

## I-3. Producción de calor renovable *in situ*

### 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)	6
	<i>Resultados</i>	6
	<i>Métodos y Fuentes</i>	7
	Paso 1 - Cambio en los datos de actividad	7
	Paso 2 - Estimación en la reducción de GEI	8
5.	Magnitud potencial de los costos o ahorros directos	8
	<i>Introducción</i>	8
	<i>Resultados</i>	10
	<i>Métodos y Fuentes</i>	10
	Paso 1 - Determinación de un valor de referencia de CE	10
	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	11
	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>	14
	<i>Metodología</i>	15
7.	Co-beneficios de la acción	19
8.	Otra información potencialmente importante	19

## 1. Resumen

**Descripción:** Esta acción está diseñada para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO<sub>2</sub>) del consumo de combustibles industriales mediante la implementación de tecnologías de energías renovables (ER) para satisfacer las necesidades de energía térmica.

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

- Para 2030, implementar tecnologías renovables para producir suficiente calor de proceso o agua caliente para compensar el 33% del consumo de combustibles en los siguientes subsectores industriales de Querétaro: alimentos y bebidas, productos de papel, textiles, productos químicos, productos de caucho y plástico, maquinaria, automóviles y "otras" industrias.
- Para 2050, implementar tecnologías renovables para producir suficiente calor de proceso o agua caliente para compensar el 80% del consumo de combustible en los siguientes subsectores industriales de Querétaro: alimentos y bebidas, productos de papel, textiles, productos químicos, productos de caucho y plástico, maquinaria, automóviles y "otras" industrias.

### **Potencial Mitigación de GEI:**

- Reducciones acumuladas (2022 - 2050) de GEI: 74 TgCO<sub>2</sub>e.
- 29% reducción de GEI a nivel del sector industrial (es decir, potencial alto 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%

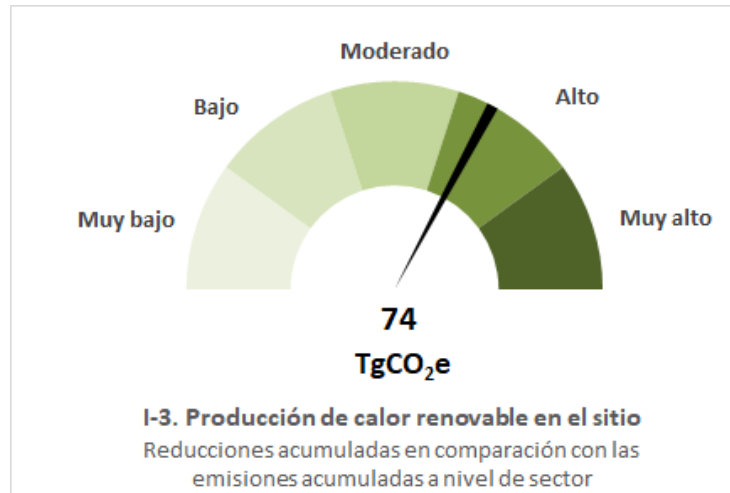


Figura 1. Magnitud del potencial de mitigación de la acción a nivel del sector.

**Magnitud potencial de los costos o ahorros directos:** ahorros directos moderados debido a los menores costos de combustible al sector industrial del Estado en comparación con el escenario BAU.

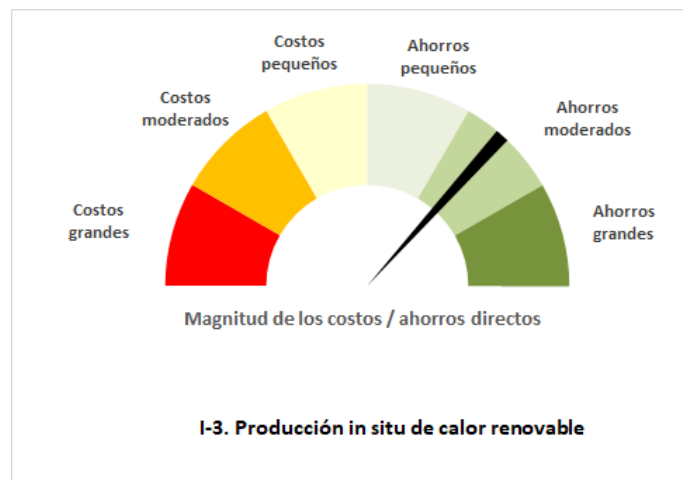


Figura 2. Magnitud potencial de los costos o ahorros directos de la acción.

