ERNEST ORLANDO LAWRENCE
BERKELEY NATIONAL LABORATORY

Estudio Preparatorio para la Implementación en Chile de Estándares Mínimos de Eficiencia Energética en Motores Industriales

Carolina Hernandez[1], Virginie Letschert[2], Ali Hasanbeigi[2], Nihan Karali[2], Marcelo Padilla[3], Mariana Pavon[3]

[1] River Consultores
[2] Lawrence Berkeley National Laboratory
[3] Ministerio de Energía Chile

July 2015

Apoyando el desarrollo sustentable del país

This work was funded by the Bureau of Oceans and International Environmental and Scientific Affairs, U.S. Department of State, and administered by the U.S. Department of Energy in support of the Superefficient Equipment and Appliance Deployment (SEAD) Initiative through the U.S. Department of Energy under Contract No. DE-AC02-05CH11231

Disclaimer

This document was prepared as an account of work sponsored by the United States Government. While this document is believed to contain correct information, neither the United States Government nor any agency thereof, nor The Regents of the University of California, nor any of their employees, makes any warranty, express or implied, or assumes any legal responsibility for the accuracy, completeness, or usefulness of any information, apparatus, product, or process disclosed, or represents that its use would not infringe privately owned rights. Reference herein to any specific commercial product, process, or service by its trade name, trademark, manufacturer, or otherwise, does not necessarily constitute or imply its endorsement, recommendation, or favoring by the United States Government or any agency thereof, or The Regents of the University of California. The views and opinions of authors expressed herein do not necessarily state or reflect those of the United States Government or any agency thereof, or The Regents of the University of California.

Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory is an equal opportunity employer

RESUMEN

Los motores eléctricos industriales se encuentran en el foco de las políticas de eficiencia energética internacionales dada su impacto en el consumo energético final. El uso de MEPS como herramientas de política pública han demostrado ser una herramienta útil para el ingreso de tecnología más eficiente en condiciones de mercado donde la eficiencia y los beneficios económicos no logran los cambios culturales necesarios para la adopción de criterios de Eficiencia Energética. El presente documento refleja un trabajo colaborativo internacional para definir estándares de eficiencia para motores industriales en Chile.

PALABRAS CLAVE

MEPS, estándar, etiquetado, motores, PAMS, análisis de riesgo, política pública, energía.

Los sistemas motrices consumen aproximadamente el 69% de la electricidad industrial usada alrededor del mundo [1]. Uno de los mayores potenciales de mejorar la eficiencia energética en un sistema motriz es mejorar la eficiencia del motor en sí mismo. Sin embargo, definir estándares y diseñar políticas públicas que incrementen la eficiencia energética del stock de motores en un país, es un proceso complejo que requiere importantes niveles de información y datos para el análisis. Este paper presenta el trabajo colaborativo entre el Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), el Ministerio de Energía de Chile y River Consultores, con el apoyo de Super-efficient Equipment and Appliance Deployment (SEAD), quienes trabajaron en conjunto para preparar la Implementación de Estándares Mínimos de Eficiencia Energética (Minimum Energy Performance Standards o MEPS) para el mercado de motores industriales.

El análisis contempla la evaluación del mercado, la revisión nacional e internacional de los programas de estándares y etiquetado de motores alrededor del mundo, el análisis técnico económico, incluyendo el impacto en el consumidor y los impactos a nivel país.

El análisis compila la situación chilena del mercado de motores, las barreras y vacíos regulatorios detectados para la implementación de un MEPS motores, y la evaluación de un MEPS Nacional de Motores en el rango de 1-10 hp y ampliado al rango hasta 500 hp, y que ha sido reconocido por el Gobierno de Chile como medida prioritaria de ejecución al incluirlo en la Agenda Energética como meta 2017.

1. ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

A partir del año 2012, el Ministerio de Energía cuenta con las facultades legales de emitir MEPS por productos [2]. La experiencia internacional muestra que la introducción de MEPS ha sido efectiva para mejorar los niveles de eficiencia energética, sobre todo en mercados donde la autorregulación, la información al consumidor y la racionalidad de los beneficios económicos esperados, la competencia o el propio avance tecnológico no logran alterar la decisión de compra masiva de productos ineficientes versus productos alternativos con mayores niveles de eficiencia energética.

El proceso de introducción de regulación vía MEPS ha comenzado en Chile con el MEPS de iluminación de lámparas lanzado el 2013, el cual elimina del mercado, ampolletas y lámparas ineficientes, a través de impedir gradualmente la comercialización en el país tecnologías aún disponibles para el público como las ampolletas incandescentes, las que consumen hasta cinco veces más que ampolletas eficientes, y con una vida útil inferior a las nuevas tecnologías.

El 2014 inicia el mismo proceso para motores industriales, con un estudio técnico que valide o rechace la necesidad de implementarlo.

El reglamento [2] requiere un estudio técnico que se fundamenta en una revisión internacional, en un análisis de mercado local, para terminar con una evaluación del impacto sobre los consumidores y al nivel nacional de la política de MEPS aplicada a la realidad chilena.

El proceso colaborativo entre el Lawrence Berkeley National Laboratory, el Ministerio de Energía y River Consultores, se organiza en torno a la modelación del caso chileno usando la herramienta PAMS[1], provista por el Lawrence Berkeley National Laboratory.

[1] Por su sigla en Ingles: Policy Analysis Modeling System, disponible en la siguiente pagina web: ies.lbl.gov/project/policy-analysis-modeling-system

Para alimentar el modelo PAMS es necesario contar con información precisa que contemple:

- Precios de retail de motores para diversos niveles de eficiencia y potencias.
- Participación de mercado de cada categoría definida
- Ventas históricas por tipo de motor
- Definición de rangos de potencias representativas para el análisis nacional.
- Parámetros económicos tales como tasas de descuento privadas y sociales, precios de electricidad de consumidores industriales, etc.
- Parámetros del sector energético local, como factores de emisión de CO_2, perdidas de transmisión, entre otros

2. EXPERIENCIA INTERNACIONAL

Los motores industriales han sido foco de políticas energéticas en los últimos años dada la introducción de múltiples MEPS alrededor del mundo. La experiencia internacional muestra casos en la Unión Europea, Estados Unidos, China, Corea, Brasil, México, Australia, Canadá, solo por nombrar algunos de los casos analizados.

En paralelo Chile ya ha explorado de introducir criterios de eficiencia en motores a través de la alternativa de etiquetado de eficiencia para motores trifásicos con potencias entre 1-10 hp.

Los estándares internacionales predominantes de motores pertenecen a la International Electrotechnical Commission (IEC) descritos en el protocolo IEC 60034-30 [3] y a la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) a través de la norma NEMA MG-1-2014 [4].

En el caso chileno conviven ambos estándares. NEMA es usado principalmente en la industria minera, el principal consumidor energético nacional, mientras que IEC es usado transversalmente en todas las industrias.

Los motores a los cuales apuntan las exigencias de eficiencia energética de esa normas técnicas, y en consecuencia los MEPS en general, son aquellos diseñados para funcionar continuamente. Este tipo de funcionamiento se define como motores con ciclo de servicio continuo “S1” o “continuous duty”, y son los motores que los estándares internacionales contemplan a la fecha como sujetos a normas de eficiencia energética.

