

### Diseño y al análisis de la acción

#### Contenido

1.	Resumen	2
2.	Descripción de la Acción	4
3.	Nivel de esfuerzo y tiempo de Implementación	5
4.	Impacto de descarbonización estimado (Impacto estimados en las emisiones de GEI)	5
	<i>Resultados</i>	5
	<i>Métodos y Fuentes</i>	6
	Paso 1 - Cambio en los datos de actividad	6
	Paso 2 - Estimación en la reducción de GEI	7
5.	Magnitud potencial de los costos o ahorros directos	7
	<i>Introducción</i>	7
	<i>Resultados</i>	8
	<i>Métodos y Fuentes</i>	9
	Paso 1 - Determinación de un valor de referencia de CE	9
	Paso 2 - Estimación aproximativa de los costos o ahorros directos totales	10
	Paso 3 - Determinación de la contribución de los costos o ahorros a los niveles de gasto del sector	10
	Paso 4 - Determinación de la magnitud (alto, mediano o bajo) de los costos o ahorros directos	11
6.	Evaluación macroeconómica	12
	<i>Introducción</i>	12
	<i>Resultados</i>	13
	<i>Metodología</i>	14
7.	Co-beneficios de la acción	18
8.	Otra información potencialmente importante	19

## 1. Resumen

**Descripción:** Esta acción está diseñada para reducir las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO<sub>2</sub>) del consumo de electricidad en el sector industrial (es decir, las emisiones producidas por las centrales eléctricas que abastecen a la red eléctrica).

### **Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:**

- Para 2030, implementar medidas de EE eléctrica en todo el sector industrial suficientes para lograr una reducción del 20% en el consumo de electricidad.
- Para 2050, implementar medidas de EE eléctrica en todo el sector industrial suficientes para lograr una reducción del 50% en el consumo de electricidad.

### **Potencial Mitigación de GEI:**

- Reducciones acumuladas (2022 - 2050) de GEI: 40 TgCO<sub>2</sub>e.
- 16% reducción de GEI a nivel del sector industrial (es decir, potencial moderado de mitigación según los criterios en la Tabla 1).

*Tabla 1. Criterios para evaluar el potencial de mitigación.*

Potencial de mitigación	% de reducción en comparación con las emisiones totales en el sector
Muy bajo	<1%
Bajo	1% - 10%
Moderado	10% - 25%
Alto	25% - 40%
Muy alto	>40%



Figura 1. Magnitud del potencial de mitigación de la acción a nivel del sector.

**Magnitud potencial de los costos o ahorros directos:** ahorros directos pequeños debido a los menores costos de suministro eléctrico a las industrias del Estado en comparación con el escenario BAU.

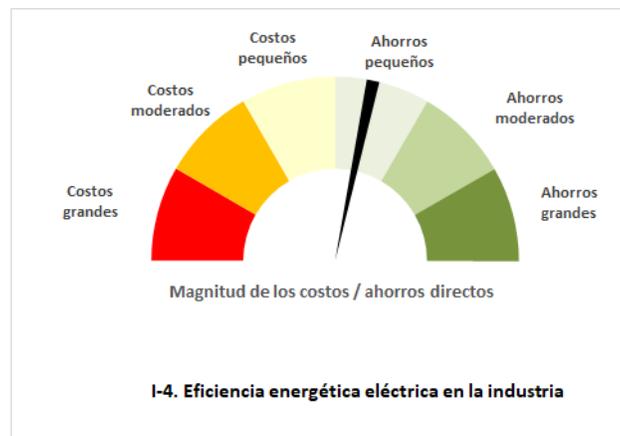


Figura 2. Magnitud potencial de los costos o ahorros directos de la acción.

**Evaluación macroeconómica:** impacto macroeconómico positivo asumiendo que la acción genera

- Cambio a favor de costos más bajos (debido a la reducción del consumo de energía y el gasto asociado) para incentivar las inversiones en la economía local.
- Cambio a favor del consumo de energía más bajo y reducción en los niveles de gasto asociado que liberan fondos que pueden gastarse en otros sectores para estimular el crecimiento económico.
- Ningún cambio del suministro de energía y recursos locales.
- Cambio negativo en las cadenas de suministro locales a corto plazo (más importaciones de productos y materiales) compensado en parte con el establecimiento y/o expansión de nuevas o existentes cadenas de suministro locales a largo plazo para retener los fondos de inversión en la economía local.

- Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra (mayor número de trabajos para dólar invertido) en nuevos sectores manufactureros para aumentar el empleo de mano de obra local.
- Fuentes externas de financiamiento (nacional o internacional) que inyectan más capital en la economía local.

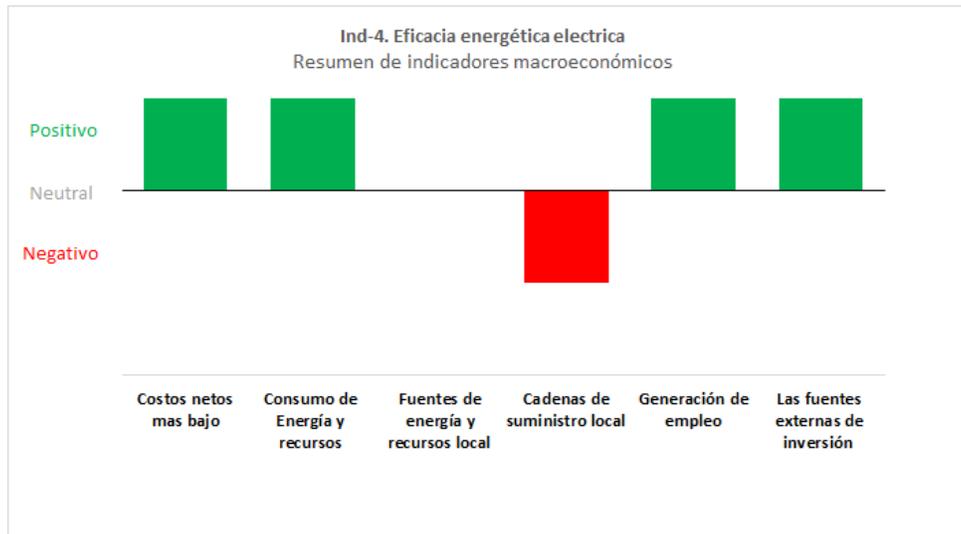


Figura 3. Resumen de indicadores macroeconómicos.