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

- Aumento general de los costos en comparación con el escenario BAU compensado con otros estímulos macroeconómicos.
- Ningún cambio en el consumo de energía y entonces ningún impacto en los niveles de gasto local.
- Cambio a favor de las fuentes y recursos energéticos locales (reducción del consumo de gas natural y potencialmente electricidad suministrada por la red nacional y entonces menos importaciones) para redistribuir los fondos en la economía local.

- Cambio en las cadenas de suministro locales (adquisición e instalación de tecnologías de calor renovable) para retener los fondos de inversión en la economía local.
- Impacto incierto en intensidad laboral (número de empleos por dólar invertido) porque los cambios en los procesos industriales pueden en parte eliminar la mano de obra requerida para las operaciones existentes.
- Fuentes externas de financiamiento (nacional o internacional) que inyectan más capital en la economía local.

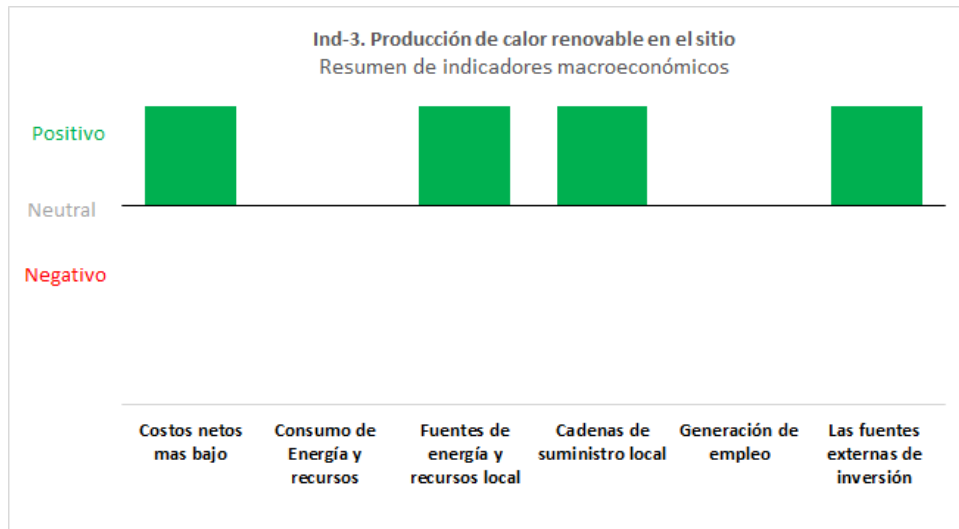


Figura 3. Resumen de indicadores macroeconómicos.

## 2. Descripción de la Acción

Esta acción está diseñada para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO<sub>2</sub>) del consumo de combustibles industriales mediante la implementación de tecnologías de energías renovables (ER) para satisfacer las necesidades de energía térmica. Hay varias tecnologías de energía renovable que podrían considerarse para la aplicación de calor de proceso en todo el sector industrial de Querétaro. Estos incluyen: solar térmica (agua caliente y vapor a baja presión); sustitución de biocombustibles; y la producción de electricidad renovable combinada con la electrificación de las necesidades de calentamiento del proceso.

Esta acción se enfoca en los subsectores de la industria que tienen necesidades de agua caliente y vapor de baja presión, y estos subsectores consumen la mayoría de los combustibles fósiles, aunque en algunos casos, las instalaciones individuales pueden ser bastante pequeñas. En su mayor parte, el gas natural es el combustible fósil que se reducirá mediante la implementación de esta acción. Estos subsectores incluyen: alimentos y bebidas, productos de papel, textiles, productos químicos, productos de caucho y plástico, maquinaria, automóviles y "otras" industrias. "Otras" industrias se refiere a la manufactura en general. Un estudio reciente de la Agencia Australiana de Energía Renovable (ARENA)

proporciona una buena base sobre las oportunidades de energía renovable para el calor de procesos industriales.<sup>1</sup>

Tenga en cuenta que esta acción está relacionada con la acción de producción de biocombustibles (I-2) en el sentido de que algunas necesidades de energía térmica por parte de la industria podrían satisfacerse como resultado de la implementación de dicha acción. También existe una relación con la acción I-1 que aborda la producción de energía eléctrica solar en el sitio (esa energía podría usarse para electrificar las necesidades de calentamiento del proceso en algunas aplicaciones). Esta acción se enfoca en los requisitos de agua caliente y vapor a baja presión (<150 grados Celsius) y la aplicación de la tecnología solar térmica.

No se conocen acciones existentes en Querétaro (incluidos programas y políticas estatales y federales) que se espera que afecten la implementación de esta acción.