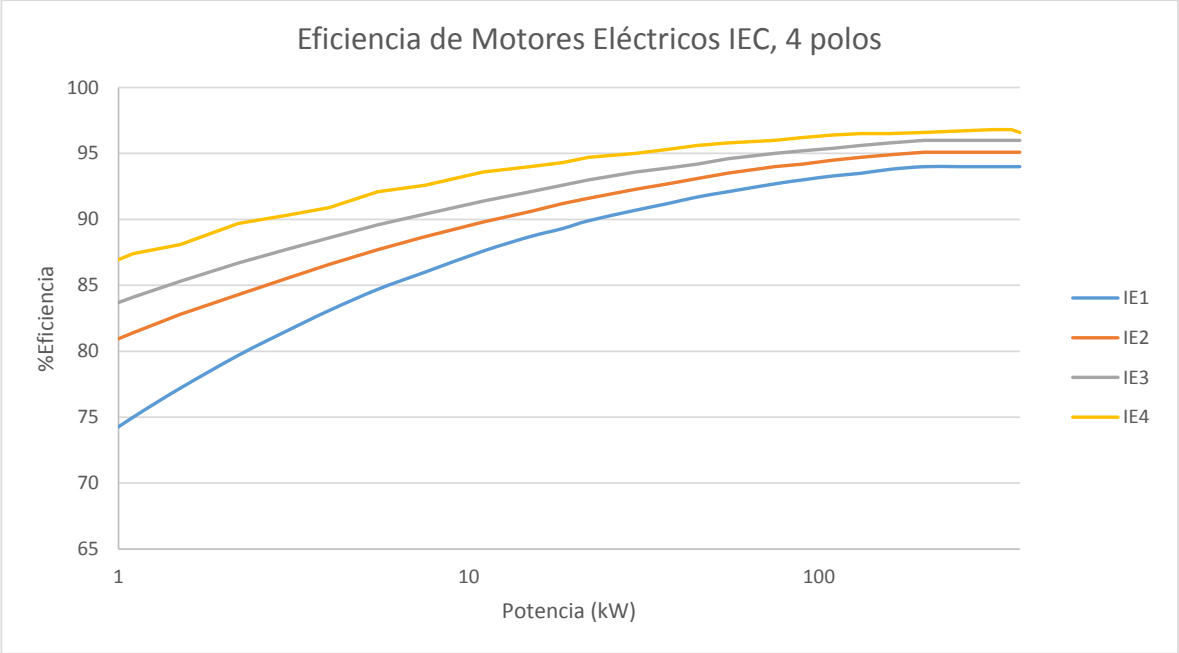

Gráfico 1: Curva de Eficiencia a diferentes Potencias Estándar IEC 60.034-30

A continuación se presenta la tabla de equivalencia entre los estándares IEC y NEMA, contemplando la recientemente creada clase IE4.

Nivel de Eficiencia	IEC 60034-30	NEMA MG – 1
Super Premium efficiency	IE4 – Nueva Clase creada durante 2014	
Premium efficiency	IE3	NEMA Premium efficiency
High efficiency	IE2	NEMA Energy/High efficiency
Standard efficiency	IE1	NEMA Standard efficiency

Tabla 1: Comparación de Estándares de Eficiencia Internacionales

La gran mayoría de países que han incorporado un MEPS de motores a su regulación energética, han establecido como nivel mínimo la eficiencia el equivalente a IE2 o High Efficiency (NEMA), o niveles incluso superiores (Ilustración 1):.

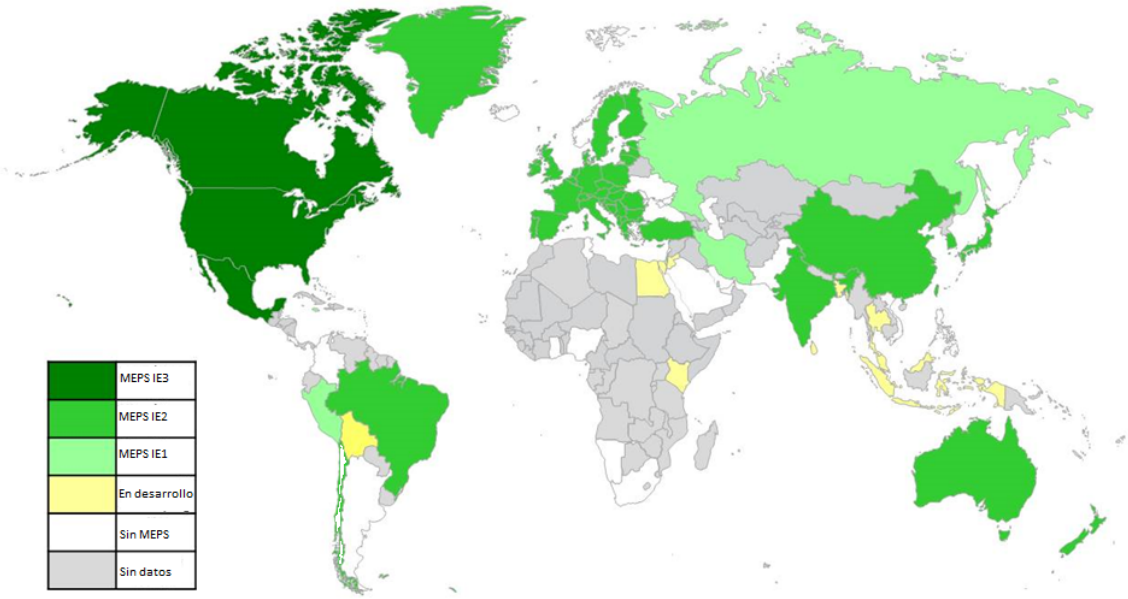

Ilustración 1: Mapa de Estándares de Eficiencia Energética en Motores alrededor del mundo [4][2]

Un caso interesante de destacar es la Unión Europea que establece para esta década lograr vía MEPS niveles de eficiencia IE3 en las ventas de nuevos motores, o en su defecto IE2, pero con la integración al motor de un variador de velocidad.

Otro ejemplo interesante es China, quien ya introdujo en su economía interna un MEPS en IE2, que impide la venta de motores con eficiencias menores a las definidas por el estándar, no obstante, su exportaciones no poseen tal restricción.

Chile ya cuenta con la experiencia en etiquetado obligatorio de motores en el rango de 1 a 10 hp, establecido en la Norma NCh 3086.2008. La Autoridad Chilena definió este rango de motores como prioritario, dado que representan la mayor cantidad de motores vendidos, y a la vez los más usados por la pequeña industria, que pudiese requerir más apoyo técnico al momento de la evaluación de compra.

El etiquetado chileno implica en la práctica someter a una muestra de motores, por cada modelo y cada potencia, a los ensayos de un laboratorio previamente aprobado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) bajo protocolo IEC respectivo, para luego recibir una clasificación con una placa adicional a la placa del equipo.