## 2. Descripción de la Acción

Esta acción está diseñada para reducir las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO<sub>2</sub>) del consumo de electricidad en el sector industrial (es decir, las emisiones producidas por las centrales eléctricas que abastecen a la red eléctrica). Aproximadamente un tercio de las emisiones de referencia de 2020 del sector industrial están asociadas con el consumo de electricidad (produciendo emisiones de alrededor de 1.5 TgCO<sub>2</sub>e). Esta acción incluirá los mecanismos de implementación necesarios para apoyar los programas de eficiencia energética (EE) en los sectores industriales. Este consumo eléctrico en su conjunto es al menos el 75% del consumo de energía eléctrica suministrada por la CFE. Los subsectores clave del consumo eléctrico en Querétaro incluyen: celulosa y papel; comida y bebidas; y maquinaria. Existen oportunidades para incrementar la adquisición de equipos de alta EE en todos los subsectores (por ejemplo, equipos de proceso más eficientes como bombas y ventiladores; sistemas de iluminación; sistemas de refrigeración; etc.).

Tenga en cuenta que esta acción interactúa fuertemente con la Acción de Industria I-1 (producción de electricidad en el sitio) según los diseños actuales para cada acción. En la medida en que esta acción pueda lograr sus objetivos de reducir el consumo eléctrico, los niveles de generación renovable requeridos para la implementación de la Acción I-1 serán menores.

### 3. Nivel de esfuerzo y tiempo de Implementación

A continuación, se muestra un nivel sugerido de esfuerzo y el tiempo de la implementación de esta acción.

- Para 2030, implementar medidas de EE eléctrica en todo el sector industrial suficientes para lograr una reducción del 20% en el consumo de electricidad.
- Para 2050, implementar medidas de EE eléctrica en todo el sector industrial suficientes para lograr una reducción del 50% en el consumo de electricidad.

A continuación, hay información adicional de la línea de base para complementar la revisión del nivel de esfuerzo:

- El consumo eléctrico de BAU en el sector industrial en Querétaro fue de aproximadamente 3,402 gigavatios-hora (GWh) en 2019. Alrededor del 13% fue consumido por el subsector de alimentos y bebidas, el 17% del subsector de pulpa y papel y el 20% del subsector de maquinaria. La otra mitad del consumo se extendió al resto de la industria. La información sobre la asignación del uso total de electricidad a las demandas específicas de uso final no está disponible en la línea de base (como iluminación, refrigeración, bombas de proceso / ventiladores, etc.). Este tipo de información junto con las tecnologías de EE eléctricas asociadas y su potencial para reducir el consumo serían necesarias para realizar una evaluación detallada del potencial de reducción por subsector.
- Sin embargo, una evaluación detallada de una acción similar en Guatemala<sup>1</sup> respalda un potencial general de reducción de EE del 25 al 40% en todo el sector industrial.

### 4. Impacto de descarbonización estimado (Impacto estimados en las emisiones de GEI)

Esta sección resume los resultados del análisis de impacto en las emisiones de GEI de esta acción en comparación con la línea de base (impactos directos) y los métodos y las fuentes de datos utilizados para desarrollar estos resultados.

#### *Resultados*

La siguiente tabla proporciona un resumen de los impactos directos estimados para esta acción. Los impactos directos incluyen: impactos energéticos, incluyendo los niveles de generación o ahorro de energía; y reducciones de emisiones de GEI en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>e). La siguiente sección de este documento proporciona un resumen de los métodos y fuentes de datos aplicados para derivar estos resultados.

---

<sup>1</sup> <http://www.climatestrategies.us/library/library/view/1227>. Consulte la Política de estrategia de desarrollo de bajas emisiones de Guatemala I-4 que aborda la EE eléctrica industrial.

Tabla 2. Impactos directos.

Parámetro	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Consumo eléctrico del sector industrial en el escenario BAU (GWh)	4,387	5,441	6,556	7,900	9,520	11,471
Electricidad compensada por EE (ahorro de electricidad) (GWh)	484	1,088	2,250	3,412	4,574	5,736
Ahorro de electricidad adicional a través de las pérdidas evitadas del sistema de T&D (GWh)	73	163	338	512	686	860
Intensidad de carbono de la red (tCO <sub>2</sub> e/MWh)	0.63	0.64	0.65	0.65	0.66	0.66
<b>Reducciones estimada de GEI (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>347,732</b>	<b>797,172</b>	<b>1,668,856</b>	<b>2,556,809</b>	<b>3,457,009</b>	<b>4,366,275</b>

#### Métodos y Fuentes

El método general para estimar el ahorro de energía eléctrica y de emisiones de GEI para esta acción es calcular primero la cantidad de electricidad evitada al implementar la acción en los niveles previstos, y luego estimar las emisiones de GEI evitadas utilizando la intensidad de carbono de la red establecida en la línea base de GEI de este sector. Además, los ahorros de electricidad y de GEI incluyen aquellos asociados con las pérdidas de electricidad evitadas a través del sistema de transmisión y distribución (es decir, para la electricidad ahorrada en cada instalación de uso final, esa energía no se necesitará de la red, que tiene pérdidas de alrededor de 15% como se documenta en la Línea de base de suministro de energía).

