2000, aprobó finalmente en 2015 el reglamento que establece la obligatoriedad de cumplimiento en todo su territorio⁵.

Previo a la emisión del instrumento de regulación, se identifica que el desarrollo de la normativa está a cargo de instituciones técnicas de normalización y de instituciones de metrología y calidad, para el caso del etiquetado. En el Brasil, por ejemplo, están a cargo la "Associação Brasileira de Normas Técnicas" (ABTN) y el Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), agencia dependiente del Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio Exterior y las agencias federales responsables de fomentar la eficiencia energética.

⁵ Guía E. Programas de Normalización y Etiquetado de Eficiencia Energética del BID.

Equipos de frío

Solo el caso mexicano presenta normativa referida a sistemas de frío industriales, específicamente dirigida a los evaporadores y unidades condensadoras que conforman dichos sistemas. Los demás países cuentan con normativa para equipamiento de refrigeración doméstica que difiere de la naturaleza y características de los sistemas de frío industrial. La Tabla 5 muestra una descripción de la normativa mexicana referida a condensadores y evaporadores.

Tabla 5 – Estándar de Eficiencia Energética para condensadores y evaporadores en México (único país de los analizados en contar con normativa para sistemas de frío de aplicación industrial)

País	Estándar	Descripción	Nivel mínimo establecido por regulación
México	NOM-012-ENER-2019	<p>Establece los requisitos de eficiencia energética que deben cumplir las unidades condensadoras y evaporadoras, así como los métodos de prueba para verificar su cumplimiento, el etiquetado y el procedimiento para evaluar la conformidad de los productos. Aplica a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Unidades condensadoras para refrigeración, con potencia frigorífica mayor o igual que 746 W y menor que 26 000 W en media temperatura, y menor que 9 500 W en baja temperatura.• Unidades evaporadoras para refrigeración de bajo perfil que son destinadas para operar con un refrigerante y alimentados por expansión directa en condiciones húmedas y/o secas con capacidades nominales de enfriamiento, mayor o igual que 300 W y menor que 40000 W en media temperatura, y menor que 13 000 W en baja temperatura.	Se establecen niveles mínimos del Factor de Eficiencia Energética Estandarizada (FEEE) para condensadores y evaporadores.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-012-ENER-2019 – Eficiencia Energética de unidades condensadoras y evaporadoras para refrigeración. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

4.1.3 Incentivos y mecanismos de financiamiento

Brasil

El principal programa de incentivos a la eficiencia energética en Brasil se financia con recursos que, por Ley, provienen de un porcentaje de los ingresos de las concesionarias de la distribución de la energía eléctrica. Uno de los encargados de canalizar estos recursos es el Programa de Eficiencia Energética de la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL). El programa establece que las distribuidoras deben asignar el 0.4% de sus ingresos netos a acciones para combatir el desperdicio de energía. La ejecución se efectúa vía convocatoria pública a la presentación de propuestas según una línea de

acción o programa dispuesto por ANEEL, y la aceptación según evaluación de dichas propuestas por parte ANEEL. Un ejemplo constituye el programa "Motor Bonus". Bajo este programa, una de las distribuidoras de energía eléctrica (CPFL Energía) en asociación con WEG (manufacturera de motores) facilita la sustitución de motores, ofreciendo a sus clientes condiciones especiales para la adquisición de equipamiento eficiente. La distribuidora cubre hasta el 40% del costo del motor, WEG ofrece un descuento adicional del 5% y esta misma empresa (WEG) se encarga de llevarse el viejo motor de la empresa.

Con los mismos recursos, es decir, con el porcentaje de los ingresos que aportan las concesionarias de la distribución de energía eléctrica, PROCEL ejecuta un programa de construcción de capacidades en la reparación de motores. Se planifica poner en marcha un Laboratorio Taller de Referencia, en el que pueda capacitarse a técnicos en los procedimientos adecuados de reparación de motores que no afecten la eficiencia. De acuerdo con estudios elaborados en el mismo Brasil, se identificó que se reacondicionaba aproximadamente 2 millones de motores por año, con una pérdida en su eficiencia de hasta 8.7%⁶.

Colombia

Uno de los principales incentivos a las inversiones en eficiencia energética en Colombia son las exenciones al pago de impuestos. De acuerdo con Resolución Ministerial, se establecen beneficios tributarios de descuento en el impuesto de renta, deducción de renta y exclusión del IVA para proyectos de gestión eficiente de la energía, entre los cuales se considera la sustitución de motores. La Unidad de Planeamiento Minero Energético (UPME) es la encargada de emitir los "certificados" que permitirán acceder a los beneficios tributarios. Los certificados son otorgados después de una evaluación estructurada de los proyectos presentados según requisitos establecidos, entre los que se encuentra la presentación detallada del proyecto, una delimitación clara de la línea de base, fichas técnicas de los equipos a adquirir, formatos a rellenar, entre otros. Una vez emitido el certificado, los solicitantes continúan el trámite con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN). Los beneficios que se proporcionan, luego de la consecución final del proceso de solicitud, pueden ser los siguientes:

- Descuento en el impuesto de la renta del 25% de la inversión realizada en el proyecto de eficiencia energética.
- Exclusión de IVA en la compra de equipos o maquinaria que se destine al proyecto.

⁶ Terceiro Plano Anual de Aplicação de Recursos do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.

- Deducción del impuesto de renta del 50% de la inversión realizada en el proyecto en un periodo de hasta 15 años⁷.

Por otra parte, se encuentra en el mercado financiero colombiano, líneas de crédito que no precisamente se destinan a proyectos de eficiencia energética, pero que, por las ventajosas condiciones, sirven de fuente de financiamiento para este tipo de proyectos.

México

En México se ha establecido el FIDE, un Fideicomiso privado, sin fines de lucro, constituido en 1990 por iniciativa de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en apoyo al Programa de Ahorro de Energía Eléctrica, para apoyar las acciones de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. Con el FIDE, una industria puede acceder a financiamiento de un motor eficiente con condiciones favorables, luego de cumplir con los requisitos establecidos. Entre las variables que se evalúa están la capacidad de pago del solicitante, el ahorro energético proyectado y la tarifa contratada con la CFE. De otorgarse el crédito, el usuario paga junto con la facturación del servicio eléctrico.

Uruguay

El Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) tiene como instrumento de incentivo a la implementación de medidas de eficiencia energética, los Certificados de Eficiencia Energética (CEE). A través de este instrumento se certifica la cantidad de energía que ha sido evitada con la implementación a lo largo de la vida útil de un proyecto de eficiencia energética, y se paga por ella con base en un precio que se fija cada año en la correspondiente convocatoria. De esta forma, se reconoce a los proyectos exitosos que contribuyen a la meta de energía evitada establecida en el Plan Nacional de Eficiencia Energética y permite, a quienes implementan el proyecto, obtener un ingreso monetario adicional al ahorro logrado por las medidas de eficiencia energética implementadas.

Para la medición de los ahorros a percibirse por las implementaciones, el MIEM promueve el Protocolo Internacional de Medida y Verificación (IPMVP) de la Organización para la Valoración de la Eficiencia (EVO). Además, cada año, los beneficiarios de los CEE deben presentar una evaluación anual de cumplimiento de resultados por parte de un Agente Certificador de Ahorros de Energía registrado en el MIEM y habilitado a certificar proyectos en la correspondiente convocatoria⁸.

⁷ Fuente de la información: Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) de Colombia, Resolución No. 000196 de 2020

⁸ Ministerio de Industria, Energía y Minas (MIEM)

En cada convocatoria, el MIEM determina el precio de referencia de los CEE en función de los fondos anuales disponibles del Fideicomiso Uruguayo de Eficiencia Energética (FUDAEE), entre otros parámetros. Por Decreto, el FUDAEE percibe fondos de:

- i. un porcentaje (0.13%) de los ingresos que perciben ciertas empresas proveedoras de servicios energéticos (gas natural, electricidad y otros combustibles);
- ii. un porcentaje (1%) de las inversiones que efectúen las generadoras en nueva capacidad de generación eléctrica;
- iii. las multas a usuarios de energía por concepto de prácticas ineficientes;
- iv. donaciones o préstamos de organismos internacionales;
- v. Partidas que determine el Poder Ejecutivo de acuerdo con la norma presupuestal respectiva para la promoción, ahorro y uso eficiente de la energía;
 - (i) Fondos que provengan de tasas impositivas diferenciales a equipamiento ineficiente.⁹

Otros países

Entre otras experiencias de mecanismos de financiamiento, específicamente dirigidos a la sustitución de equipamiento ineficiente en la industria latinoamericana, se menciona el proyecto "Seguro de Ahorros Energéticos para inversiones privadas en eficiencia energética de Pequeñas y Medianas Empresas" de El Salvador. Este proyecto será ejecutado con financiamiento del Fondo Verde para el Clima (GCF por sus siglas en inglés), entidad internacional creada en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) para financiar proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático, en los países en desarrollo.

El GCF prestará 20 Millones de dólares a BANDESAL (Banco de Desarrollo de El Salvador), institución financiera que a su vez aportará con otra cantidad similar de sus recursos para establecer una línea de crédito a bancos locales que financien finalmente proyectos de eficiencia energética en las Pequeñas y Medianas Empresas. Esta línea de crédito ofrece condiciones favorables a los prestatarios y se paga con los ahorros energéticos derivados de la implementación. En la base, el esquema incluye contratos de riesgo compartido, validación técnica independiente y seguros que reducen significativamente los riesgos de inversión para los bancos y las PME.