La siguiente tabla establece la equivalencia del etiquetado chileno, respecto a la Norma IEC:

[2] con un ajuste para Chile

Clase Etiquetado Chileno	IEC 60034-30	Descripción de Eficiencia de Acuerdo a Norma IEC 60034-30
A	IE3	Eficiencia Premium
B	IE2	Alta Eficiencia
C	IE1	Eficiencia Standard
D	Menor que IE1	Sin categorizar (Subestandar)

Ilustración 2: Etiquetado Chileno para los Motores de 1 a 10 hp, NCh 3086.2008

La norma local requiere una pronta actualización, dado que en la categoría A, combina motores Premium y Super Premium sin discriminarlos.

3. ANÁLISIS DE MERCADO

Chile es un país importador de motores, dado que no existe una industria de productora motores industriales.

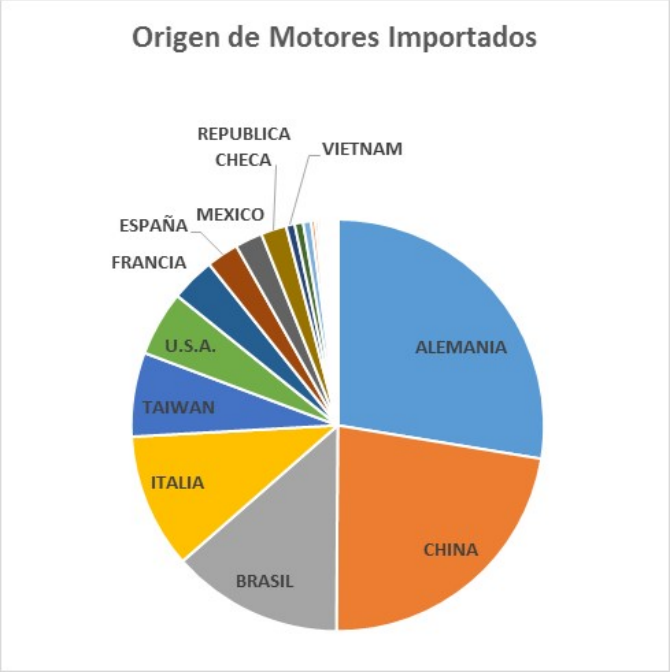

Gráfico 2: Origen de Motores Importados en Chile, entre 1-500 hp

El etiquetado ha tenido bajo impacto en las ventas de motores eficientes de acuerdo a fuentes de la industria y mesas de trabajo con las principales marcas presentes en Chile [6].

El citado diagnostico indica que los consumidores no han valorado y seleccionado motores de clases más eficientes, comprando, preferentemente motores categoría C o D, en una decisión motivada principalmente por el precio.

Adicionalmente, el incremento de costos a causa de la certificación obligatoria, ha hecho que ciertas marcas internacionales sin alternativas de productos en categorías C o D, se retiren del mercado en el segmento motores de 1-10 hp, dado que las líneas de producción en sus países de origen producen sólo de acuerdo a los estándares exigidos por sus MEPS locales, no siendo competitivos en Chile.

A mayor detalle, encontramos que marcas internacionales con capacidad de producción en todos los niveles de eficiencia y que proveen motores A o B en sus países de origen, exportan exclusivamente para Chile categoría C.

Las ventas históricas por motor, se obtuvieron a partir de la información filtrada críticamente a partir de fuentes oficiales de importaciones aduaneras, las cuales contienen categorizada la información de motores industriales trifásicos. No obstante, fue necesario un trabajo de clasificación y filtrado para detectar aquellos que corresponden a motores de operación continua (S1) bajo el estándar IEC 60.034-30, así como descartar otros mal clasificados.

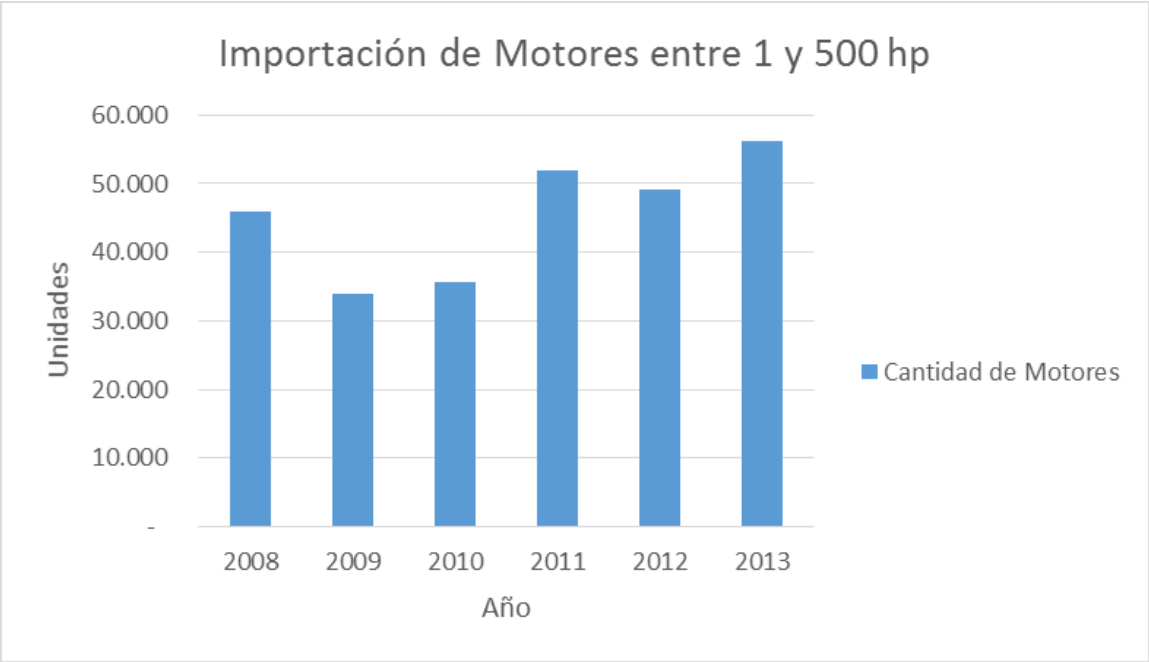

Gráfico 3: Importaciones de Motores Aduaneros que clasifican en categoría S1

Para dar validez al proceso de discusión pública se establecieron mesas de trabajo con la industria proveedora de motores, la cual proporcionó los antecedentes de mercado tales como participación, precio versus eficiencia, rangos de potencias y equipos representativos para la modelación de la industria. Además dichos antecedentes fueron validados vía ejercicio de cliente incognito, y a través de información de bases de datos del equipo en base a proyectos reales realizados recientemente, así como la modelación de ingeniería realizada para el mercado de Estados Unidos, realizada por el Lawrence Berkeley National Laboratory [7].

Los parámetros energéticos locales fueron validados por el Ministerio de Energía y River Consultores, todos parte del equipo de trabajo.

En conjunto con la industria de motores se tomó la definición de modelar el mercado de acuerdo con la siguiente estructura, con cuatro rangos de potencias representativas que abordar el rango completo de potencias que abarcan los estándares internacionales (1-500 hp).