#### Paso 1 - Cambio en los datos de actividad

Se realizaron los siguientes cálculos y supuestos:

- A. Identificación de los valores de consumo eléctrico total del sector industrial en el escenario de *business as usual* (BAU). Estos valores se tomaron directamente de la línea base del sector industrial. Estos se muestran en la primera fila de la tabla anterior en gigavatios-hora (GWh). Por ejemplo, en 2030, este valor es 5,441 GWh.
- B. Cálculo del ahorro de electricidad en 2030 y 2050 en función de las metas de esta acción. Por ejemplo, en 2030:

$$5,441 \text{ GWh} \times 20\% = 1,088 \text{ GWh ahorrados}$$

Estos resultados se muestran en la segunda fila de la tabla anterior.

- C. Cálculo de la electricidad adicional ahorrada debido a la transmisión y distribución de energía eléctrica evitadas. Las pérdidas son de alrededor de 15% como se documenta en la Línea de base de suministro de energía. Por ejemplo, en 2030:

$$1,088 \text{ GWh} \times 15\% = 163 \text{ GWh}$$

Estos se muestran en la tercera fila de la tabla anterior.

#### Paso 2 - Estimación en la reducción de GEI

En el segundo paso del análisis, se calculan las reducciones de GEI en cada año, es decir las reducciones de GEI asociadas con el ahorro total de electricidad consumada. Se realizó el siguiente cálculo:

Ahorro total de electricidad lograda (puntos B y C anteriores)

*multiplicado*

por la intensidad de carbono de la red eléctrica (toneladas de CO<sub>2</sub> emisiones equivalentes por MWh - tCO<sub>2</sub>e / MWh).

El valor de la intensidad de carbono de la red eléctrica también proviene de la línea de base de Suministro de Energía (para 2030, este valor es 0.64 tCO<sub>2</sub>e / MWh)

Por ejemplo, en 2030 la reducción estimada de GEI son:

$$(1,088 \text{ GWh} + 163 \text{ GWh}) \times 1,000 \text{ MWh} / \text{GWh} \times 0.64 \text{ tCO}_2\text{e} / \text{MWh} = 797,172 \text{ tCO}_2\text{e}$$

## **5. Magnitud potencial de los costos o ahorros directos**

### *Introducción*

Los costos directos totales de implementación de una acción incluyen los costos de equipo, energía, materiales, tierra, mano de obra y otros elementos para implementar la acción. En un análisis formal de costos directos, cada uno de estos costos se analiza típicamente como un flujo anual de costos (por ejemplo, de 2020 a 2050), y luego los costos totales se comparan con los costos que se producirían en condiciones normales de negocio (*business as usual* - BAU). Si los costos de implementación de la acción son menores que los incurridos por la sociedad en condiciones BAU, entonces la acción produce un ahorro social neto (a menudo representado como un costo neto negativo). Si ocurre lo contrario, entonces la sociedad incurre en un costo para implementar la acción (representado como costo neto positivo).

El nivel de detalle en el diseño de acciones para este Proyecto de Descarbonización es suficiente para determinar los impactos de GEI (ver la sección anterior sobre el impacto de descarbonización); sin embargo, no se proporcionan detalles suficientes para realizar un análisis de costos directos (es decir, un

análisis y cuantificación de cada flujo anual de costos como se explica en el párrafo anterior). Como resultado, cuando el estado decida implementar esta acción, será necesario desarrollar detalles adicionales para respaldar un análisis completo de costos directos (como tipos de tecnología, costos de operación y mantenimiento, costos de mano de obra de instalación, etc.). Además, se necesitarán detalles adicionales sobre cómo se implementará la acción para respaldar la implementación final.

Con base en el supuesto anterior, el enfoque de este proyecto fue comprender si es probable que esta acción produzca costos netos o ahorros netos para la sociedad de Querétaro (sin cuantificarlos) y la magnitud potencial de estos costos o ahorros netos (alto, mediano, bajo). Para esta evaluación se utilizó el siguiente método.

Es importante resaltar que este análisis de costos y ahorros no toma en cuenta el costo social de carbono, es decir el daño evitado que cada tonelada métrica de GEI causa a la sociedad debido a los impactos negativos del cambio climático.

Primero, se realizó una revisión de los análisis y estudios que identificaron las estimaciones de costo-efectividad (CE) para acciones similares en otras jurisdicciones similares.

CE indica el costo de cada tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente reducida (CE). El valor de CE se indica en dólares estadounidenses para cada tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente reducida (US\$/tCO<sub>2</sub>e). Un CE positivo representa un costo neto para la sociedad, mientras que un CE negativo representa un ahorro neto. CE es la medida de los costos o ahorros directos totales durante un período fijo de tiempo (generalmente la vida útil del equipo o proyecto) dividido por la reducción de las emisiones de GEI para ese mismo período de tiempo:

$$CE = \text{costos o ahorros directos totales} / \text{reducción de emisiones de GEI estimadas}$$

Si se ha estimado la reducción de emisiones y se ha identificado un valor razonable de CE, entonces se puede estimar aproximadamente los costos o los ahorros directos totales (depende si el valor de CE es positivo o negativo):

$$\text{Costos o ahorros directos totales (estimación)} = \text{reducción de emisiones de GEI estimadas} \times CE$$

Luego, la estimación de los costos directos se normaliza en función del nivel de gasto del sector asociado con la acción para determinar la magnitud relativa en comparación con otras acciones.

$$\text{Magnitud de los costos o ahorros directos} =$$

$$\text{estimación de los costos o ahorros directos totales} / \text{nivel de gasto del sector}$$

## Resultados

En términos de magnitud, se espera que esta acción resulte en un ahorro social pequeño para Querétaro en comparación con los niveles de gasto típicos en el sector industrial (es decir, el gasto en materiales y mano de obra de las empresas industriales).