Otros países que se han visto beneficiados con el apoyo financiero del GCF son Argentina, con su proyecto "Promover instrumentos de mitigación de riesgos y

⁹ Decreto No. 86/012 que aprueba el Fideicomiso Uruguayo de Ahorro y Eficiencia Energética FUDAEE.

financiamiento para inversiones en energía renovable y eficiencia energética", y Paraguay, con el proyecto: "Promoción de inversiones del sector privado en eficiencia energética en el sector industrial de Paraguay".

Estos apoyos financieros del GCF normalmente se obtienen, a nivel país, en el marco de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés). Las NDC son el núcleo del Acuerdo de París para el logro de objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático. Éstas integran los esfuerzos a los que cada país firmante se compromete para reducir las emisiones de efecto invernadero y adaptarse a los efectos del cambio climático. Cada cinco años, los países remiten sus Contribuciones Nacionales actualizadas.

4.2 Contexto en Bolivia

En esta sección se analiza el contexto boliviano que se relaciona con el fomento de la eficiencia energética a nivel país y específicamente en el sector industrial. Necesariamente se parte del contexto general para comprender los elementos que son necesarios para adecuar la propuesta de directriz a la realidad boliviana. Siguiendo la misma lógica que la sección precedente, se analizan aspectos legales e institucionales, el estado de situación de normativa y regulación, de los mecanismos de financiamiento y la relevancia que la implementación de la eficiencia energética tiene en el sector industrial, específicamente en motores y sistemas de frío. Finalmente se resaltan los retos de la implementación de la eficiencia energética en motores y equipos de frío del sector industrial boliviano. Este ejercicio permite dirigir los instrumentos de política propuestos hacia el logro o superación de estos retos y así viabilizar o encauzar las acciones.

4.2.1 Marco legal e institucional de eficiencia energética en Bolivia

La

Tabla 6 muestra un compendio de la base legal existente en Bolivia de la cual se ha ido desprendiendo las diferentes acciones de eficiencia energética desplegadas hasta el momento en el país. El análisis de este marco permite identificar, en un inicio, la base legal de la cual desprender la propuesta de directriz, así como las acciones que se debieran ejecutar en este ámbito para llegar a un escenario ideal de aplicación de acciones de eficiencia energética.

Tabla 6 – Marco legal existente en Bolivia que sustenta la aplicación de las acciones de eficiencia energética

Título	Año	Marco de relevancia
<i>Constitución Política del Estado</i>	2009	Establece que las diferentes formas de energía y sus fuentes constituyen un recurso estratégico, su acceso es un derecho fundamental y esencial para el desarrollo integral y social del país, y se regirá por los principios de eficiencia , continuidad y adaptabilidad y preservación del Medio Ambiente .
<i>Ley No 300 de la Madre Tierra</i>	2012	Reconoce la obligación del estado plurinacional de crear las condiciones necesarias para la realización del ejercicio compatible y complementario de los derechos, obligaciones y deberes para Vivir Bien, en armonía y equilibrio con la Madre Tierra .
<i>Ley Nº 305</i>	2012	Se declara como prioridad e interés del Estado Plurinacional de Bolivia implementar planes, programas y proyectos que busquen optimizar el uso racional y eficiente de la energía , preservando el medio ambiente y la salud humana. De esta Ley se desprendieron las acciones puntuales de la campaña de sustitución de focos incandescentes por focos fluorescentes que ocurrieron en esa época.
<i>Decreto Supremo Nº 29466</i>	2008	Se aprueba el Programa Nacional de Eficiencia Energética con la finalidad de establecer acciones, políticas y ejecutar proyectos que buscan optimizar el uso racional, eficiente y eficaz de la energía.
<i>Agenda Patriótica 2025</i>	2013	La eficiencia energética es transversal a los Pilares de la Agenda Patriótica. Específicamente se relaciona con la consecución de los objetivos del Pilar 6: soberanía productiva con diversificación.
<i>Plan de Desarrollo Nacional</i>	2016-2020	Se establece que se procurará la consolidación del desarrollo tecnológico con soluciones limpias y reducción de gases invernadero.
<i>Plan Estratégico Institucional (PEI) del Ministerio de Energías¹⁰</i>	2017-2020	La Política Nº 6 del PEI se refiere al fomento y desarrollo del uso eficiente de la energía en sus diferentes formas, y al desarrollo de las energías renovables con el menor impacto socio ambiental, coadyuvando al ahorro energético y la reducción de las emisiones de gas de efecto invernadero.

Fuente: Cada uno de los instrumentos legales descritos, disponibles para consulta.

En lo referido al arreglo institucional que compete a la propuesta de directriz objeto de este documento, el marco legal designa al Ministerio de Hidrocarburos y Energía (MHE) como entidad del Poder Ejecutivo responsable de promover las acciones de eficiencia energética en el país, a través del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VEEA).

Como principal ente del Poder Ejecutivo responsable del desarrollo productivo e impulsor de la productividad industrial está el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (MDPYEP).

¹⁰ El PEI se encuentra en etapa de actualización. Debido a que no se cuenta con la versión última, se considera la última versión disponible para consulta.

4.2.2 Contexto en términos de normativa y regulación

El país no cuenta aún con normativa o regulación, específicamente relativa a eficiencia energética de equipamiento, que esté formalmente establecida.

No obstante, sí se identifican esfuerzos iniciales, que se encuentran en desarrollo, de normativa técnica y reglamentación para el etiquetado de equipamiento. Entre estos se mencionan:

- Normas en elaboración para el etiquetado de eficiencia energética para refrigeradores de uso doméstico. De acuerdo con información proporcionada por el Viceministerio de Desarrollo Productivo, la normativa se encuentra en proceso de consulta pública.
- Normativa en elaboración para el etiquetado, de eficiencia energética, de luminarias LED y equipos de aire acondicionado.
- Propuesta en desarrollo del Reglamento Técnico de Etiquetado de Eficiencia Energética para Equipos Energéticos, entre los que se regula: lámparas LED, aparatos de refrigeración de uso doméstico, calderas, motores eléctricos trifásicos asíncronos o de inducción con rotor de jaula de ardilla, lavadoras de uso doméstico, secadoras de tambor de uso doméstico, aparatos de aire acondicionado, calentadores de agua de uso doméstico. Este reglamento especifica solamente las características de la etiqueta y responsabilidades del IBMETRO como principal institución de certificación. Sin embargo, no se especifican métodos de ensayo ni MEPS.

Se identifica a IBNORCA como la institución responsable del desarrollo de la normativa técnica, junto con el IBMETRO que tiene las responsabilidades principales de verificación del cumplimiento de la normativa para el posterior etiquetado.

4.2.3 Mecanismos de financiamiento e incentivos

Incentivos tributarios

De información proporcionada por el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, se encuentra en etapa de aprobación un Decreto Supremo que tiene por objeto incentivar el uso eficiente de la energía eléctrica a través de incentivos tributarios para el alumbrado público, automotores eléctricos y automotores híbridos. El incentivo se refiere a la modificación de la alícuota, a cero por ciento, del Gravamen Arancelario y del Impuesto a los Consumos Específicos en el caso de los vehículos eléctricos. Este sería el primer caso de incentivos tributarios que se despliega a nivel nacional para la compra de equipamiento eficiente en términos de consumo de energía eléctrica, refiriéndonos al caso específico de las luminarias LED.

Mecanismos de financiamiento

De acuerdo con el “Estudio del potencial de Eficiencia Energética en el Sector Industrial” elaborado por el PEERR, no existe una oferta específica, de parte del sistema bancario, para el financiamiento de medidas de eficiencia energética. Existía hace varios años una línea de crédito “verde” puesta en marcha por el entonces Banco Los Andes que financiaba proyectos de eficiencia energética, entre otros. Sin embargo, al pasar este al grupo del Banco Mercantil, la línea de crédito mencionada fue disuelta.

Del mismo Estudio del PEERR se identifica que las medidas de eficiencia energética que fueron implementadas hasta ahora en el sector industrial, en el marco de programas de cooperación¹¹ que subsidiaron el costo de las auditorías energéticas que identificaron dichas medidas, el 100% fueron ejecutadas con financiamiento propio. Esto debido a que las medidas priorizadas implicaban un nulo o bajo costo de inversión. Por ejemplo, muchas medidas llamadas de “manejo de la demanda” requieren solamente cambios en la gestión de la energía que en la mayoría de los casos no requieren inversión.

Un mecanismo de financiamiento identificado, no directamente dirigido a proyectos de eficiencia energética pero sí al desarrollo productivo de la industria y promovido por el Estado Boliviano, es **FIDERIN**, el Fideicomiso de Reactivación de la Industria Nacional. Este fue establecido por el Decreto 4424 del 17 de diciembre de 2020. Ascende a la suma de Bs 911.1 millones distribuidos para ejecución entre el Banco de Desarrollo Productivo (BDP) y el Banco Unión. El objetivo del Fideicomiso es la otorgación de créditos para el financiamiento de capital de operaciones y/o inversiones, con el propósito de apoyar a micro, pequeña, mediana y gran empresa para reactivar y potenciar la producción nacional para la sustitución de importaciones en producto final y en materia prima. Con un interés de 0.5%, los créditos ofrecidos tienen gran demanda habiéndose ejecutado, en menos de dos meses, casi Bs 35 millones¹².