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

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

- Para 2030, implementar tecnologías renovables para producir suficiente calor de proceso o agua caliente para compensar el 33% del consumo de combustibles en los siguientes subsectores industriales de Querétaro: alimentos y bebidas, productos de papel, textiles, productos químicos, productos de caucho y plástico, maquinaria, automóviles y "otras" industrias.
- Para 2050, implementar tecnologías renovables para producir suficiente calor de proceso o agua caliente para compensar el 80% del consumo de combustible en los siguientes subsectores industriales de Querétaro: alimentos y bebidas, productos de papel, textiles, productos químicos, productos de caucho y plástico, maquinaria, automóviles y "otras" industrias.

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

- A partir de la línea base de GEI del sector industrial, el consumo de combustible en el sector industrial fue de aproximadamente 46,000 terajulios (TJ) en 2019.
- Más del 90% de eso fue gas natural. El siguiente combustible más alto fue el 3% de GLP. La contribución de cada subsector al consumo total de combustible fue la siguiente: alimentos y bebidas = 18%; textiles = 7%; productos de papel = 12%; productos químicos = 12%; productos de caucho y plástico = 5%; maquinaria = 7%; automóviles = 3%; "otras" industrias = 16%.
- Se espera que las necesidades de calor de proceso para estos subsectores sean principalmente agua caliente y vapor de baja presión. Las tecnologías de energía renovable, como las tecnologías solares térmicas, a menudo se adaptan bien a esas necesidades energéticas. Otras industrias que requieren vapor de alta presión o implican procesos de alta temperatura (vidrio, fabricación de ladrillos) no son una buena opción para las tecnologías solares térmicas.
- Si bien el análisis que se presenta a continuación se centra en la aplicación de la energía solar térmica a los subsectores enumerados, también existen otros enfoques que podrían aplicarse

---

<sup>1</sup> Estudio reciente sobre tecnologías de energía renovable para procesos industriales de calor:  
<https://arena.gov.au/assets/2019/11/renewable-energy-options-for-industrial-process-heat.pdf>.  
<https://arena.gov.au/assets/2019/11/appendices-renewable-energy-options-for-industrial-process-heat.pdf>.

para reducir el consumo de combustible. Estos incluyen: generación de electricidad renovable y electrificación de procesos; sustitución de biocombustibles; y el uso de calor residual.

#### 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.

Tabla 2. Impactos directos.

Parámetro	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Consumo de combustible en el Sector Industria en el escenario BAU (TJ)	59,683	62,275	64,989	67,830	70,804	73,918
Consumo de combustible en el escenario BAU ajustado después de restar el sector de producción de vidrio (TJ)	48,384	59,905	73,047	89,140	108,865	133,070
Consumo de combustible el escenario BAU para procesos de calentamiento (TJ)	45,964	56,909	69,395	84,683	103,422	126,417
Producción de combustible renovable necesaria para la acción (TJ)	8,347	18,780	39,368	59,957	80,545	101,133
Emisiones en el escenario BAU de el uso de combustible del sector industrial para los subsectores específicos (tCO <sub>2</sub> e)	2,816,586	3,489,723	4,255,312	5,192,637	6,341,416	7,750,929
Intensidad de carbono del Combustible industrial BAU (tCO <sub>2</sub> e / TJ)	55.4	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5

<b>Reducciones estimada de GEI (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>462,755</b>	<b>1,041,392</b>	<b>2,184,168</b>	<b>3,326,333</b>	<b>4,468,365</b>	<b>5,610,196</b>
---	----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

### *Métodos y Fuentes*

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

El primer paso en el análisis fue determinar el cambio en los datos de la actividad resultante de la implementación de esta acción. El análisis de esta acción implica estimar la cantidad total de combustible consumido por los subsectores indicados anteriormente para el uso en procesos de calentamiento para cada año hasta el 2050, y luego aplicar las metas de esta acción para determinar cuánto combustible se compensa usando alguna forma de energía renovable, como la tecnología solar térmica.

Se realizaron los siguientes cálculos y supuestos:

- A. Identificación de los datos de consumo de combustible en el escenario de *business as usual* (BAU) para los subsectores interesados en esta acción. Estos valores se tomaron directamente de la línea base del sector industrial. El consumo de combustible de los subsectores que no serían abordados por esta acción se eliminó del consumo total de combustible. En Querétaro se eliminó el sector de producción de vidrio, ya que los hornos de vidrio son la principal fuente de uso de combustible, y las tecnologías termosolares no son aplicables a este tipo de procesos de alta temperatura. Por ejemplo, en 2030, el uso de combustible BAU del sector industrial es de 62,275 TJ. El consumo de combustible en el subsector del vidrio es de 2,371 TJ, lo que deja 59,905 TJ.
  