Teniendo en cuenta el pequeño nivel de ahorro en comparación con el gasto en estos sectores, la implementación de al menos algunos proyectos de EE eléctrica puede no parecer atractiva para las empresas industriales. Por ejemplo, el retorno de la inversión puede no ser lo suficientemente alto como para atraer a una fracción significativa de propietario /operadores para que adopten algunas de las mejoras menos rentables. Algunas tecnologías de EE ofrecen una amortización de la inversión muy rápida (por ejemplo, actualizaciones de iluminación), mientras que otras pueden tardar más (por ejemplo, motores, ventiladores, etc.). Sin abordar una fracción significativa de las oportunidades de EE en el sector industrial de Querétaro, las metas establecidas para esta acción serán difíciles de lograr. Por estas razones, en la próxima etapa de implementación de esta acción, es necesario identificar e implementar los mecanismos adecuados para promover las actualizaciones de EE eléctrica en el sector industrial (incluyendo financiamiento, acreditación fiscal y otros mecanismos).

### *Métodos y Fuentes*

#### Paso 1 - Determinación de un valor de referencia de CE

El primer paso en la evaluación de la magnitud de los costos y ahorros sociales de esta acción fue determinar un valor de referencia para su CE.

La siguiente tabla resume las estimaciones de CE disponibles (en orden cronológico) que se encuentran en una serie de estudios realizados en todo el mundo sobre la implementación de acciones de eficiencia energética eléctrica en el sector industrial. Excepto por el primer valor, que aborda una acción general de eficiencia energética para Polonia, todos los demás valores son negativos, lo que indica un ahorro. Las acciones altamente rentables serán aquellas que logren grandes reducciones de electricidad a bajo costo. Por ejemplo, el valor indicado para las luces de diodos emisores de luz (LED) para el estudio reciente en Brasil es altamente rentable (los costos de las luces LED se han reducido drásticamente en los últimos años). Las acciones que abordan una gama más amplia de usos finales de la electricidad, como para esta acción (por ejemplo, la acción en Guatemala indicada en la tabla) no son tan rentables; sin embargo, aún pueden producir ahorros netos para la sociedad.

Los valores de CE negativos indican ahorro y los valores de CE positivo un costo

*Tabla 3. Estimaciones de CE disponibles.*

<b>Sector - Segmento de mercado</b>	<b>CE (2020 USD/tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Región</b>	<b>Citación y Notas</b>
Industria ligera - EE eléctrica	\$34	Polonia	Banco Mundial/Loch Alpine, 2010 <sup>a</sup> Eficiencia energética general.
Industria ligera - EE eléctrica	- \$79	Brasil	Banco Mundial, 2010 <sup>b</sup> ; iluminación industrial
Industria ligera - EE eléctrica	- \$17	Brasil	Banco Mundial, 2010 <sup>b</sup> ; Eficiencia energética (otros)
Industria ligera - EE	- \$23	México	Banco Mundial/MEDEC, 2010 <sup>c</sup> ;

eléctrica			industrial motors
Industria ligera - EE eléctrica	- \$161	Brasil	CETESB, 2019 <sup>d</sup> ; LED replacement of incandescent bulbs.
Industria ligera - EE eléctrica	- \$16	Guatemala	CCS, 2019 <sup>e</sup> ; Acción I-4; Abordó todos los sectores de la industria y opciones de eficiencia energética para sistemas de iluminación, bombas / ventiladores y motores.

Nota: todos los valores están en dólares estadounidenses de 2020.

<sup>a</sup> Banco Mundial/Loch Alpine, 2010. Impacto económico de las estrategias de mitigación de CO<sub>2</sub> para Polonia: modelado CGE y creación de capacidad. Ann Arbor: Loch Alpine Economics. El Banco Mundial.

<http://documents.worldbank.org/curated/en/623431468333884038/pdf/610960WPOP11451sions0Economy1Poland.pdf>.

<sup>b</sup> Banco mundial, 2010. Brazil Low-carbon Country Case Study. Washington, DC. Banco Mundial,

<http://documents.worldbank.org/curated/en/322451468021257141/pdf/630290PUB0REPL00Box369273B00PUBLIC0.pdf>.

<sup>c</sup> Banco Mundial/MEDEC, 2010. ESMAP. (2010a). Low-Carbon Development for Mexico. Washington, DC: The World Bank.

<http://documents.worldbank.org/curated/en/120031468056660794/pdf/771820ESMOP10800Briefing0Note003010.pdf>.

<sup>d</sup> CETESB, 2019. Low Carbon Study for São Paulo's Industrial Sector, 2014-2030, <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2019/12/Summary-Report.pdf>.

<sup>e</sup> Estrategia de desarrollo de bajas emisiones de Guatemala, Informe final, CCS, marzo de 2019.

<http://www.climatestrategies.us/library/library/view/1226>.

El valor de CE indicado para la acción de eficiencia eléctrica en Guatemala (- \$16 tCO<sub>2</sub>e) está más estrechamente relacionado con esta acción para Querétaro y ha sido seleccionado para medir la dirección y magnitud de los costos o ahorros directos de esta acción. Este valor indica un ahorro para el estado (es decir, un valor negativo de CE).

### Paso 2 - Estimación aproximativa de los costos o ahorros directos totales

Si se considera la estimación aproximada de CE indicada anteriormente (- \$16 tCO<sub>2</sub>e) y la reducción de emisiones de GEI estimada anteriormente (797,172 tCO<sub>2</sub>e en 2030 y 4,366,275 tCO<sub>2</sub>e en 2050), el ahorro anual neto estimado para la sociedad en Querétaro debido a la implementación de esta acción y en consideración de la reducción de GEI estimada anteriormente sería:

- 2030: - \$ 16 / tCO<sub>2</sub>e x 797,172 tCO<sub>2</sub>e = - \$ 13 millones de dólares
- 2050: - \$ 16 / tCO<sub>2</sub>e x 4,366,275 tCO<sub>2</sub>e = - \$ 70 millones de dólares

### Paso 3 - Determinación de la contribución de los costos o ahorros a los niveles de gasto del sector

El tercer paso en esta evaluación fue escalar los valores de ahorro directo anteriores en función de los niveles de gasto proyectados para el sector industrial (es decir, el sector afectado por esta acción) para comprender su magnitud.