Rango	Rangos de Potencia Representativa	Motor Característico
1	1 HP < X <10 HP	5,5 HP
2	10 HP < X <50 HP	30 HP
3	50 HP < X <100 HP	75 HP
4	100 HP < X <500 HP	150 HP

Tabla 2: Definición de rangos para modelación de la industria

A partir de encuestas levantadas en mesas de trabajo de motores, se caracterizó el mercado. A modo de ejemplo, la empresa con mayor presencia de motores eficientes en sus ventas y en el mercado nacional, acorde a encuesta realizada, vende motores Categoría A-IE3 sólo en el rango de motores sobre 100 hp.

Ventas Marca X (2013)	% Inferior IE1 o equivalente en NEMA	% IE1 o equivalente en NEMA	% IE2 o equivalente en NEMA	% IE3 o equivalente en NEMA	% Superior a IE3 o equivalente en NEMA
Desde 1 a 10 hp	0%	90%	10%	0%	0%
>10 hp hasta 50 hp	0%	90%	10%	0%	0%
>50 hp hasta 100 hp	0%	70%	30%	0%	0%
>100 hp hasta 500 hp	0%	60%	10%	30%	0%

Tabla 3: Empresa con mayor participación de motores eficientes dentro de su cartera de productos en el mercado nacional (Ejemplo)

Adicionalmente se detecta del trabajo que:

- La gran mayoría de las empresas venden motores categoría C o IE1
- No existe un 100% de conocimiento del procedimiento de etiquetado obligatorio, incluyendo empresas reconocidas en el rubro
- La participación eficiencias superiores A-IE3 o superior es mínima.
- La participación de eficiencia B-IE2 es inferior a la esperada considerando los porcentajes que el rubro minero representa en cada rango, el concepto planes de eficiencia energética asociado a la minería.
- Existen empresas con ventas de motores dedicados 100% a unidades de eficiencia C-IE1 e inferiores, que pueden ser las principales opositoras a un MEPS.
- Alta cantidad de modelos por marca, lo que hace costoso la certificación.
- Empresas deciden no competir en el rango de 1-10 hp, retirando línea de productos.

La Eficiencia Base para todos los rangos de motores presentes en Chile es C-IE1, la cual es conservadora para efectos del cálculo en motores de potencia inferior a 100 hp.

Adicionalmente, resulta interesante indicar que existe arraigado en los proveedores de la industria minera el concepto de compra de “Motores de Alta Eficiencia” proveniente de la traducción literal de NEMA, motores equivalentes en IEC a IE2. El estándar “Alta Eficiencia” o IE2, hoy en día corresponde a la eficiencia mínima aceptada en EEUU.

Todas estas condiciones son un escenario donde una implementación de estándares vía MEPS es recomendable.

4. ANÁLISIS DEL USO DE LA ENERGÍA

Para determinar los parámetros necesarios para la evaluación tales como el número de horas promedio de operación se realizó un análisis top-down de la industria nacional y su consumo eléctrico por subsector tales como sector minería, celulosa y papel, acero, etc.

A partir del análisis realizado en la Unión Europea estimando el uso/factor de carga esperados por cada aplicación[9] y datos del parque de motores Chileño [9], se calculan las horas de uso promedio factor de carga por motor y por industria y finalmente el agregado a nivel nacional. El resultado es la caracterización de un parámetro clave y generalmente difícil de obtener a nivel nacional.

Finalmente, por cada rango definido, y en base a los datos recolectados del motor característico se procedió a aplicar PAMS, con una línea base creada en torno a IE1 y consensuada con la industria, obteniéndose los parámetros claves para el análisis.

La siguiente tabla resume los principales parámetros ingresados al modelo:

Variable	Parámetro utilizado				Referencia
Motores					
a. Potencia Motor	5,5 HP	30 HP	75 HP	150 HP	[6]
b. Eficiencia Motor Base IE1	84.7%	90.7%	92,7%	93,8%	[6]
c. Eficiencia Motor IE2	87.7%	92.3%	94.0%	94.7%	[6]
d. Eficiencia Motor IE3	89.6%	93.6%	95.0%	95.6%	[6]
e. Vida Útil (años)	5	10	10	15	[10]
f. Horas de Uso	6.017	6.371	6.357	6.402	[8,9]
g. Factor de carga	57%	59%	62%	62%	[8,9]
Mercado Motores					
h. Participación por Rango	58%	27%	12%	9%	[6]
i. Precios de Mercado Motor Base IE1 (USD)	544	1567	3177	5117	[6]
j. Aumento de Precio para Motor IE2 desde IE1 (USD)	24.2%	21.4%	19.2%	19.2%	[6]
k.Aumento de Precio para Motor IE3 desde IE1 (USD)	52.0%	48.6%	43.4%	43.4%	[6]
Variables Económicas					
l. Tasa de Descuento Consumidor	9%-15%	9%-15%	9%-15%	9%-15%	[6]
m. Tasa de Descuento País	6%	6%	6%	6%	[6]

Tabla 4: Resumen de parámetros bases para el análisis en PAMS por cada rango de potencia

5. RESULTADOS

Los resultados han sido calculados usando la versión 2007 del PAMS tool, ajustada para modelar motores industriales.

Posteriormente los resultados base obtenidos de desde PAMS fueron sensibilizados a través de análisis de Monte Carlo, utilizando @Risk, como herramienta de análisis de riesgo.

5.1. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y ANÁLISIS NACIONAL

PAMS determina el cálculo del Costo de Ciclo de Vida (LCC de acuerdo a sus siglas en ingles), el cual es calculado evaluando los impactos del MEPS en consumidores individuales, es decir, los beneficios desde el punto de vista del usuario.

El cálculo del LCC analiza el trade off entre los costos marginales de inversión asociados a un equipo más eficiente, versus los ahorros durante la vida útil del equipo gracias a la reducción de energía.

PAMS también determina los beneficios desde la perspectiva país a partir del Análisis Nacional que considera los impactos totales a nivel nacional de los costos y beneficios, desde el punto de vista del Estado.

Los cálculos de la Perspectiva Nacional son llamados cálculos de Ahorros Nacionales de Energía (NES) y Valor Presente Neto (NPV). PAMS también calcula el total de emisiones mitigadas y la capacidad de generación evitada.

El costo de ciclo de vida está dado por:

$$LCC = EC + \sum_{n=1}^{L} \frac{OC}{(1+DR)^n}$$

Donde EC es el costo del equipo (precio de venta en retail), n es en número de años de operación, OC es el costo anual de operación, y DR es la tasa de descuento del consumidor. El Costo de operación es sumado cada año del ciclo de vida del producto L. El costo de operación es calculado al multiplicar la Unidad de Consumo Energético (UEC, en kWh al año, es decir, multiplicado por un factor igual a 365/1000) por el precio de la energía (P, en dólares por kWh) como sigue:

$$OC = UEC \times P$$

La Unidad de Consumo Energético se asume constante año a año, mientras que el precio de la energía aumenta según un factor que será sensibilizado. El hecho que los costos futuros son menos importantes que los costos de corto plazo se toma en cuenta al dividir los costos futuros de operación por un factor de descuento $(1+DR)^n$.