Por otra parte, el BDP cuenta con una línea de crédito denominada “BDP Arrendamiento Financiero”. Es un servicio mediante el cual el BDP, compra maquinaria y/o equipos a pedido expreso de un productor, al que se le entrega el mismo a cambio de cuotas periódicas por concepto de alquiler a un plazo determinado. Al finalizar este plazo, el productor tiene la opción de comprar estos mismos bienes por un monto previamente convenido. De acuerdo con información del BDP, los intereses financieros se encuentran entre el 6%, para un empresario de la mediana y gran industria, y el 11% para un microempresario.

¹¹ Como el Programa de Eficiencia Energética del GREENPYME de BID INVEST.

¹² Fuente: Comunicaciones de Prensa del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural.

4.2.4 Eficiencia energética en el sector industrial boliviano, indagando en motores y equipos de frío

Consumo eléctrico en motores y sistemas de frío

Del estudio de varias fuentes (EIA, Unidos por la Eficiencia del PNUMA) se estima que, en una industria, al menos el 50% del consumo de energía eléctrica se destina a motores. Estos motores activan sistemas productivos, así como también sistemas de frío. De acuerdo al Estudio del Potencial de Eficiencia Energética en Bolivia del PEERR, el consumo eléctrico por motores en los rubros industriales intervenidos con auditorías energéticas, se encuentra en un rango de 75% hasta el 90%.

El consumo eléctrico en sistemas de frío, según el mismo estudio puede llegar a abarcar, según el rubro, hasta el 75%, que sería el porcentaje del consumo en una industria cárnica. El consumo eléctrico prácticamente se destina, casi en su totalidad, a los motores del sistema: motores de los compresores, motores de los ventiladores, motores de bombas de agua de enfriamiento, entre otros. Solo una porción menor del consumo, se destina a las resistencias que eliminan capas de hielo en los intercambiadores de calor.

Por otra parte, el estudio de la línea de base realizado en el marco del Programa de Eficiencia Energética que está en proceso de diseño por parte del PEERR, indica que alrededor del 80% del consumo de electricidad que se destina al sector industrial corresponde a los consumidores categorizados como Gran Demanda, es decir las empresas que demandan una potencia mayor a 50 kW. Este dato nos da una idea del grupo en el cual concentrar o apuntar las acciones de eficiencia energética.

Potencial de ahorro con eficiencia energética en motores y sistemas de frío

Con la sustitución de un motor, por uno más eficiente, se puede llegar a tener una reducción de entre 20% o 30% de la energía eléctrica que consumía ese motor¹³.

Por otra parte, según el análisis de la línea de base efectuado en el Diseño del Programa de Eficiencia Energética para el sector industrial boliviano que conduce el PEERR, se identifica un potencial de ahorro total, por la aplicación de medidas de eficiencia energética en la industria, del 4%, lo que conllevaría a un ahorro económico de:

¹³ Fuente: U4E

- US\$ 16 millones de dólares en cinco años, a nivel de los industriales, y
- US\$ 7 millones de dólares en cinco años, a nivel del Estado (es decir ingreso a YPFB)¹⁴

Considerando que la porción de consumo de energía eléctrica de los motores en las industrias medianas y grandes es al menos el 50%, y que estas industrias representan la porción mayoritaria de consumo eléctrico del sector industrial, podríamos asumir que al menos la mitad del ahorro proyectado podría originarse con las medidas de eficiencia energética en motores y sistemas de frío.

4.2.5 Retos de la adopción de eficiencia energética en motores y sistemas de frío

La Tabla 7 describe los principales retos a las implementaciones de eficiencia energética en motores y sistemas de frío, clasificadas en los diferentes ámbitos relevantes.

Tabla 7 – Barreras a la adopción de la eficiencia energética en motores y sistemas de frío

Ámbito	Retos
Económico y Financiero	Altos costos de inversión en relación con motores de baja eficiencia Ausencia de mecanismos de financiamiento
Regulatorio e institucional	Ausencia de un marco legal específico que promueva y coordine las acciones necesarias para implementar la eficiencia energética en la industria y viabilice los recursos necesarios para el despliegue de las acciones necesarias para la construcción de capacidades, el monitoreo y verificación, la investigación, el desarrollo de instrumentos y la instauración de mecanismos de financiamiento específicamente dirigidos a la eficiencia energética de equipamiento industrial.
	Subsidio a la tarifa de electricidad en general y subsidio cruzado entre categorías de consumo. Los más grandes "apoyan" a los consumidores más pequeños. Por tanto, los pequeños consumidores reciben, por así decirlo, un doble subsidio.
	Falta de penalización de bajo factor de potencia en algunas distribuidoras. El bajo factor de potencia reduce la eficiencia y la capacidad del sistema eléctrico, tanto del lado de la compañía suministradora como de la industria. Los motores de eficiencia normalizada operan con un alto factor de potencia, siempre y cuando no trabajen por debajo del 65% de su carga.
Normativo	Ausencia de Estándares Mínimos de Rendimiento Energético MEPS para motores y equipamiento de refrigeración industrial o equipos de frío.

¹⁴ Fuente: Línea de base establecida en el marco del trabajo de Diseño del Programa de Eficiencia Energética para el sector industrial Boliviano, que está en proceso de ejecución a cargo del PEERR – Programa de Energías Renovables de la GIZ.

	Ausencia de base normativa que establezca los métodos de ensayo y verificación de los MEPS, así como los requisitos para el etiquetado de los motores eléctricos y equipamiento de frío.
Mercado	Comportamiento de la demanda de motores y la extendida vida útil de estos (hasta 20 años). La oportunidad de compra de un nuevo motor (eficiente) surge ante la falla completa del motor en operación, que ocurre normalmente al final o más allá de su vida útil. Cuando esto ocurre y el tiempo apremia, para evitar retrasos en la producción, se busca la opción más rápida que la mayoría de las veces no es la más eficiente en términos de eficiencia.
Técnico	Falta de capacidad y apoyo técnicos que encaminen el diseño de proyectos de implementación de motores eficientes.
	Falta de información y capacidad técnica para evaluar los ahorros potenciales por el aumento en la eficiencia de los motores.
	Falta de capacidades técnica y de infraestructura acreditada para la prueba de equipamiento eficiente.
Ambiental	Ausencia de un adecuado sistema de disposición final de los motores a ser reemplazados.

Fuente: Elaboración propia con base en la información recopilada de las fuentes correspondientes.

4.3 Consideraciones del diagnóstico para la propuesta de directriz

En esta sección se puntualiza las consideraciones que se logran extraer del análisis de diagnóstico y que sirven de base para la elaboración de la propuesta de directriz para la implementación de la eficiencia energética en el sector industrial, específicamente en lo que se refiere a motores y equipos de frío.

Motivaciones para implementar eficiencia energética en la industria

- Debiera considerarse que el principal impulsor para desplegar acciones de eficiencia energética en el sector industrial, específicamente motores y equipos de frío, es el factor económico y estratégico de incremento de productividad inherente en la eficiencia energética. Del análisis presentado, se cuenta con una idea de la magnitud de ahorros económicos que representa la implementación de la eficiencia energética a nivel industrial y a nivel del Estado Boliviano.
- También resulta importante el hecho que la eficiencia energética se constituye en herramienta clave para la reducción de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y el cumplimiento del objetivo global de mantener o no sobrepasar el delta de temperatura de calentamiento de 1.5 grados centígrados. Un calentamiento de mayor magnitud resultaría catastrófico para la humanidad. Como estrategia contra el cambio climático, bien podemos tomar mano de las oportunidades financieras que se pueden dar como signatarios del Acuerdo de París y la presentación de las NDC.

- La eficiencia energética también se constituye en un medio efectivo para contribución de los objetivos y metas de desarrollo sostenible. Con la Eficiencia Energética podemos contribuir directa y específicamente con 5 Objetivos de Desarrollo Sostenible como resalta la Figura 1

Figura 1 – Contribución de la eficiencia energética con 5 Objetivos de Desarrollo Sostenible (resaltados en azul)



Consideraciones para el diseño

- Una de las complejidades que surge al momento de plantear un instrumento de política como la directriz objeto de este documento, es qué tan importante debiera ser el componente de regulación o reglamentación. No es cuestión de solo establecer medidas obligatorias, sino poder introducir mecanismos persuasivos y mecanismos que faciliten una transición hacia la eficiencia, es decir hacia una elección de la sustitución de los motores. Ese debiera ser el objetivo final de la directriz, poner en marcha todos los elementos y mecanismos necesarios para facilitar una transición hacia una mayor eficiencia en el sector industrial, que podría llegar con la utilización de tecnología eficiente.
- Si bien es cierto que una buena parte de la aplicación de eficiencia energética en los equipos de frío industrial se cubre con la implementación de motores eficientes (motores del compresor y de los ventiladores), otros aspectos del sistema no se abordan aún en la mayoría de los países analizados, desde un punto de vista de regulación. Solo el equipamiento de refrigeración doméstico tiene la atención de la normativa en general, pero en el caso de los equipos de frío del sector industrial resulta complejo de normar. Ello puede deberse en parte, a la complejidad que presenta un sistema de frío industrial, el cual se encuentra constituido de diversos elementos. Solo el caso mexicano ha desarrollado normativa al respecto, específicamente para normar y

regular características de eficiencia energética de los evaporadores y condensadores.