Desde la Línea Base Socioeconómica, el valor agregado<sup>2</sup> a la economía para el sector industrial en 2017 fue de \$151 mil millones de pesos (año base 2019). Suponiendo un crecimiento de estos sectores al mismo ritmo que el resto de la economía (es decir, 3,8% como se indica en la línea base socioeconómica), el valor agregado por estos sectores en 2030 será de \$ 245 mil millones de pesos 2019 (es decir, \$ 11.1 mil millones de dólares) y en 2050 el valor agregado será de \$ 514 mil millones de pesos de 2019 (es decir, 23.5 mil millones de dólares).

Los valores de ahorros estimados de esta acción que se indicaron anteriormente (es decir, \$13 millones de dólares en 2030 y \$70 millones de dólares en 2050) representan el siguiente porcentaje del valor agregado del sector industrial:

- 2030: - \$13 millones de dólares / \$11.1 mil millones de dólares = 0.1% del valor agregado del sector industrial a la economía
- 2050: - \$70 millones de dólares / \$23.5 mil millones de dólares = 0.3% del valor agregado del sector industrial a la economía

Paso 4 - Determinación de la magnitud (alto, mediano o bajo) de los costos o ahorros directos

El último paso fue convertir el porcentaje anterior de valores de ahorro directo (es decir, % de los niveles de gasto proyectados para el sector) en término de magnitud (alto, mediano o bajo). Por esto se usó la siguiente escala de calificaciones:

*Tabla 4. Escala de calificaciones.*

<b>Costos o ahorros sociales directos</b>	<b>Tamaño del costo o ahorro directo en 2050 (es decir, % de los niveles de gasto proyectados para el sector en 2050)</b>	<b>Indicador de la magnitud de costos o ahorros directos</b>
Ahorros	> 10%	
Ahorros	1.0% - 10%	
Ahorros	< 1.0%	
Costo	< 1,0%	
Costo	1.0% - 10%	
Costo	> 10%	

<sup>2</sup> El valor agregado es un término económico para expresar la diferencia entre el valor de los bienes y servicios y el costo de los materiales, suministros y mano de obra que se utilizan para producirlos. El valor agregado incluye sueldos, salarios, intereses, depreciación, alquiler, impuestos y ganancias.

La contribución estimada del ahorro generado por la implementación de esta acción a los niveles de gasto del sector de referencia en 2050 (es decir, 0,3%) indica que la magnitud estimada del ahorro directo de la implementación de la acción será pequeño (  ) en comparación con los niveles de gasto típicos del sector (es decir, el gasto en materiales y mano de obra de las empresas industriales).

## 6. Evaluación macroeconómica

### *Introducción*

La experiencia ha demostrado que las acciones de bajas emisiones de carbono tienen el potencial de proporcionar importantes beneficios macroeconómicos si se cuenta con un diseño de implementación y un apoyo financiero adecuados. La evaluación macroeconómica tiene como objetivo identificar y evaluar los efectos indirectos de los cambios inducidos por acciones en la economía en su conjunto, así como los impactos en diferentes sectores económicos, grupos de personas y tipos y tamaños de empresas. Los resultados típicos de la evaluación incluyen cambios estimados en el empleo a nivel de toda la economía y del sector, el PIB (o crecimiento económico), los ingresos personales, el consumo y los gastos personales, los cambios en el precio y la productividad, y los cambios en la población a medida que las personas responden a los cambios en ingresos, costos de vida y disponibilidad de trabajo. Las evaluaciones de los impactos económicos secundarios, o macroeconómicos, de las acciones se pueden realizar de manera cuantitativa y/o cualitativa y con diversos grados de detalle y sofisticación según la necesidad, el nivel de detalle en el diseño de la acción, y los datos disponibles. Los resultados de tales evaluaciones pueden orientar la planificación, implementación y mayor desarrollo de acciones para asegurar que cumplan con las metas y objetivos socioeconómicos.

El desarrollo y aplicación de un modelo analítico macroeconómico totalmente empírico para la economía de Querétaro, basado en el análisis de datos primarios, está fuera del alcance de este proyecto debido a el nivel de detalles de diseño de las acciones y a los datos disponibles. En este sentido, se llevó a cabo una evaluación basada en indicadores y modelos empíricos previos para determinar la dirección potencial y la magnitud de los impactos en el empleo, los ingresos y el crecimiento económico impulsados por las acciones de la Trayectoria. Esta metodología con indicadores macroeconómicos se basa en un análisis de regresión de estudios macroeconómicos previos de mitigación del cambio climático<sup>3</sup> que muestran que seis indicadores (o factores) son importantes para comprender cómo las acciones pueden cambiar el crecimiento económico y el empleo en una jurisdicción determinada. Cada uno de estos indicadores (descritos a continuación) está influenciado por el diseño de implementación, los impactos financieros (gastos e ingresos) de una acción, y los efectos multiplicadores económicos resultantes. Estos incluyen efectos tanto positivos como negativos asociados con cada indicador para producir un resultado neto. Los seis indicadores son:

1. **Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos de implementación netos más bajos que en el escenario BAU:** la suma de los costos de implementación y ahorros de la acción es menor que el costo neto esperado en el escenario BAU. En tal caso, la acción no utiliza fondos que se pueden gastar en otros sectores para estimular el crecimiento económico.
2. **Cambios en los gastos de energía y recursos naturales:** los cambios en la eficiencia neta, o a favor de un mayor ahorro de energía o recursos mediante tecnologías o prácticas recientemente