A nivel nacional se calculan cuatro beneficios:

a) Ahorro de energía netos en el lugar de uso (NES) y Valor Actual Neto (NPV)

PAMS Calcula NES según la siguiente formula.

$$NES = NEC_{Base} - NEC_{MEPS}$$

Donde NEC_{Base} corresponde al consumo neto de energía en el caso base, es decir, sin que se implemente el MEPS, y NEC_{MEPS} es el consumo neto de energía en el caso de implementar el MEPS. Este valor se multiplica por el precio de la energía de cada año.

A esto se le suma el aumento de costo y gasto nacional debido al aumento del precio de compra de los motores en cada año y las ventas de motores en cada año en particular, las cuales fueron proyectadas con base en las importaciones, como se explicó anteriormente.

Así, teniendo el aumento de costo por compra de motores y los ahorros causados por aumento de eficiencia, se descuentan estos flujos a la tasa de descuento nacional, para obtener el Valor Actual Neto NPV.

b) Ahorros de Energía Primaria (PES)

Estos se calculan a partir de los NES, teniendo en cuenta el mix de combustible en la generación de electricidad y las pérdidas por transmisión y distribución (T&D). La fórmula para PES es:

$$PES = \frac{NES}{(1 - TD)} \times HR$$

Donde TD es la fracción de energía pérdida en transmisión y distribución, y HR es la tasa de electricidad producida en sistemas térmicos (heat rate).

c) Reducción de emisiones

Total de reducciones de CO_2 en millones de toneladas (Mt) se calcula de acuerdo a la emisión media por kWh generado en el país al momento del estudio.
Los ahorros en emisiones de dióxido de carbono (CES) son calculados desde los ahorros de energía, aplicándose un factor de carbono a los
ahorros de acuerdo a:

$$CES = \frac{NES}{(1 - TD)} \times CF$$

d) Capacidad de Generación Evitada

La capacidad evitada se calcula en el año donde los ahorros son de mayor importancia y representan la potencia instantánea ahorrada a nivel nacional durante el peak de consumo. Los ahorros de sitio se convierten en electricidad generada al usar los porcentajes de pérdida de transmisión y distribución, TD. Entonces la energía producida se convierte en la reducción de demanda máxima de acuerdo a:

$$Q = \frac{Max(NES)}{1 - TD} \times \frac{1}{8760} \times \frac{PK}{U}$$

En esta ecuación, 8760 es el número de horas del año. PK es el factor de coincidencia del peak, asumido en 100%, y el factor U es el porcentaje del tiempo en que los motores son usados.

5.2. IMPACTO DE UN MEPS EN CATEGORÍA A (IE3) Y CATEGORÍA B (IE2) A NIVEL INDIVIDUAL

El Ahorro de Ciclo de Vida (LCC) asociado al acceso a tecnología más eficiente, tasa de descuento 9%, y en moneda USD, de implementar un MEPS tanto en Categoría A (IE3) como B (I2), es positivo para todos los rangos de motores analizados, para el escenario base.

RANGO	Ahorro descontado 9% (USD) MEPS Clase B (IE2)	Ahorro descontado 9% (USD) MEPS Clase A (IE3)
≤10 HP	$141	$154
10 HP < X ≤50	$952	$1540
50 HP < X ≤100	$2024	$3233
100 HP < X ≤500	$3581	$6821

El siguiente gráfico representa los ahorros individuales esperados por la inversión de un motor más eficiente

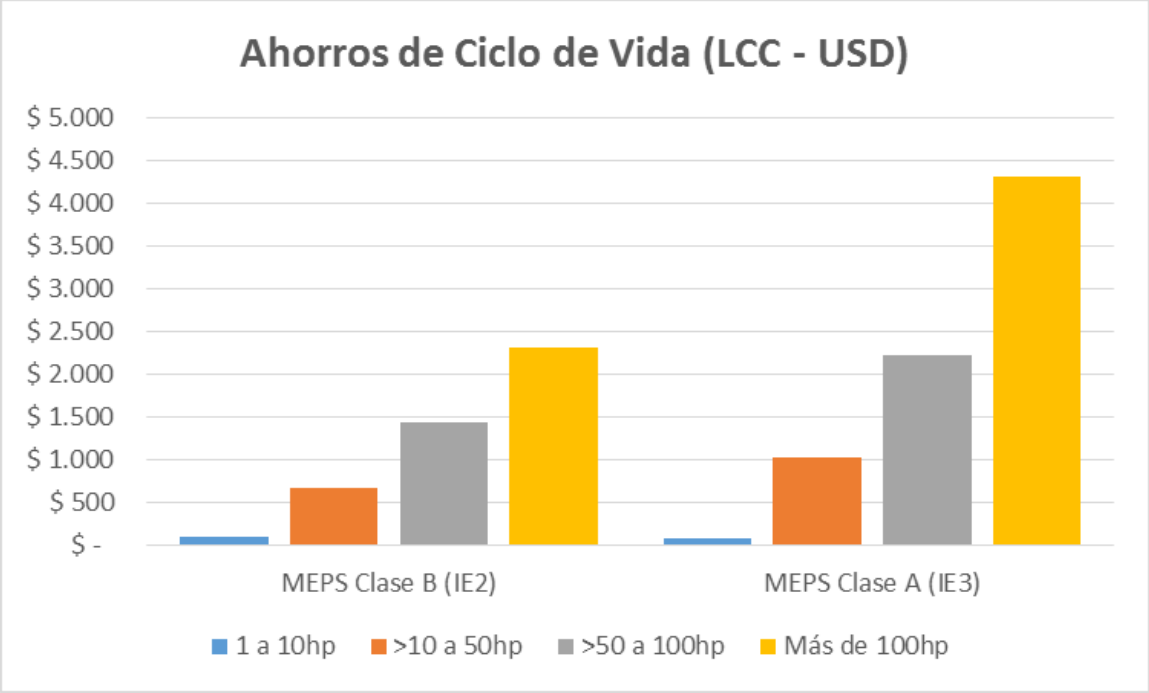

Gráfico 4: Valor ahorrado por los usuarios al comprar un motor más eficiente B (IE2) versus un C(IE1), y un motor A(IE3) versus un motor C(IE1)

Estos resultados son extraídos del modelo PAMS cuya interfaz de resultados se aprecia a continuación.