- Existe un aspecto técnico importante en cuanto a la eficiencia energética de sistemas de refrigeración industrial que se debe puntualizar. Según la experiencia de auditorías energéticas desarrolladas en el marco del proyecto GREENPYME en Bolivia, se identificó que, uno de los principales orígenes de ineficiencias en el consumo energético de los sistemas de frío industriales, era las pérdidas frío o ganancias de calor que tenía el sistema a nivel del “agente” que recibe el frío (por ejemplo, una cámara de refrigeración). Problemas de diseño y de gestión afectan de sobremanera la eficiencia energética del sistema. Lógicamente, mientras más ganancias de calor tenga el sistema, menor será el rendimiento por muy eficiente que sea la tecnología. Este es un aspecto que debería considerarse al momento de plantear la normativa correspondiente.
- Se perfila plantear un diseño de directriz que implique actuación a nivel de:
 - la institucionalidad,
 - la estandarización y regulaciones,
 - la planificación,
 - la promoción de mecanismos de financiamiento e incentivos tributarios,
 - procedimientos para el monitoreo, evaluación y verificación,
 - la construcción de capacidades,
 - la comunicación y sensibilización.
- El enfoque de políticas integradas recomendado por Unidos por la Eficiencia (U4E por sus siglas en inglés)¹⁵ es un procedimiento probado para que los países puedan enfocar sus mercados hacia productos energéticamente eficientes. Este enfoque nos proporciona un esquema de base para el diseño de la directriz (ver Figura 2).

¹⁵ Unidos por la Eficiencia (U4E por sus siglas en inglés) es una iniciativa global puesta en marcha desde el 2015 para promover e impulsar una transición de uso a equipamiento más eficiente. Naciones Unidas Medio Ambiente lidera la iniciativa, con financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente y está apoyada o validada por compañías que tienen el interés común de migrar hacia el uso de un equipamiento energéticamente eficiente.

Figura 2 – Enfoque de Políticas Integradas de U4E aplicable al despliegue de acciones para la implementación de criterios de eficiencia energética en la adquisición de equipamiento



Fuente: U4E

- En cuanto a la institucionalidad, se identifica en todos los casos de experiencias estudiadas, la presencia de una institución del Poder Ejecutivo como ente principal responsable de la promoción de la eficiencia energética, y un ente adjunto a cargo de la ejecución de las acciones. En el caso de Brasil y específicamente en el caso concreto de la gestión de la eficiencia energética en el ámbito de la electricidad, el ente adjunto constituye el Programa Nacional para la Conservación de la Energía Eléctrica (PROCEL). En el caso mexicano, es la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) la encargada de implementar las acciones correspondientes.

Consideraciones en cuanto a los estándares y regulaciones

- El análisis de las experiencias regionales analizadas sugiere que la introducción de Estándares Mínimos de Rendimiento Energético (MEPS) como instrumento de política de eficiencia energética en motores es favorable. La mayoría de los países tiene IE2 como mínimo estándar de cumplimiento en motores, siendo el caso de Brasil único en la región en igualar a Estados Unidos, Canadá y México con un nivel mínimo IE3. La Guía de U4E sugiere que, como punto de partida, en países que no se cuenta con una industria de fabricación de motores, se considere un MEPS de clase IE3: Eficiencia Premium. Se hace notar que, según la clasificación del IEC, ahora ya existen grados de eficiencia de motores por encima de IE3 que son IE4 (Eficiencia Súper Premium) y IE5 (Eficiencia Ultra Premium). De la experiencia técnica acumulada con la realización de auditorías energéticas, se asume que el mayor porcentaje de motores en el parque industrial tienen una clasificación de rendimiento IE1, principalmente, y probablemente en contadas ocasiones un IE2 (las

empresas con motores grandes). No obstante, este dato debiera comprobarse con un estudio a profundidad del parque de motores en el sector industrial boliviano.

- Un rango de potencias de motores, a regular, de entre 1 hp y 500 hp abarcaría todas las categorías industriales. La totalidad de las regulaciones abarcan este abanico de potencias en motores.
- En cuanto al establecimiento de MEPS, no se debe perder de vista el establecer los mecanismos y recursos necesarios para el control y fiscalización que respalde la regulación.
- En el país, se encuentran en desarrollo, iniciativas de regulación y normativa relacionadas con etiquetado de equipamiento doméstico y luminarias LED. Las acciones propuestas en este ámbito podrán encaminarse sobre la base de las capacidades técnicas e institucionales que se están desarrollando con estas iniciativas.

Consideraciones en cuanto a mecanismos de financiamiento e incentivos

- En cuanto a las posibilidades de financiamiento a través de la banca privada, se debe mencionar que, si bien en la actualidad no se encuentra aún la confianza necesaria o el conocimiento técnico como para desarrollar una línea de crédito dirigida a la eficiencia energética, la tendencia del mercado internacional tarde o temprano tendrá su influencia en Bolivia. La tendencia, sobre todo en la banca de Europa y de más en más relevante en Latinoamérica, es la "descarbonización" de las carteras como parte de los compromisos adquiridos bajo el Acuerdo de París. Bajo estos compromisos, la industria financiera debe buscar que sus carteras tengan reducidas emisiones de carbono, por lo que los proyectos de eficiencia energética se tornan cada vez más atractivos para esta industria.
- Además de los mecanismos de financiamiento que se identificaron, y sobre la base de los cuales se desarrollará la propuesta, se considera también el hecho que Bolivia está en proceso de presentar su segundo Compromiso Nacional Determinado (NDC) en el cual se han introducido medidas de mitigación a nivel del sector energético. Algunas de estas medidas se refieren a eficiencia energética. En este marco, el Estado Boliviano podría desarrollar una solicitud de apoyo financiero para la implementación de medidas de Eficiencia Energética a través del Fondo Verde para el Clima (GCF).

Consideraciones en cuanto al alcance de la directriz

- Al no contarse con más información, en cuanto a las características de los motores y equipos de frío presentes en el sector industrial, que la que se extrae de la experiencia con las auditorías energéticas que se han realizado en el país durante los últimos años, sistematizada en parte en el Estudio del Potencial de la Eficiencia Energética del PEERR, debemos hacer las siguientes suposiciones.

En cuanto a motores, la directriz estará dirigida a:

- Motores de inducción trifásicos, que son los más usados en el sector industrial por la sencillez de su construcción, robustez y relativo bajo costo.
- Motores con dos, cuatro, seis y ocho polos, con rotor de jaula de ardilla, 50 y 60 Hz, voltaje nominal de hasta 1000V y de un rango de potencia de entre 0.75 kW y 375 kW (de 1 hp hasta 500 hp). Este rango representa alrededor de dos tercios de la energía que consumen los motores a nivel mundial¹⁶.

En cuanto a los sistemas de frío, la directriz apuntará a:

- Los sistemas industriales de refrigeración que no sean compactos y en los cuales se puedan realizar cambios o ajustes a nivel de cada componente del sistema.

5 PROPUESTA DE DIRECTRIZ

La propuesta de directriz consiste en un conjunto de políticas integradas y elementos que se deben desarrollar y desplegar para implementar eficiencia energética en el sector industrial, específicamente en motores y equipos de frío.

En lo que concierne a **motores**, se busca:

- Fomentar la sustitución de motores actuales por motores de mayor eficiencia, aquéllos que cumplan con Estándares Mínimos de Rendimiento Energético (MEPS) o niveles de rendimiento mayores.
- Instalación de variadores de frecuencia junto con el motor eficiente.
- Reemplazos de motores ineficientes previo a la consecución de su vida útil.

En equipos de frío, se busca:

- Fomentar la sustitución de los motores del sistema, por motores de mayor eficiencia (motores de los compresores, ventiladores, bombas de agua de refrigeración, entre los más importantes).
- Fomentar la reducción de las ganancias de calor a nivel del sistema, luego de una evaluación rigurosa de éstas.

Se propone un despliegue de acciones en dos escenarios temporales: un escenario de preparación y un escenario de ejecución (Figura 3).

¹⁶ Fuente: Guía Motores U4E.

Figura 3 – Modelo propuesto de desarrollo e implementación de los instrumentos de política necesarios para implementar eficiencia energética en el sector industrial, con énfasis en motores y sistemas de frío



5.1 Escenario de preparación

El Escenario de preparación consiste en todas las acciones de desarrollo de los elementos e instrumentos de política necesarios para canalizar las implementaciones de eficiencia energética a nivel de motores y sistemas de frío en el sector industrial.

Se propone que la fase de preparación, así como la fase de ejecución, se desarrolle en el marco de la puesta en marcha del Programa de Eficiencia Energética para el sector industrial que, al momento de elaboración de esta propuesta, se encuentra en diseño. Se prevé una fase de preparación de aproximadamente 3 años, tiempo en el cual se propone desarrollar los elementos que se proponen a continuación.

5.1.1 Primer elemento: Desarrollo del marco legal e institucional

De acuerdo con lo que presenta la

Tabla 6, Bolivia cuenta con un marco legal base como para ir desprendiendo instrumentos legales como decretos u ordenanzas a nivel del Ministerio de Hidrocarburos y Energía (MHE), que vayan viabilizando acciones de regulación, creación de incentivos tributarios, mecanismos de financiamiento entre otros instrumentos.