---

<sup>3</sup> La evaluación macroeconómica basada en indicadores se basa en el estudio titulado "Resumen de factores clave que contribuyen a los impactos macroeconómicos de las opciones de mitigación de GEI", de Dan Wei, Adam Rose y Noah Dormady de la Escuela de Políticas Públicas Sol Price de la USC. [www.climatestrategies.us/library/library/download/905](http://www.climatestrategies.us/library/library/download/905)

adoptadas podrían crear fondos disponibles que pueden gastarse en otros sectores para estimular el crecimiento económico

3. **Cambio a favor del suministro de energía local y otras recursos locales:** los cambios de fuentes de energía o recursos importados a locales podrían crear fondos disponibles que se pueden gastar en otros sectores para estimular el crecimiento económico
4. **Cambio a favor de las cadenas de suministro locales:** los cambios en las actividades a favor de productos de otros sectores locales o cadenas de suministro locales podrían estimular el crecimiento económico
5. **Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra:** los cambios a favor de actividades más intensivas en mano de obra local en comparación con el escenario BAU podrían estimular el crecimiento económico
6. **Cambios a favor de fuentes externas de inversión e ingresos:** los cambios a favor de las fuentes de inversión nacionales o internacionales crean fondos disponibles que se podrían gastar en otros sectores locales para estimular el crecimiento económico

La presencia de cualquiera de estos indicadores como consecuencia de la implementación de una acción se asocia positivamente con el crecimiento del PIB, con la excepción del quinto indicador, que está asociado estadísticamente con el crecimiento del empleo en toda la economía en lugar del PIB.

### *Resultados*

Se espera que esta acción genere un impacto macroeconómico positivo general en la economía de Querétaro, asumiendo que durante la siguiente fase de implementación, se definen parámetros de diseño y mecanismos de implementación de manera que:

- Las aplicaciones de eficiencia energética para el sector industrial reducirán directamente el consumo total de energía del sector y reducirán la demanda de electricidad importada y/o la inversión en proyectos de generación de electricidad adicionales.
- Se ampliarán las cadenas de suministro de producción local existentes y se establecerán nuevas cadenas de suministro para retener los fondos de inversión en la economía local, y se empleará el mayor porcentaje de mano de obra local y materiales producidos localmente para la instalación y las operaciones y el mantenimiento (O&M) de tecnologías energéticamente eficientes.
- Los incentivos federales o internacionales aumentarán las tasas de adopción de tecnologías de eficiencia energética para el sector industrial.

La tabla siguiente resume los impactos de cada uno de los seis indicadores macroeconómicos en esta acción (es decir, la presencia o ausencia de cada indicador como consecuencia de la implementación de la acción) en base a los supuestos anteriores y a los parámetros de diseño de esta acción. Más detalles sobre esta evaluación se proporcionan en las secciones que siguen:

Tabla 5. Resumen de los resultados.

Indicador macroeconómico	Impacto de la acción en el indicador*
1. Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos de implementación netos más bajos que en el escenario BAU	Positivo
2. Cambios en los gastos de energía y recursos	Positivo
3. Cambio a favor del suministro de energía y recursos locales	No se aplica
4. Cambio a favor de las cadenas de suministro locales	Negativo posiblemente positivo
5. Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra	Positivo
6. Cambios a favor de fuentes externas de inversión e ingresos	Positivo

\* Impacto positivo indica un estímulo macroeconómico para la jurisdicción (beneficio), mientras el negativo indica la ausencia de este estímulo

### Metodología

#### Factores de costo primarios para la evaluación de la acción

Los costos asociados con esta acción están relacionados principalmente con la adquisición, instalación y operación de nuevas tecnologías energéticamente eficientes, como motores mejorados, edificios más eficientes con vapor (iluminación, HVAC, etc.) y equipos de proceso. Los ingresos asociados con la acción son el resultado de la reducción de los costos de energía mediante la disminución del consumo total de energía.

La cuantificación completa de los costos directos está fuera del alcance de este Proyecto. Sin embargo, una comprensión de su magnitud basada en una investigación bibliográfica proporcionada en la sección anterior sirve como insumo para el desarrollo de la evaluación macroeconómica aplicada a cada uno de los seis factores identificados anteriormente.

Del mismo modo, el diseño de esta acción es relacionado principalmente con los tipos de tecnologías y procesos implementados bajo la acción. La definición de los detalles completos para la implementación están afuera del alcance de este Proyecto. Sin embargo, una comprensión de sus magnitud basada en una investigación bibliográfica de acciones similares, así como en los supuestos proporcionados por expertos, sirve como insumo para el desarrollo de la evaluación macroeconómica de cada uno de los seis factores identificados anteriormente.

#### Parámetros financieros y parámetros de implementación en la evaluación macroeconómica

La aplicación de los seis indicadores requiere la evaluación de algunos parámetros financieros y de diseño. Sin embargo, no todos estos parámetros están disponibles para la evolución macroeconómica de esta acción y en su ausencia se utilizaron investigaciones bibliográficas o supuestos. A continuación se muestra un resumen de cada uno de los seis indicadores refinados para su aplicación a esta acción, junto con (i) los parámetros financieros que en teoría cada uno de ellos considera (es decir, costos o ingresos que están asociados con este indicador), y (ii) los parámetros de implementación que en teoría puedan impactar el desempeño de la acción contra ese indicador. Tenga en cuenta que algunos indicadores pueden ser más aplicables que otros para esta acción en particular. Por ejemplo, si no se

espera ningún cambio en la demanda de energía, los ahorros de energía del indicador 2 pueden no ser relevantes.