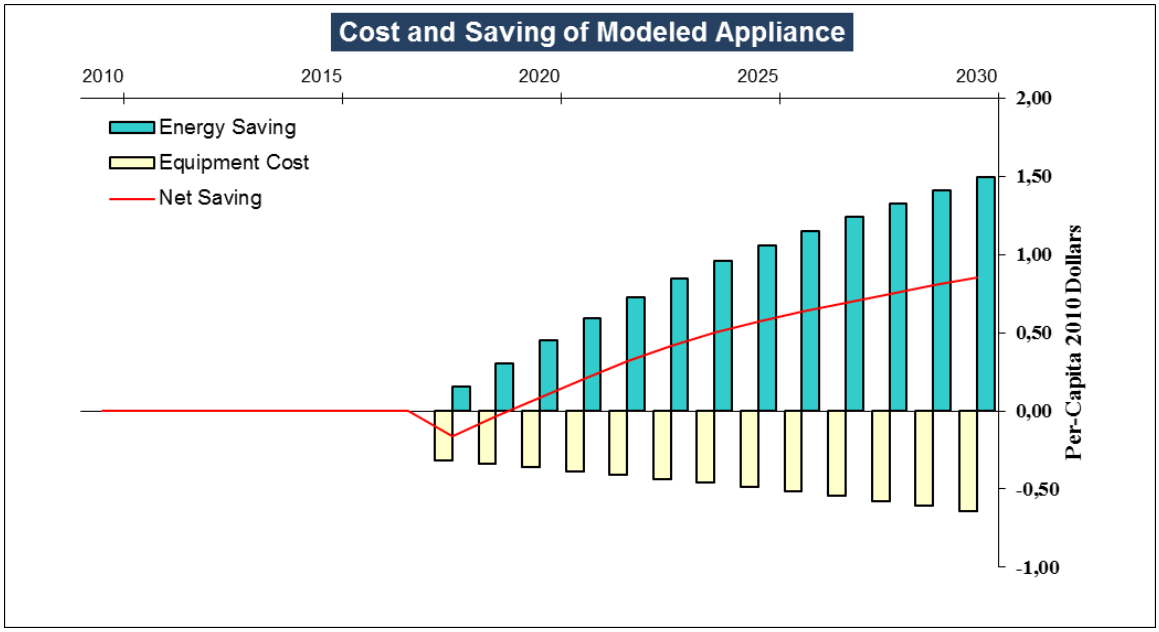

Gráfico 5: Resultado modelo PAMS para el rango de 1 a 10 hp con MEPS IE2 - B.

5.3. IMPACTO DE UN MEPS EN CATEGORÍA A (IE3) Y CATEGORÍA B (IE2) A NIVEL PAÍS

Los beneficios agregados a nivel país corresponden a la suma de los beneficios de los consumidores a nivel individual, incluyendo variables como la tasa de crecimiento del país, como driver de la evolución de mercado de motores, y la tasa de descuento social.
En el gráfico siguiente se resume el valor presente neto asociado a cada una de las alternativas evaluadas, que alcanza a bordear los 600 millones de dólares para un MEPS en Categoría B(IE2) y 900 millones de dólares en Categoría C(IE3).

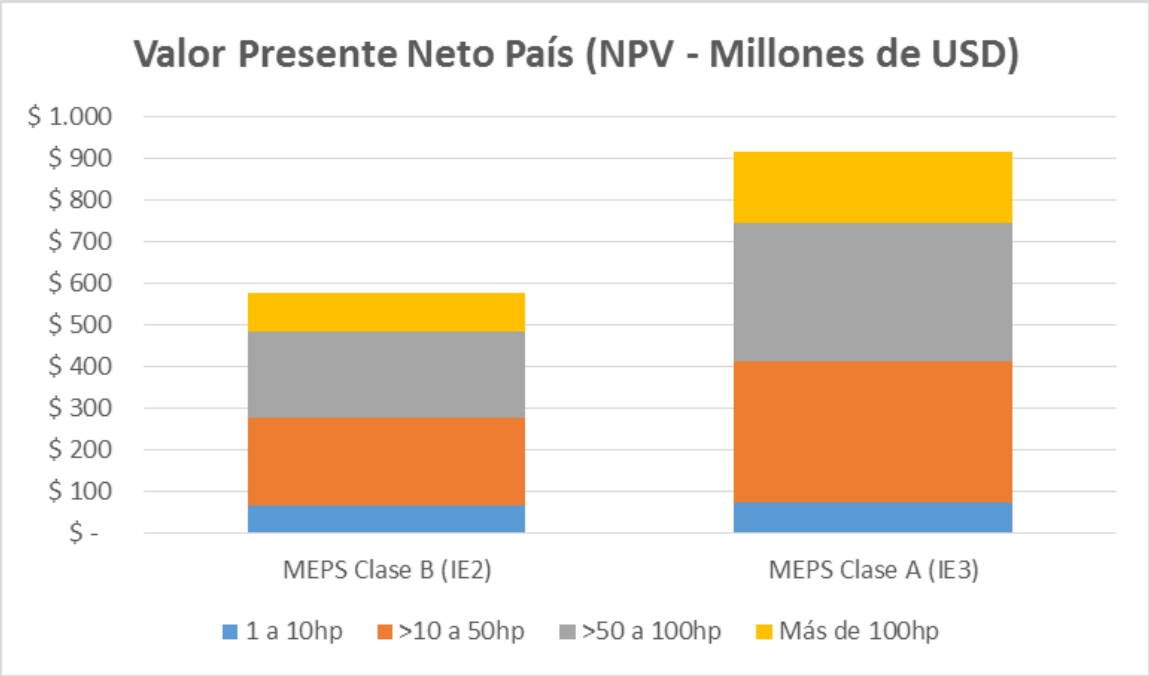

Gráfico 6: Valor Presente Neto obtenido por el País, en caso de definir un MEPS a un nivel fijo para todo el rango de motores.

Los ahorros por efectos a la implementación de un MEPS en B(IE2) alcanzan a 9000 GWh ahorrados de generación eléctrica, 5,7 millones de toneladas de CO_2, y el impacto de desplazar en el tiempo la inversión en una central completa en un módulo comercial de 250 MW, que en Chile corresponde a una unidad carbonera, actual tecnología de desarrollo.

	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4	Total
Ahorros en uso de energía (Net Energy Savings - NES) (GWh)	1856	3389	3207	1177	9629
Ahorros de Energía Primaria (Primary Energy Savings – PES) (Mtoe)	0.289	0.528	0.500	0.183	1.5
Reducción de emisiones (Millones de Toneladas de CO2)	1.10	2.01	1.9	0.7	5.71
Capacidad de Generación Evitada (MW)	48	94	89	35	266

Tabla 5: Resumen de Beneficios Totales País

5.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El objetivo del análisis de sensibilidad fue visualizar el posible impacto que escenarios negativos puedan tener sobre la política, de manera que permita a la autoridad tomar una decisión informada, cuantificando y tomando acciones de mitigación sobre los sectores afectados.

Los parámetros sensibilizados son:

- Año de Implementación
- Tasa de descuento del consumidor
- Crecimiento anual del precio de la energía
- Precio motor eficiencia base (IE1 - C)
- Horas anuales de uso del motor
- Años de vida útil del motor

Es importante destacar que los precios de la energía fueron sensibilizados de acuerdo a las condiciones declaradas en la Agenda de Energía, que declara la intención de reducir fuertemente los precios de la electricidad en la próxima década, con el fin de someter al modelo a las condiciones más desfavorables. Para efectos de un MEPS este escenario es más conservador que un escenario de incremento de los precios de la energía.

De igual modo, se contempló analizar los motores en rangos de horas anuales de uso inferiores a 1,000 horas al año, con el fin de determinar las condiciones de borde en las cuales los consumidores observan escenarios de rentabilidad negativas.