No obstante, según las experiencias estudiadas de los países vecinos, una base sólida legal para dar luz a las acciones de eficiencia energética es la presencia de una Ley de Eficiencia Energética. Con una Ley, se asegura una sólida y clara distribución de responsabilidades, un robusto marco institucional y legal, así como la disposición de recursos públicos para impulsar las acciones.

En este sentido se propone, según el estado en el que se encuentre la Ley N° 305 sobre el uso racional de la energía (ver

Tabla 6), elaborar, sobre la base de esta Ley, la **Ley de Eficiencia Energética de Bolivia**, dado el carácter estratégico que implica la Eficiencia Energética para el país. Podría realizarse una revisión y actualización de la Ley N° 305 de forma que establezca, entre otros:

- Las competencias de los responsables del Poder Ejecutivo (Ministerio de Hidrocarburos y Energía) a cargo de promocionar y gestionar la Eficiencia Energética.
- El desarrollo y la institucionalización del Programa de Eficiencia Energética promulgado por Decreto, y del Programa de Eficiencia Energética para el sector industrial, que se encuentra en etapa de elaboración.
- Responsabilidades de las empresas que otorgan un servicio energético así como los incentivos para dichas empresas.

Fuentes, incentivos y mecanismos de financiamiento que el Estado puede poner a disposición para las acciones que impulsa la Ley. Por ejemplo, parte de los ahorros que perciba el Estado por la reducción del consumo de gas natural en la generación, pueden gestionarse a través de esta Ley.

5.1.2 Segundo elemento: Estandarización y regulación

La normativa y regulaciones son importantes para el éxito de la transformación del mercado y así impulsar el uso de equipamiento eficiente. Evidentemente, no pueden establecerse de la noche a la mañana, mucho menos ponerlos en vigencia inmediatamente, sin establecer las condiciones necesarias para su cumplimiento. Por esta razón se propone, durante la fase de preparación, que tiene un horizonte de duración de tres años, desarrollar los estándares y regulación que permita acondicionar un mercado de motores y equipamiento para sistemas de refrigeración, energéticamente eficientes.

Debemos resaltar la diferencia entre un estándar, que es de cumplimiento voluntario, y de una regulación, que es de cumplimiento obligatorio. Normalmente las regulaciones se desarrollan sobre la base de los estándares técnicos desarrollados bajo el liderazgo de la institución nacional de normalización pertinente. En el caso de Bolivia, el IBNORCA.

Como se aprecia en la Tabla 4, existen estándares internacionales ya desarrollados que norman la eficiencia energética de los motores. Todos los países analizados, basan su normativa en estas normas internacionales que han sido desarrolladas por la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC). Y la regulación correspondiente se desprende de la normativa desarrollada.

Sobre la base de este patrón de estandarización y regulación a nivel regional e internacional y los lineamientos de mejores prácticas de Unidos por la Eficiencia (U4E), se propone desarrollar el siguiente esquema de estandarización y regulación.

Tabla 8 – Esquema de regulación y estandarización para eficiencia energética en motores con base en Estándares Nacionales desarrollados con base en la normativa IEC correspondiente

Contenido mínimo de la Regulación	Base Normativa Internacional	Normativa Nacional a desarrollarse
1. Alcance: equipos cubiertos y exclusiones	IEC 60034-1 – Características y condiciones de desempeño	Norma NB por desarrollar con base en y en referencia con: IEC 60034-1, IEC 60072-1 IEC 60034-30-1 IEC 60034-2-1 IEC 60027-1 IEC 60027-4
	IEC 60072-1 – Dimensiones de Motores	
2. Requerimientos mínimos de EE (MEPS)	IEC 60034-30-1: Clases de Eficiencia de Motores	
3. Métodos de ensayo	IEC 60034-2-1: Métodos de ensayo para determinar la eficiencia energética de los motores	
4. Etiquetado	IEC 60034-1 IEC 60027-1 y 60027-4	

Fuente: Elaboración propia con base en la información del diagnóstico y los lineamientos de la Guía para Regulación de Eficiencia Energética de Motores de U4E

Tabla 9 – Modelo y contenido mínimo de la Regulación de Eficiencia Energética para Motores

Contenido de la Regulación	Pautas de contenido
1. Alcance: equipos cubiertos y exclusiones	<p>Especificar cuáles son los equipos cubiertos por la regulación, es decir motores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con índice de rendimiento y características de funcionamiento de acuerdo con IEC 60034-1 (y/o la normativa nacional a desarrollarse) - Con tamaños de acuerdo con IEC 60072-1 - Tienen una potencia nominal de entre 0.75 y 375 kW - Con 2, 4, 6 u 8 polos - Voltaje nominal hasta 1000 V - Frecuencia nominal de 50 Hz. - Entre otras especificaciones. <p>También se deberán especificar las exclusiones.</p>
2. Términos y Definiciones	Se especificarán todas las definiciones necesarias para la comprensión de la Regulación.

Contenido de la Regulación	Pautas de contenido																																																																																																																							
<p>3. Requerimientos mínimos de EE (MEPS): apuntamos a IE3</p>	<p>La eficiencia energética nominal del motor no debe ser menor que el valor especificado en la tabla siguiente, a plena carga y bajo condiciones nominales de operación. Para motores con una potencia de salida nominal distinta de los valores especificados en la tabla siguiente, pero dentro del rango de 0.75 kW-375 kW, se aplicará el valor de eficiencia determinado de acuerdo con el método de interpolación especificado en IEC 60034-30-1 (y/o la normativa nacional a desarrollarse).</p> <p>Requerimientos mínimos de EE nominal para motores de 50 Hz (Clase IE3)</p> <table border="1" data-bbox="501 618 1350 1464"> <thead> <tr> <th data-bbox="501 618 679 719" rowspan="2">Potencia nominal (kW)</th> <th colspan="4" data-bbox="679 618 1350 651">Eficiencia Energética (%)</th> </tr> <tr> <th data-bbox="679 651 847 719">2 polos</th> <th data-bbox="847 651 1015 719">4 polos</th> <th data-bbox="1015 651 1182 719">6 polos</th> <th data-bbox="1182 651 1350 719">8 polos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.75</td><td>80.7</td><td>82.5</td><td>78.9</td><td>75.0</td></tr> <tr><td>1.1</td><td>82.7</td><td>84.1</td><td>81.0</td><td>77.7</td></tr> <tr><td>1.5</td><td>84.2</td><td>85.3</td><td>82.5</td><td>79.7</td></tr> <tr><td>2.2</td><td>85.9</td><td>86.7</td><td>84.3</td><td>81.9</td></tr> <tr><td>3</td><td>87.1</td><td>87.7</td><td>85.6</td><td>83.5</td></tr> <tr><td>4</td><td>88.1</td><td>88.6</td><td>86.8</td><td>84.8</td></tr> <tr><td>5.5</td><td>89.2</td><td>89.6</td><td>88.0</td><td>86.2</td></tr> <tr><td>7.5</td><td>90.1</td><td>90.4</td><td>89.1</td><td>87.3</td></tr> <tr><td>11</td><td>91.2</td><td>91.4</td><td>90.3</td><td>88.6</td></tr> <tr><td>15</td><td>91.9</td><td>92.1</td><td>91.2</td><td>89.6</td></tr> <tr><td>18.5</td><td>92.4</td><td>92.6</td><td>91.7</td><td>90.1</td></tr> <tr><td>22</td><td>92.7</td><td>93.0</td><td>92.2</td><td>90.6</td></tr> <tr><td>30</td><td>93.3</td><td>93.6</td><td>92.9</td><td>91.3</td></tr> <tr><td>37</td><td>93.7</td><td>93.9</td><td>93.3</td><td>91.8</td></tr> <tr><td>45</td><td>94.0</td><td>94.2</td><td>93.7</td><td>92.2</td></tr> <tr><td>55</td><td>94.3</td><td>94.6</td><td>94.1</td><td>92.5</td></tr> <tr><td>75</td><td>94.7</td><td>95.0</td><td>94.6</td><td>93.1</td></tr> <tr><td>90</td><td>95.0</td><td>95.2</td><td>94.9</td><td>93.4</td></tr> <tr><td>110</td><td>95.2</td><td>95.4</td><td>95.1</td><td>93.7</td></tr> <tr><td>132</td><td>95.4</td><td>95.6</td><td>95.4</td><td>94.0</td></tr> <tr><td>160</td><td>95.6</td><td>95.8</td><td>95.6</td><td>94.3</td></tr> <tr><td>200 - 375</td><td>95.8</td><td>96.0</td><td>95.8</td><td>94.6</td></tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Norma IEC 60034-30-1</p>	Potencia nominal (kW)	Eficiencia Energética (%)				2 polos	4 polos	6 polos	8 polos	0.75	80.7	82.5	78.9	75.0	1.1	82.7	84.1	81.0	77.7	1.5	84.2	85.3	82.5	79.7	2.2	85.9	86.7	84.3	81.9	3	87.1	87.7	85.6	83.5	4	88.1	88.6	86.8	84.8	5.5	89.2	89.6	88.0	86.2	7.5	90.1	90.4	89.1	87.3	11	91.2	91.4	90.3	88.6	15	91.9	92.1	91.2	89.6	18.5	92.4	92.6	91.7	90.1	22	92.7	93.0	92.2	90.6	30	93.3	93.6	92.9	91.3	37	93.7	93.9	93.3	91.8	45	94.0	94.2	93.7	92.2	55	94.3	94.6	94.1	92.5	75	94.7	95.0	94.6	93.1	90	95.0	95.2	94.9	93.4	110	95.2	95.4	95.1	93.7	132	95.4	95.6	95.4	94.0	160	95.6	95.8	95.6	94.3	200 - 375	95.8	96.0	95.8	94.6
Potencia nominal (kW)	Eficiencia Energética (%)																																																																																																																							
	2 polos	4 polos	6 polos	8 polos																																																																																																																				
0.75	80.7	82.5	78.9	75.0																																																																																																																				
1.1	82.7	84.1	81.0	77.7																																																																																																																				
1.5	84.2	85.3	82.5	79.7																																																																																																																				
2.2	85.9	86.7	84.3	81.9																																																																																																																				
3	87.1	87.7	85.6	83.5																																																																																																																				
4	88.1	88.6	86.8	84.8																																																																																																																				
5.5	89.2	89.6	88.0	86.2																																																																																																																				
7.5	90.1	90.4	89.1	87.3																																																																																																																				
11	91.2	91.4	90.3	88.6																																																																																																																				
15	91.9	92.1	91.2	89.6																																																																																																																				
18.5	92.4	92.6	91.7	90.1																																																																																																																				
22	92.7	93.0	92.2	90.6																																																																																																																				
30	93.3	93.6	92.9	91.3																																																																																																																				
37	93.7	93.9	93.3	91.8																																																																																																																				
45	94.0	94.2	93.7	92.2																																																																																																																				
55	94.3	94.6	94.1	92.5																																																																																																																				
75	94.7	95.0	94.6	93.1																																																																																																																				
90	95.0	95.2	94.9	93.4																																																																																																																				
110	95.2	95.4	95.1	93.7																																																																																																																				
132	95.4	95.6	95.4	94.0																																																																																																																				
160	95.6	95.8	95.6	94.3																																																																																																																				
200 - 375	95.8	96.0	95.8	94.6																																																																																																																				
<p>4. Métodos de ensayo</p>	<p>Deberá describirse los métodos de ensayo para la verificación de la eficiencia energética de los motores en cuestión. Norma base: IEC 60034-2-1 (y/o normativa nacional a desarrollarse). A los motores individuales se les permite una tolerancia positiva en las pérdidas totales de acuerdo con IEC 60034-1. Por ejemplo 15 % para motores de menos de 150 kW y 10 % para motores de más de 150 kW. Esta tolerancia se relaciona solo con la verificación de los parámetros medidos por las autoridades competentes y no debe ser utilizada por el fabricante, importador o representante autorizado.¹⁷</p>																																																																																																																							
<p>5. Etiquetado</p>	<p>Deberá especificarse la información que se necesita divulgar en la o las placas del motor y/o en documentación técnica que se deberá adjuntar, de acuerdo con la normativa nacional que se</p>																																																																																																																							