*Tabla 6. Indicadores macroeconómicos con parámetros financieros y de implementación que podrían soportar la evaluación macroeconómica.*

<b>Indicador macroeconómico</b>	<b>Parámetros financieros</b>	<b>Parámetros de implementación</b>
<b>1. Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos de implementación netos más bajos que en el escenario BAU</b>	Cambios en el gasto en las operaciones del sector industrial, costo evitado de la generación adicional, las reducciones en el costo de los productos manufacturados, consumo y gasto de energía	Tiempo de implementación, nivel de esfuerzo, tipos de industrias, ubicación, adquisición e instalación de materiales y tecnología; diseño para implementación, incluidas fuentes de financiación e incentivos.
<b>2. Cambios en los gastos de energía y recursos naturales</b>	Cambios en el consumo (uso) de energía y niveles de gasto relacionados para consumidores y productores de energía. Cambios en la cantidad total y el costo de la energía producida y vendida.	Producción y consumo de energía, inversión en nuevos productos y sistemas energéticamente eficientes que afectan la oferta y la demanda de energía.
<b>3. Cambio a favor del suministro de energía y recursos locales</b>	Cambios en las fuentes y características de las fuentes de energía y recursos para la generación de electricidad y la ubicación del gasto, incluidos los cambios de una mayor generación local para compensar las importaciones/adiciones de capacidad.	Cambios en la oferta y demanda de energía a través de proyectos de eficiencia energética que afectan el nivel de energía consumida en comparación con el escenario BAU.
<b>4. Cambio a favor de las cadenas de suministro locales</b>	Cambio en el gasto local en mano de obra, equipo, materiales para el desarrollo y operación de infraestructura y sistemas.	Diseño para maximizar la mano de obra local y la cadena de suministro local para productos y servicios energéticamente eficientes. Dependiendo de las capacidades locales existentes para la producción a corto plazo, puede garantizar la capacidad de producción local   dependiendo del tamaño del programa y la disponibilidad de recursos.
<b>5. Cambio a favor de actividades</b>	Cambios en las tasas de gasto local en mano de obra	Será necesaria nueva instalación, operación y mano de obra. La producción

<b>intensivas en mano de obra</b>	para construcción y operaciones.	local puede expandirse para atender nuevos segmentos de mercado.
<b>6. Cambios a favor de fuentes externas de inversión e ingresos</b>	Cambios en la fuente y monto de los fondos para financiamiento e ingresos.	Fuentes de financiamiento, que pueden provenir de fuentes públicas y privadas locales, fuentes públicas y privadas nacionales o fondos

#### Evaluación de la acción en base a los seis indicadores

#### **Indicador 1 - Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos netos de implementación más bajos que en el escenario BAU**

- La evaluación de costos netos directos provista en la sección anterior mostró que esta acción probablemente generará ahorros para Querétaro, aunque de pequeña magnitud.
- La implementación de acciones de eficiencia energética en el sector industrial consistentemente reduce costos a través de reducciones en el gasto energético. Las acciones de eficiencia energética del sector industrial pueden ser la mitad del costo de acciones similares en los sectores residencial y comercial.
- La implementación de programas de eficiencia energética para satisfacer la demanda de energía eléctrica cuesta entre el 15 y el 50 por ciento del costo de generación de energía de nueva planta central<sup>4</sup>, lo que ofrece importantes beneficios en comparación al escenario BAU.
- Las mejoras en la eficiencia energética pueden requerir un mayor gasto a corto plazo para la adquisición e instalación de nuevas tecnologías, pero se espera que se recuperen mediante la reducción del gasto energético. El retorno de la inversión (ROI) para proyectos de eficiencia energética del sector industrial puede durar un año.<sup>5</sup>
- Los mecanismos financieros innovadores, como los Contratos de rendimiento de servicios energéticos (ESPC por su sigla en inglés), pueden permitir a los operadores de la industria obtener ahorros de energía y mejoras del sistema sin costos de capital iniciales.
- Con base en los supuestos anteriores y los parámetros de diseño de esta acción, se espera que este indicador sea positivo para esta acción a través de la reducción del consumo de energía y el gasto asociado. Sin embargo, existe un alto grado de variabilidad en términos de costos asociados con los programas de eficiencia energética y será necesario examinar los mecanismos y aplicaciones de implementación para comprender la magnitud de este impacto.

#### **Indicador 2- Cambios en el gasto de energía y recursos naturales**

- Esta acción implica reducir directamente la demanda (consumo) total de energía mediante la implementación de medidas de eficiencia energética, reduciendo el gasto energético de los consumidores.
- Las reducciones del lado de la demanda reducirán directamente las necesidades totales abastecidas por los productores de energía. Como Querétaro es un importador neto de energía,

<sup>4</sup> [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/06/f23/EXEC-2014-005846\\_5%20Study\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/06/f23/EXEC-2014-005846_5%20Study_0.pdf).

<sup>5</sup> <http://www.aci.org.io/UploadFiles/Study%20on%20Energy%20Efficiency%20and%20Energy%20Saving%20Potential%20in%20Industry%20and%20on.pdf>.

no se espera que la reducción de la demanda de energía tenga impactos negativos en las ventas de energía de los productores locales, ni afectará los gastos de generación de energía local.

- Con base en los supuestos anteriores y los parámetros de diseño de esta acción, se espera que este indicador sea positivo para esta acción.

### **Indicador 3 - Cambios en favor del suministro de energía y recursos locales**

- Querétaro es un importador de energía y la electricidad y el gas natural son suministrados principalmente por productores ubicados fuera del estado. Esta acción reducirá la demanda de energía en el sector industrial, que se espera que reduzca las importaciones y el uso general de energía.
- Con base en los supuestos anteriores y los parámetros de diseño de esta acción, no se espera un cambio en la producción de recursos o suministros energéticos locales y, por lo tanto, este indicador no se aplica a esta acción a menos que la energía que no se necesita más en el sector industrial potencialmente sea utilizada en otros sectores.