El resumen de variables sensibilizadas se presenta a continuación para el rango de motores entre 1-10 hp.

Nombre	Hoja de cálc	Celda	Gráfico	Mín	Media	Máx
Año de Implementación	Summary	F11	2.015,5 2.018,5	2016	2017	2018
Tasa del Consumidor	User Inputs	I33	8% 16%	8%	12%	16%
Crecimiento anual del precio de la Energía	User Inputs	O10	-4% 4%	-3,5%	0,0%	3,5%
Precio Motor Eficiencia IE1	User Inputs	S11	480 600	490	544	598
Horas Anuales de Uso	User Inputs	S15	0 9.000	878,06	4.463,57	7.996,61
Años de Vida Útil	User Inputs	Z18	3 11	4	6	10

Tabla 6: Variables sensibilizadas, modeladas con simulación de Monte Carlo, para motores en el rango de 1-10 hp

El gráfico siguiente refleja la robustez del caso, reconociendo que frente a una política pública es siempre posible, que ante algunos escenarios existan individuos que no observen beneficios.

No obstante, incluso aplicando las peores condiciones analizadas, un 83% de los compradores de motores entre 1-10 hp observarían beneficios por la aplicación de un MEPS en B-IE2.

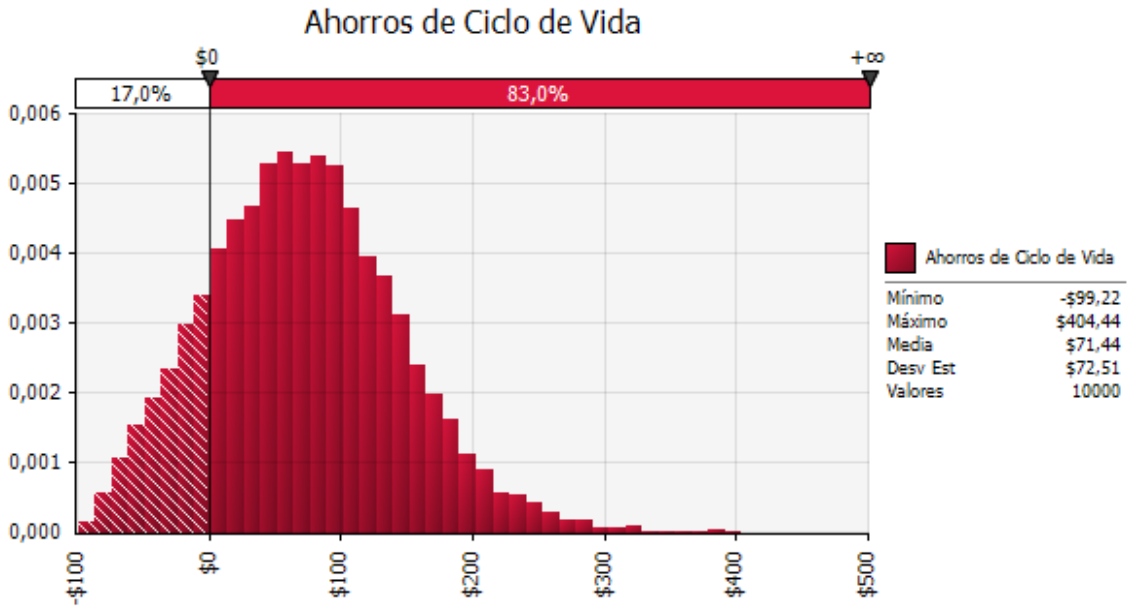

Gráfico 7: Distribución de Probabilidad de VAN positivo ante sensibilización de variables para motores entre 1 y 10 hp ante un MEPS B-IE2

Si se analiza el rango de motores de potencias superiores (sobre 100 hp), sobre un 95% de los usuarios observa beneficios ante un MEPS.

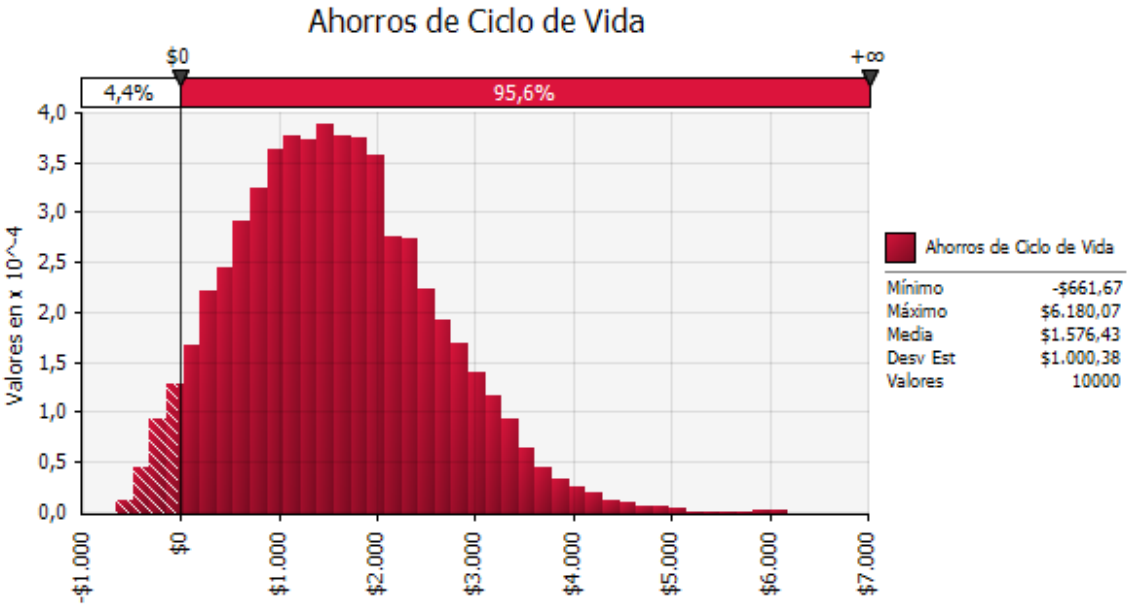

Gráfico 8: Distribución de Probabilidad de VAN positivo ante sensibilización de variables para motores sobre 100 hp ante un MEPS B-IE2

Ahorros de Ciclo de Vida (USD) MEPS B-IE2				
	Caso base	**Mín**	**Máx**	**Porcentaje de escenarios con ahorros positivos**
Rango 1	$104	$-99	$404	83%
Rango 2	$669	$-218	$1587	94%
Rango 3	$1446	$-351	$3430	96%
Rango 4	$2314	$-662	$6180	96%

Tabla 7: Resumen de ahorros individuales ante sensibilización de variables

Al analizar más en detalle a través de un gráfico de tornado, la principal causa para que no se obtengan beneficios netos de una medida como el MEPS de motores, es un escenario de bajo factor de uso anual, donde los ahorros no compensan la inversión. Lo cual, fortalece la definición de un MEPS motores industriales para apoyar la reducción de energía en industrias intensivas en uso de energía.