¹⁷ Guía Regulación Modelo de Unidos por la Eficiencia (U4E).

Contenido de la Regulación	Pautas de contenido
	vaya a desarrollar sobre la base de la normativa IEC 60034-1, IEC 60027-1 y 60027-4.
6. Registro	Los importadores y fabricantes de motores (si se identificara alguno) objeto de la regulación deberán figurar en el registro de la autoridad designada.
7. Monitoreo y verificación	Para verificar la eficiencia energética alegada de un diseño de motor alcanzado por esta regulación, la autoridad de monitoreo del mercado designada probará cualquier motor individual que se elija del mercado en cualquier momento, a su exclusivo criterio, de acuerdo con el método de ensayos establecido más arriba.

Fuente: Elaboración propia con base en la información del diagnóstico y los lineamientos de la Guía para Regulación de Eficiencia Energética de Motores de U4E

Algunas puntualizaciones:

- Establecer MEPS y los métodos de ensayo para la verificación de estos MEPS con base en la normativa IEC, en el caso de motores industriales, permite alinearlos a mejores prácticas de estandarización y armonizar nuestros esquemas con aquéllos de los países de la región. Por ello la importancia y relevancia de estudiar las mejores prácticas de los países vecinos.
- Si no existe algún grado de obligatoriedad en su aplicación, los MEPS y programas de etiquetado quedan virtualmente en la inutilidad. De ahí que resulta necesario que el ente designado (en este caso el IBMETRO) pueda verificar que los requerimientos solicitados por regulación están siendo respetados por los agentes del mercado.
- Otro actor que tendrá relevancia en el cumplimiento de la normativa es la aduana del país. Este desempeñará un papel importante dado que se trata de un organismo dotado de potestad para fiscalizar y aplicar la prohibición de no ingreso al país de equipamiento que no cumpla con los requisitos de etiquetado.

Regulación y estandarización para sistemas de frío

Debe señalarse, inicialmente, que cada sistema de refrigeración responde a condiciones particulares y utiliza distintos equipos y gases refrigerantes para alcanzar y mantener la temperatura adecuada. La eficiencia energética de un sistema de frío está determinada por dos factores:

- La potencia frigorífica: es decir, la cantidad de “frío a producir”, o la cantidad de calor que queremos extraer de un ambiente.
- La potencia energética: que se define por la cantidad de energía inyectada al sistema para producir el frío requerido, es decir, la energía eléctrica.

Un sistema de refrigeración eficiente debe garantizar la mayor potencia frigorífica con la menor potencia energética posible. Por lo que, cuanto mayor sea esta relación, mayor será la eficiencia del sistema de frío. Se llama a esta relación el Coeficiente de Rendimiento, denotado por COP.

Dicho esto, es evidente que, con la regulación de motores en cuanto a su eficiencia energética, cubrimos una buena parte de la mejora de la eficiencia energética de los sistemas de frío. Esto porque estamos actuando sobre la eficiencia energética de los motores del compresor, de los ventiladores y/o de las bombas de agua de enfriamiento. En ciertos rubros de la mediana y gran empresa, estos motores llegan a consumir más de la mitad del consumo eléctrico total.

Ahora bien, no es evidente un procedimiento o normativa para establecer un nivel mínimo de rendimiento energético a nivel del sistema de frío. Ciertamente, las variables del sistema no son comparables entre caso y caso. Es decir, no podemos establecer un nivel de COP mínimo pues entre caso y caso, éstos no son comparables. Se desconoce si existe experiencia, a nivel regional, de normativa de eficiencia energética a nivel de sistemas de frío industriales (sí existe mucha experiencia y normativa de regulación en cuanto a equipamiento de refrigeración doméstico). Solo en el caso mexicano se ha identificado normativa referida a eficiencia en condensadores y evaporadores por separado (ver Tabla 5).

En el caso del equipamiento de refrigeración doméstico, el concepto detrás del establecimiento de niveles mínimos de eficiencia energética es el Índice de Eficiencia Energética (IEE). Este índice se calcula de la relación del consumo de energía medio del aparato, obtenido por medición, y el consumo de energía normalizado del mismo. Cuanto menor es este valor, más eficiente es el equipo.

En este contexto, y adicionando el hecho que con las auditorías de eficiencia energética realizadas con GREENPYME, se identificó que uno de los principales problemas de ineficiencias en los sistemas de frío industriales se originaba por excesivas ganancias de calor, se propone lo siguiente:

En el caso de los sistemas de frío, evaluar el introducir un criterio de evaluación de niveles mínimos de rendimiento energético de los sistemas de frío industriales a través de la definición del Índice de Eficiencia del Sistema (SEI por sus siglas en inglés), el cual se define por:

$$SEI = \text{COP real (medido)} / \text{COP ideal (o de Carnot)}$$

La introducción del SEI ofrece una solución atractiva de comparación y regulación ya que con este puede definirse cuán cercano está el ciclo del sistema real respecto al ciclo sin pérdidas o ideales (Ciclo de Carnot), haciendo este valor independiente de las condiciones de trabajo¹⁸.

¹⁸ Fuente: RefriAPP, bureau de ingeniería española que ofrece soluciones técnicas para sistemas de refrigeración. El Índice de Eficiencia del Sistema (SEI) fue propuesto independientemente por el Instituto de la

Este concepto no puede desarrollarse más en este documento debido a que requiere de una mayor investigación que excede el tiempo y alcance de la propuesta. Esta investigación puede abordarse como parte de las acciones de construcción de capacidades y conocimiento técnico que se recomienda realizar, como parte del Cuarto elemento: Desarrollo de capacidades e instrumentos técnicos, del Escenario de Preparación.

5.1.3 Tercer elemento: Desarrollo y despliegue de mecanismos de financiamiento e incentivos

Una de las principales trabas para la sustitución de los motores estándar por motores de alta eficiencia, es la inversión incremental que supone en relación con un motor estándar. Más aún, si el motor no presenta fallas, el industrial no considera necesaria su sustitución. Por esta razón, un elemento muy importante a desarrollar en este esquema de directriz, son los mecanismos de financiamiento e incentivos que hagan posible que los industriales, de buena forma, puedan cumplir con los requerimientos de eficiencia energética, una vez se ponga en marcha la regulación correspondiente. Bajo el esquema propuesto, esto podrá ocurrir luego de la preparación de los instrumentos de regulación, legislación, técnicos y de mercado.