### **Indicador 4 - Cambios a favor de cadenas de suministro locales**

- Se espera que los materiales y servicios específicos para la producción e instalación de proyectos de eficiencia energética se obtengan fuera del estado en los primeros años de implementación de esta acción. Sin embargo, existen importantes cadenas de suministro de producción local a Querétaro que pueden ser explotadas para la implementación de esta acción, particularmente en relación con la producción de componentes eléctricos. Para maximizar los beneficios macroeconómicos, se deben establecer y expandir cadenas de suministro locales para retener los fondos de inversión en la economía local. Debería emplearse el mayor porcentaje posible de materiales de producción local para la fabricación de componentes para tecnologías energéticamente eficientes y para la instalación de nuevos equipos a fin de maximizar el beneficio macroeconómico de la inversión en nuevos proyectos. Si se pueden establecer nuevas cadenas de suministro, existe un potencial significativo para nuevas fuentes externas de inversión en la economía local que de otra manera no se aprovecharían y aumentarían significativamente los impactos macroeconómicos positivos.
- Se espera que esta acción influya positivamente en las cadenas de suministro locales ya establecidas, incluida la producción de materiales de construcción y eléctricos. La expansión de las cadenas de suministro existentes y las adiciones de nuevas mejorará los impactos macroeconómicos generales.
- Esta acción requerirá el establecimiento y expansión de cadenas de suministro nuevas y existentes. Si las cadenas de suministro se subcontratan para los primeros años de implementación, se espera que este indicador sea negativo. Si las cadenas de suministro locales se pueden utilizar, establecer y / o expandir con el tiempo, se espera que el indicador cambie a positivo. El nivel de impacto dependerá del alcance de la implementación.

### **Indicador 5 - Cambios a favor de actividades intensivas en mano de obra**

- El nivel de empleo en el sector industrial en Querétaro es muy alto. Los proyectos de eficiencia energética pueden brindar oportunidades para nuevos empleos, capacitación y expansión potencial a nuevos sectores manufactureros y mano de obra para la provisión de bienes y servicios de la cadena de suministro. Las acciones de eficiencia energética también requerirán

un desarrollo adicional de la fuerza laboral relacionada con las operaciones y el mantenimiento de nuevas tecnologías y procesos.

- Se ha demostrado que la inversión en proyectos y programas de eficiencia energética aumenta la creación de empleo por encima de las inversiones directas en el escenario BAU<sup>6</sup>, aumentando la intensidad laboral general.
- Con base en los supuestos y parámetros de diseño anteriores, se espera que este indicador sea positivo para esta acción. Si se pueden establecer nuevos tipos de mano de obra, los impactos macroeconómicos pueden ser muy positivos.

#### **Indicador 6 - Cambios en favor fuentes externas de inversión e ingresos**

- Los nuevos proyectos de eficiencia energética tienen potencial para atraer inversiones de otras regiones o inversores internacionales que de otro modo no estarían disponibles, lo que puede tener un efecto estimulante significativo en la economía local si se pueden establecer cadenas de suministro locales.
- Los incentivos fiscales, las subvenciones u otros programas de subsidios proporcionados por el gobierno federal permitirán que la economía local capture ingresos adicionales a nivel local. En el caso de los incentivos fiscales, los fondos que de otro modo fluirían del estado al gobierno federal pueden ser retenidos por los operadores locales para invertir en nuevas operaciones o mano de obra, generando un crecimiento económico neto dentro del estado. Las subvenciones o préstamos federales permiten la inyección directa de capital en la economía, aumentando los impactos macroeconómicos positivos.
- La contratación de energía y los mecanismos financieros, como los Contratos de rendimiento de servicios energéticos (ESPC por su sigla en inglés), pueden permitir a los operadores de la industria obtener ahorros de energía y mejoras del sistema sin costos de capital iniciales y pueden atraer nuevas fuentes de inversión de fuera del estado. Las Empresas de Servicios Energéticos (ESCO por su sigla en inglés) están operando en otros estados de México y podrían ser atraídas a Querétaro.
- Con base en los supuestos y parámetros de diseño anteriores, se espera que este indicador sea positivo para esta acción.

#### **7. Co-beneficios de la acción**

Además de los beneficios energéticos, de GEI y macroeconómicos mencionados anteriormente, esta acción también puede producir los siguientes beneficios colaterales:

- Reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos de las centrales eléctricas y los impactos locales asociados en la salud (debido al ozono, las partículas y los contaminantes atmosféricos tóxicos).
- Reducción de los impactos ambientales como resultado de una menor demanda de combustibles fósiles en las centrales eléctricas, incluida la contaminación del aire, el suelo y el agua por la extracción, el procesamiento y la transmisión de combustibles fósiles.

---

<sup>6</sup> <https://www.aceee.org/files/pdf/fact-sheet/ee-job-creation.pdf>.

## 8. Otra información potencialmente importante

El Estado de Querétaro entiende implementar las siguientes acciones de EE en el sector industrial:

- Se necesita asistencia técnica para promover / facilitar el desarrollo del uso de EE en industrias clave.
- Identificación de oportunidades de EE y apoyo a la implementación de programas de EE.

También vale la pena señalar que existen otro tipo de acciones que podrían implementarse para reducir las emisiones asociadas al consumo eléctrico del sector industrial. Sin embargo, estos no se han evaluado como parte de esta acción. Éstos incluyen:

- Identificar clusters o zonas industriales que, en función de su demanda eléctrica, sean candidatas a la compra de energía con un factor de emisión bajo a partir de un contrato directo con un titular de permiso (es decir, sin portar por parte de CFE). Los ejemplos de titulares de permisos incluyen Iberdrola / Kimberly SJR.
- Alineado con el ejemplo anterior, promover la inversión privada para la construcción de pequeños paquetes de cogeneración dentro o cerca de los clústeres industriales identificados como candidatas a la compra.