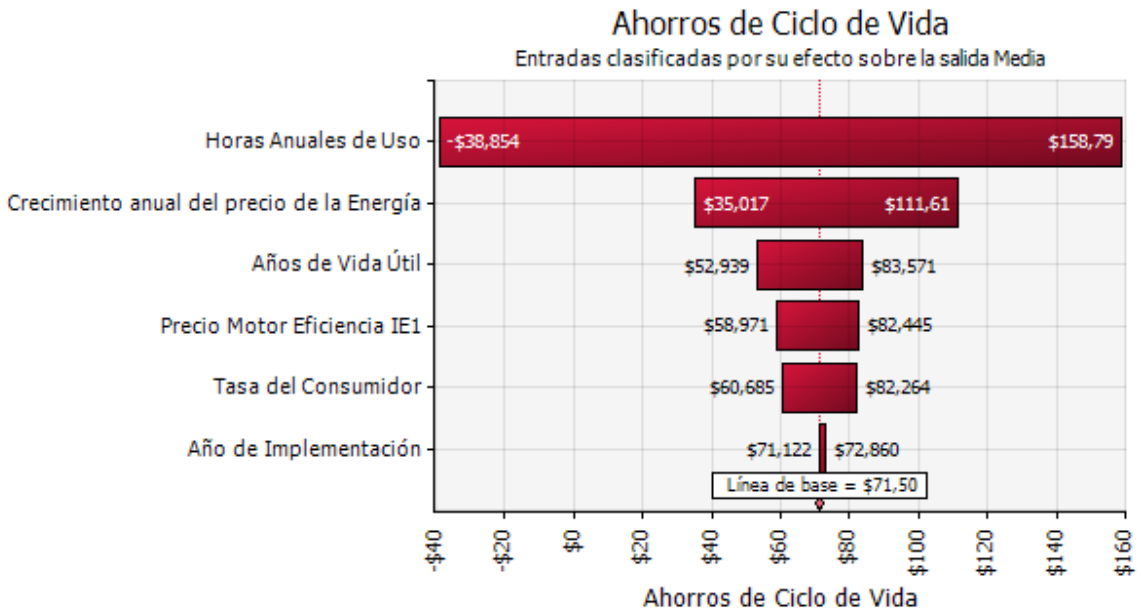

Gráfico 9: Gráfico Tornado de análisis del impacto de variables en beneficios individuales y nacionales

6. CONCLUSIONES

El presente estudio presenta los resultados de una cooperación internacional que combina las mejores prácticas en definiciones de estándares, promovidas por la iniciativa SEAD, con una conocimiento internacional de la industria aportado por el Lawrence Berkeley National Laboratory, el conocimiento de la industria local y política energética del Ministerio de Energía y River Consultores, que permite en conjunto proveer de una base sólida a los tomadores de decisión de política energética para promover un MEPS de motores, lo cual ya ha sido recogida como una medida de eficiencia clave en la actual Agenda Energética chilena.

También se espera que este estudio preparatorio sirva como un ejemplo para transformar el mercado de los productos en otros países de Latinoamérica.

El análisis para la introducción de MEPS en Chile, utilizando la metodología PAMS, demuestra que esta opción de política es favorable y robusta a variaciones en los parámetros de referencia.

A partir del análisis de riesgo analizado, se observa que políticas de disminución de precio de la electricidad, recientemente declaradas y un MEPS en motores no son incompatibles.

No obstante, a partir del análisis de riesgo realizado, aquellos usuarios, con motores con pocas horas de uso anual, y altas tasas descuento individual, no se verán motivados a pagar por un motor más eficiente. Esto es más evidente en el rango de motores 1-10 hp donde se estima que se concentran los consumos de pequeñas industrias. Puede ser este un foco de análisis para la autoridad para un programa focalizado en este sector que apoye el delta de precio del motor.

Si bien la solicitud original del Ministerio de Energía de Chile pretendía evaluar sólo un MEPS en aquellos motores cuya potencia no supera los 10 HP, en base al análisis realizado, y en conjunto con la revisión de la experiencia internacional, muestran de manera consistente que el beneficio individual y nacional es mayor al ampliar el espectro de motores sujetos a la regulación hasta la gama total regulable (1-500 hp).

De hecho, el sector 1-10 hp regulado es aquel que menos beneficio aporta y que ve menos beneficios individuales debido a que sus ahorros individuales y agregados son menores, sus horas de uso se estiman menores, y las tasas de descuento de pequeñas empresas son más altas. A esto se suma la tendencia internacional de adar mayor flexibilidad en tiempo y exigencias a los motores más pequeños que a los motores de mayores potencias, eso va en línea contraria a la aplicación actual de certificación (y en consecuencia mayores costos y exigencias) para el rango de motores de 1 a 10 hp como está actualmente aplicado el protocolo SEC.

Dado que un MEPS apunta a definir el estándar mínimo a partir del cual se observan beneficios, este primer nivel correspondería a un MEPS en clase B (IE2). Niveles inferiores C (IE1) ya son línea base en la gran mayoría de la industria. A(IE3) es una alternativa económica y de mayor VAN y es definición de la Autoridad definir si desea localizar el estándar en este nivel.

Especial atención debe darse a la regulación del MEPS ya que existe alta tasa potencial de eludir un MEPS si este no tiene la solidez regulatoria y recursos para fiscalización que lo respalde de no ser controlado a nivel de importación.
Especial atención debe darse a los requerimientos de certificación. La homologación de certificación internacional es una opción no abierta en los protocolos actuales, y se hace necesario explorar la flexibilidad necesaria para que los beneficios individuales y país no queden atrapados en recertificaciones. La experiencia internacional apunta hacia ello, y Chile no debiese restarse de los beneficios de la homologación.

7. REFERENCIAS

[1] IEA, 2011, Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems.

[2] Ministerio de Energía, 2014, Prueba reglamento que establece el procedimiento para la fijación de estándares mínimos de eficiencia energética y normas para su aplicación

[3] IEC, 2014, Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code).

[4] NEMA MG-1-2014, 2014, Motors and Generators , National Electrical Manufacturers Association

[5]Atkins, 2014, Evaluation of Internationally-Comparable Compliance, Certification, and Enforcement Requirements for Electric Motors, Report for SEAD initiative.

[6] River Consultores, 2014, Evaluación del impacto técnico económico para la implementación de estándares mininos de eficiencia energética en motores eléctricos

[7] Hasanbeigi and Letschert, 2015, Methodology for Estimating Purchased Prices of Energy-efficient Motors Internationally and Results for Selected Countries, LBNL-182927

[8] A.T. de Almeida et al., Energy-efficient motor systems in the industrial and in the services sectors in the European Union: characterisation, potentials, barriers and policies. Energy 28 (2003) 673-690

[9] Ministerio de Energía, 2010, Usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector industrial y minero de chile”

[10] U.S. Department of Energy (DOE). 2014. Technical Support Document: Energy Efficiency Program for Commercial Equipment: Energy Conservation Standards for Electric Motors. Available at http://www1.eere.energy.gov/buildings/appliance_standards/rulemaking.aspx/ruleid/42