Como parte de las actividades del Escenario de preparación se propone considerar, evaluar, trabajar, desarrollar y proyectar los siguientes mecanismos de financiamiento e incentivos, para dirigirlos a los fines de adquisición de nuevo equipamiento eficiente o la implementación de medidas de eficiencia energética destinadas al aumento de la eficiencia de motores y sistemas de frío.

a. Incentivos tributarios.

Así como se está procediendo con las lámparas LED, se sugiere diseñar incentivos tributarios que hagan más atractiva la adquisición de un motor de alta eficiencia. Como el caso mencionado de las lámparas LED, se puede evaluar:

- Establecer una alícuota cero para los aranceles de importación de motores de eficiencia clase IE3.
- Exclusión del IVA en la compra/importación de motores de clase IE3 y equipamiento (como por ejemplo variadores de frecuencia) necesario para elevar la eficiencia energética en motores y equipos de frío.

b. Fideicomiso FIDERIN.

Los préstamos que se están otorgando al empresariado a través del BDP y Banco Unión con fondos del Fideicomiso de Reactivación de la Industria Nacional (FIDERIN), bien podrían dirigirse también a equipamiento de mayor rendimiento energético. Esto considerando que la eficiencia energética es estratégica para una reactivación económica del industrial (por los ahorros que implica) y con menores impactos sobre el medio ambiente y el cambio climático. Dentro de la evaluación de la capacidad de pago del industrial, puede considerarse los ahorros económicos a percibirse. En este sentido, debe desarrollarse la suficiente capacidad técnica por el lado del industrial, para que pueda presentar sólidos y robustos cálculos de los ahorros a percibirse, y por el lado del BDP y Banco Unión, para evaluar adecuadamente los proyectos de eficiencia energética.

Al momento de actualizar/elaborar la Ley de Eficiencia Energética, se podría definir el destinar a FIDERIN, parte de los ahorros que perciba el Estado por la reducción del consumo de gas natural en la generación de electricidad, como consecuencia de la aplicación del Programa de Eficiencia Energética en el sector industrial (en etapa de desarrollo a cargo del PEERR).

c. Financiamiento a través de las distribuidoras

Se propone organizar un esquema de subvención y préstamos a través de las distribuidoras como ocurre en el Brasil y, como de cierta forma, también ocurre actualmente en las distribuidoras. En efecto, cuando una empresa debe adquirir un nuevo transformador o medidor, la distribuidora le vende el equipo cobrándoselo en cómodas cuotas mensualmente con la factura del servicio eléctrico.

Bajo este esquema de intermediación, la distribuidora puede buscar alguna alianza con un fabricante de motores, como WEG en el Brasil, y poner a disposición de los empresarios motores eficientes IE3 y variadores de frecuencia. Con la alianza con WEG, podrían buscarse convenientes precios de compra, y con los incentivos tributarios, reducir aún más los costos de inversión para el empresario. De esta forma, se ofrecen condiciones favorables de compra y repago mensual con la factura eléctrica.

Este es un mecanismo que también podría definirse por Ley.

d. Líneas de crédito o leasing con BDP

El BDP ya cuenta con una línea de "leasing" para financiar equipamiento industrial en general. El financiamiento de motores eficientes u otro equipamiento de alta eficiencia para sistemas de frío bien podría entrar dentro de este esquema de Leasing. Para el repago o definir las cuotas mensuales, el BDP puede considerar el nivel de ahorros energéticos que se percibirán por la implementación.

e. Financiamiento a través del Fondo Verde para el Clima (GCF)

En el marco de su NDC, Bolivia puede aplicar a fondos del Fondo Verde para el Clima (GCF) en la temática de mitigación de los efectos de cambio climático. Se considera que el país tiene una buena opción de acceder a estos fondos considerando que en su segundo NDC, que está en proceso de presentación, se incluye la eficiencia energética como instrumento de mitigación de los efectos del cambio climático. Se puede considerar diseñar y presentar un proyecto similar al del proyecto de El Salvador. Solicitar fondos que, a través del BDP, puedan encaminarse al financiamiento de proyectos de eficiencia energética.

5.1.4 Cuarto elemento: Desarrollo de capacidades técnicas, de investigación e instrumentos técnicos

En este punto, se establecen las siguientes líneas de acción:

a. El desarrollo de las capacidades técnicas a nivel de los actores responsables del desarrollo y ejecución de las políticas integradas.

Tabla 10 – Metas de desarrollo de capacidades a nivel de los diferentes actores responsables del desarrollo y ejecución de las políticas integradas

Actor	Necesidades de capacitación
<i>Técnicos de las entidades del Estado</i>	- Conocimiento necesario para apoyar el desarrollo de los elementos de la directriz y para viabilizar, según sus responsabilidades, todas las acciones necesarias en los Escenarios de Preparación y Ejecución.
<i>IBMETRO</i>	- Desarrollo de capacidades a nivel del o los laboratorios de verificación según la normalización y regulación que se desarrolle. - Conseguir las capacidades y acreditación necesaria para conducir las pruebas de eficiencia energética de los motores que se importan, según el muestreo correspondiente.
<i>ESCOS o empresas de servicios de energía</i>	- Es necesario crear capacidades, a nivel de empresas que puedan prestar servicios de asistencia técnica a las industrias, en: <ul style="list-style-type: none">o La realización de auditorías energéticas que identifiquen las medidas de eficiencia energética en motores y sistemas de frío.o El desarrollo de cálculos robustos de las potenciales reducciones en el consumo energético eléctrico y los correspondientes ahorros. Este aspecto toma vital importancia en un esquema en el que la industria opte por financiar las implementaciones a través de alguno de los mecanismos de financiamiento que se vaya a materializar.

Actor	Necesidades de capacitación
<i>Entidades financieras</i>	<ul style="list-style-type: none"> - En las entidades financieras es necesaria la capacitación de los técnicos que estén a cargo de ejecutar las líneas de financiamiento destinadas a eficiencia energética. Deben ser capaces de evaluar adecuadamente los proyectos que se presentan para financiamiento. - Apoyo técnico especializado podrá ser necesario para el diseño de la línea de financiamiento y el establecimiento de los criterios de evaluación.
<i>Talleres de Reparación</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Como parte de las acciones complementarias y siguiendo el ejemplo del caso brasilero, se deberían considerar esfuerzos de capacitación a nivel de los talleres mecánicos que prestan servicios de reparación de motores, para: <ul style="list-style-type: none"> o Fomentar la adopción de las mejores prácticas en los talleres de reparación de motores. Se debe apuntar a introducir los procedimientos de reparación que no afecten el rendimiento original de los motores. o Mejorar la gestión de los residuos de grasas y lubricantes y sensibilizar acerca de los riesgos que éstos presentan al medio ambiente y a la salud de los trabajadores.

b. El desarrollo de las capacidades técnicas a nivel de las empresas.

Párrafos arriba se menciona que, el industrial no considera necesaria la sustitución de su motor si este no presenta fallas, o si las presenta, busca una reparación inmediata en desmedro de su eficiencia de trabajo. Lo cierto es que, en la mayoría de los casos, los industriales desconocen la eficiencia con la que están trabajando los motores o sus sistemas de frío.

A través de ESCOS (ver Tabla 10), el industrial debiera recibir la asistencia técnica necesaria como para identificar, diseñar y evaluar adecuadamente un proyecto de eficiencia energética en motores y sistemas de frío. El instrumento de asistencia técnica debiera constituir una auditoría energética, que hasta el momento, su costo ha sido subsidiado por la cooperación internacional. A través de esta asistencia técnica, el industrial debiera enterarse, entre otros de:

- La eficiencia con la que trabajan sus motores y los sistemas de frío.
- El balance energético de toda la planta y los principales centros de consumo.
- Las opciones de mejora en el rendimiento energético de toda la planta.
- Que, al momento de adquirir un motor de alta eficiencia, se debe:
 - o Evitar un excesivo sobredimensionamiento. Un dimensionamiento adecuado permite maximizar la eficiencia del motor. Normalmente, los motores trabajan a máxima eficiencia cuanto operan con un factor de carga de 75%. Se suele tener un margen de

sobredimensionamiento por motivos de seguridad del funcionamiento del motor. No obstante, muchas veces el sobredimensionamiento es excesivo lo que repercute en menores factores de carga, por tanto, menores eficiencias del motor.

- Considerar la instalación de variadores de frecuencia, en el caso de instalar motores de bombas, compresores, ventiladores y/o exhaustores. La variación de la velocidad del motor en función de la carga que se acciona implica considerables mejoras en términos de la eficiencia energética del motor.
- Evaluar el estado de los otros componentes del sistema accionado por el motor en sustitución, como tuberías y acoples que conducen los fluidos impulsados. Se pueden obtener incrementos adicionales en la eficiencia energética, por tanto, en la operación, si se cuenta con dispositivos de conducción con materiales de baja fricción.

c. El desarrollo de estudios técnicos y otros instrumentos de investigación que aporten con información clave para modelar y afinar las acciones, por un lado, e implementarlas, por el otro.

La investigación es clave para aportar con la información que aún se desconoce y se necesita para afinar y afianzar los instrumentos técnicos y de política. Por ejemplo, valdría la pena desarrollar:

- Un estudio de diagnóstico del mercado y parque de motores que existe en el sector industrial. Con este estudio se puede indagar en: (i) el tipo de motores instalados, (ii) los niveles de rendimiento, (iii) años en funcionamiento, (iv) rango de potencia instalada en motores, (v) tamaño de los motores; (v) las veces en que el motor fue rebobinado, entre otros aspectos. Convendría desarrollar el estudio para afinar los MEPS y demás instrumentos.
- Una investigación acerca del mejor indicador para la evaluación y fomento de la eficiencia energética en los sistemas de frío industriales. Como se menciona en la sección correspondiente, se propone el SEI como indicador para la evaluación energética de los sistemas de frío industriales. Es necesario, indagar en este concepto.
- El desarrollo de un protocolo de evaluación de los ahorros energéticos que permita a las instancias que otorgan el financiamiento o los incentivos, poder efectuar una verificación sólida de los mismos. Como en el caso colombiano, sería aconsejable desarrollar el procedimiento sobre la base de herramientas internacionales probadas como el Protocolo Internacional de Medida y Verificación (IPMVP) de la Organización para la Valoración de la Eficiencia (EVO).
- Guías técnicas sobre eficiencia energética en motores y sistemas de frío.

d. Sensibilización y concientización.

Desplegar campañas o actividades de divulgación y sensibilización específicas para informar, educar y obtener el apoyo de todos los actores, incluidas las industrias. En este ámbito, puede ser clave la participación de las distribuidoras, de las ESCOs, del mismo MHE, por mencionar algunos.

e. Mecanismos de control a nivel de las industrias.

Desarrollar a nivel de las industrias, un mecanismo de control y persuasión para migrar a motores y equipamiento de frío más eficiente. Se puede aprovechar el PMA (Plan de Manejo Ambiental) que las empresas categorizadas como A y B deben presentar anualmente, en el marco del cumplimiento del RASIM (el Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero).

5.1.5 Quinto elemento: Previsión para la gestión de los residuos sólidos

Al fomentarse la sustitución de equipamiento, se generará una cantidad importante de residuos y desechos sólidos. Entiéndase por residuos aquellos que aún pueden aprovecharse y desechos, aquellos residuos que ya no tienen más valor.

En el caso de Brasil, por ejemplo, se hicieron alianzas con los fabricantes de motores, como WEG, para que sean ellos mismos los que, al vender un motor, recojan el viejo que estaba siendo sustituido. La empresa fabricante se encarga de recuperar todas las partes metálicas reciclables y dar una adecuada disposición final a los desechos.

En el caso boliviano, al depender prácticamente en su totalidad de las importaciones, esta alianza se dificulta. Por tanto, se tendrá que desarrollar un sistema de gestión de estos residuos y desechos a nivel de cada una de las regiones (occidente, valle central y oriente), idealmente.

Puede crearse una instancia gestora de residuos de motores en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz encargada de:

- La recolección y recepción de los motores en desuso que hayan llegado al final de su vida útil.
- Recuperar las partes o los materiales que pueden reciclarse, y entregarlas a las empresas recicladoras correspondientes. Las piezas de hierro, acero, aluminio, cobre, acero inoxidable y latón que constituyen más del 98 por ciento del material del motor son reciclables.
- Asegurar una adecuada disposición final de los desechos.

En principio, con el reemplazo de los motores en un sistema de frío, no se afecta el refrigerante contenido. No obstante, igual se menciona la importancia de

prever la gestión, cuidado y manejo del refrigerante en caso de cualquier afectación que pueda producirse en un sistema de frío.

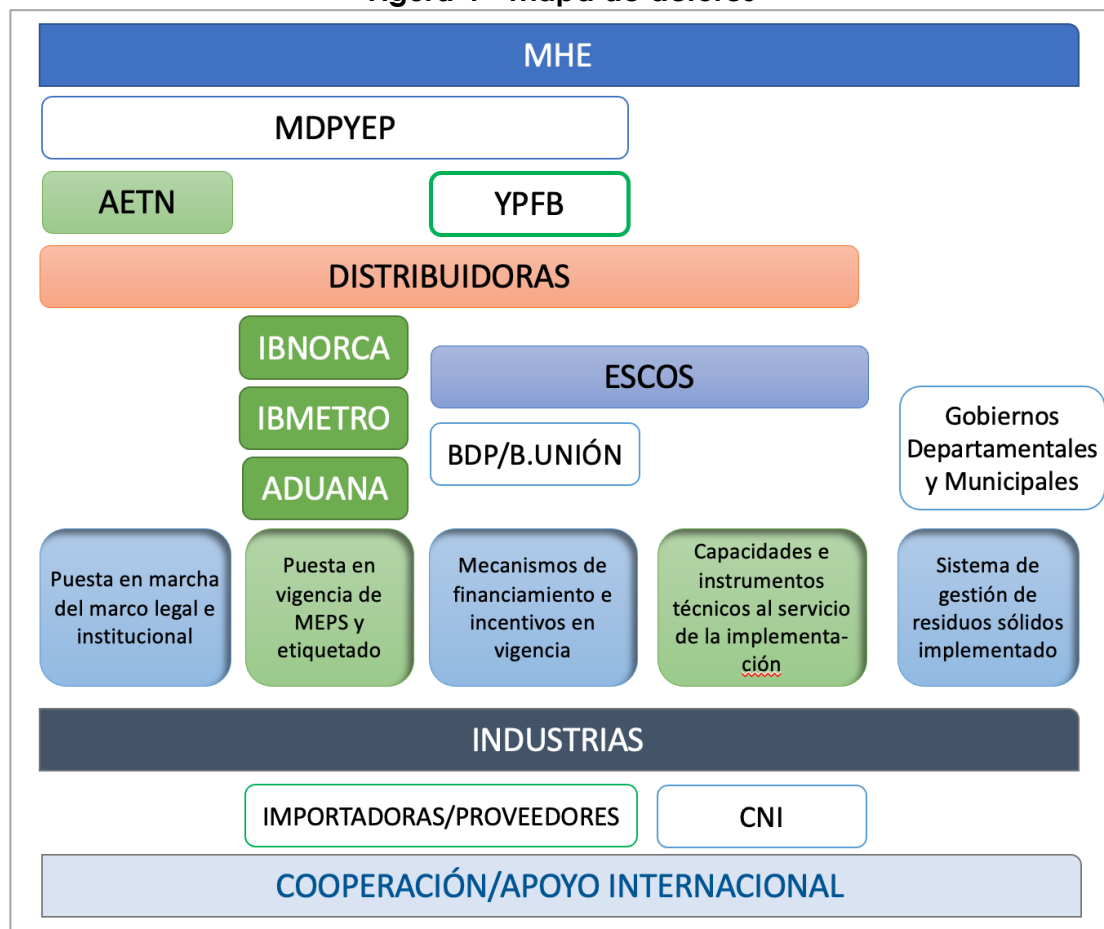
5.2 Escenario de ejecución

Es el momento de ejecutar las políticas integradas desarrolladas. Es así como, llegado el tiempo del escenario de ejecución, se debe desplegar:

La puesta en marcha del marco legal e institucional.
La puesta en vigencia del marco de estandarización y regulación: MEPS y etiquetado.
Los mecanismos de financiamiento e incentivos.
Las capacidades e instrumentos técnicos al servicio de la implementación.
La implementación de las gestoras de residuos de los motores o equipamiento sustituido por uno de alta eficiencia.

En la figura siguiente, se muestra un mapa de actores con relación a cada uno de los elementos de política que conforman esta propuesta de directriz.

Figura 4 – Mapa de actores



Título: Directriz para implementar la Eficiencia Energética en la industria: motores y equipos fríos

Desarrollado por: Cecilia Espinosa Murga

Programa: Cooperación Trilateral Generación Distribuida y Eficiencia energética COTRIGE

Programa No: 15.2121.0-013.01

Gestión: 2021

1. La elaboración de este documento es apoyado por la Cooperación Alemana a través de la GIZ – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GmbH) y su Programa de Energías Renovables (PEERR).

2. Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento sin fines comerciales y citando adecuadamente la fuente, previa autorización escrita del Ministerio de Hidrocarburos y Energías.

Ministerio de Hidrocarburos y Energía

Av. Mariscal Santa Cruz, Edif. Palacio de Comunicaciones,
Piso 12
T +591 (2) 2186700
www.mhe.gob.bo

Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas

Casa Grande del Pueblo, Piso 17 – Calle Potosí esq.
Ayacucho S/N
T +591 (2) 2188800

Cooperación Alemana al Desarrollo con Bolivia

Oficina de la Cooperación Alemana al Desarrollo
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Av. Julio C. Patiño N° 1178, entre calles 17 y 18, Calacoto
Casilla 11400
La Paz, Bolivia

Oficina del Programa de Energías Renovables (PEERR)
Av. Sánchez Bustamante N° 504 entre calles 11 y 12 de Calacoto
La Paz, Bolivia
T +591 (2) 2119499
F +591 (2) 2119499, int. 111
E michael.mechlinski@giz.de
www.giz.de

Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ)

BMZ Bonn
Dahlmannstraße 4
531 13 Bonn, Germany
T +49 (0) 228 99 535 -0
F +49 (0) 228 99 535-3500
poststella@bmz.bund.de
www.bmz.de

BMZ Berlín
Stresemannstraße 94
10963 Berlin, Germany
T +49 (0) 30 18 535 -0
F +49 (0) 30 18 535-2501



Implementada por:

giz