- B. Ajuste del consumo total de combustible de los subsectores seleccionados para representar mejor el uso de combustible para el proceso de calentamiento. La línea de base de GEI del sector industrial no proporciona detalles hasta el nivel de uso final individual por subsector de la industria. Por lo tanto, se utilizaron datos de la Encuesta de Consumo de Energía de Manufactura (MECS) de la Administración de Información Energética de los EE. UU. (EIA)<sup>2</sup> para estimar la fracción del uso total de combustible asociado con el proceso de calentamiento. En toda la fabricación de EE. UU. en 2014, el 95% del uso de combustible del sector industrial es para procesos de calentamiento. Este porcentaje se usó para calcular el consumo total de combustible para el proceso de calentamiento. Por ejemplo, en 2030:

$$59,905 \text{ TJ} \times 95\% = 56,909 \text{ TJ}$$

- C. Estimación de la cantidad de calor renovable necesaria para cumplir las metas de la acción. Esta se calculó para los años 2030 y 2050 en función de las metas de esta acción. Por ejemplo, en 2030:

<sup>2</sup> La tabla US EIA MECS 2014 utilizada para esta evaluación se puede encontrar aquí: US DOE EIA MECS Octubre, 2017. Fracción del uso total de combustible de fabricación asociado con el calor del proceso. Cuadro 5.2; [https://www.eia.gov/consumption/manufacturing/data/2014/pdf/table5\\_2.pdf](https://www.eia.gov/consumption/manufacturing/data/2014/pdf/table5_2.pdf).

$$56,909 \text{ TJ} \times 33\% = 18,780 \text{ TJ}$$

Se supone que:

- Los primeros proyectos de calefacción renovable comenzarán en 2022.
- Luego, hay una rampa lineal<sup>3</sup> hacia el objetivo de 2030.
- De manera similar, se asume que la implementación de la acción procederá de manera lineal entre 2030 y 2050.

## Paso 2 - Estimación en la reducción de GEI

En el segundo paso del análisis, se calculan las reducciones de GEI en cada año. Se realizaron los siguientes cálculos:

- A. Identificación de las emisiones de GEI en el escenario de BAU derivadas del uso de combustible en los subsectores seleccionados (principalmente gas natural). Estos valores se tomaron directamente de la línea base de suministro de energía y están indicados en la tabla de resumen anterior. Por ejemplo, en 2030 este valor es 3,489,723 CO<sub>2</sub>e.
- B. Identificación de la intensidad de carbono de los combustibles usados (nuevamente, esto es principalmente gas natural). Estos valores son simplemente las emisiones de GEI en cada año (toneladas equivalentes de dióxido de carbono o tCO<sub>2</sub>e) divididas por el contenido energético de todos los combustibles en el escenario BAU (terajulios o TJ). Por ejemplo, en 2030 este valor es 55.5 tCO<sub>2</sub>e/TJ.
- C. Cálculo de las reducciones de GEI multiplicando el valor de la producción anual de energía renovable requerida previamente calculado (por ejemplo en 2030, 18.780 TJ) por la intensidad de carbono BAU de los combustibles utilizados en los subsectores seleccionados (principalmente gas natural). Nuevamente, usando 2030 como ejemplo, se calculan las siguientes reducciones de GEI:

$$\text{Reducciones de GEI en 2030} = 18,780 \text{ TJ} \times 55.5 \text{ tCO}_2\text{e} / \text{TJ} = 1,041,932 \text{ tCO}_2\text{e}$$

## 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,

---

<sup>3</sup> Una rampa lineal hacia los objetivos en cada año es el supuesto predeterminado en los casos en que no se ofrecen otros detalles en el diseño de la acción (es decir, no se supone que toda la capacidad necesaria para cumplir un objetivo se construya en un solo año).



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 genere ahorros sociales moderados para Querétaro en comparación con los niveles de gasto típicos del sector industrial (es decir, el gasto en materiales y mano de obra de las empresas industriales).

Teniendo en cuenta el nivel moderado de ahorro en comparación con el gasto en estos sectores, la implementación de proyectos termosolares debería parecer atractiva para muchas empresas industriales; sin embargo, es posible que el rendimiento de la inversión aún no sea lo suficientemente alto como para atraer a una fracción significativa de propietarios/operadores. En algunos casos, las entidades industriales pueden alquilar su espacio operativo en lugar de poseerlo. Dependiendo de la naturaleza del arrendamiento, es posible que los propietarios de edificios no tengan incentivos para instalar dichos sistemas (porque los costos de energía se transfieren directamente a sus inquilinos). Por estos motivos, en la próxima etapa de implementación de esta acción, es necesario identificar e implementar los mecanismos adecuados para promover la adopción de sistemas solares térmicos u otras tecnologías de calefacción renovable en el sector industrial.

## 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.

Los valores de referencia de CE identificados para el proyecto Trayectoria de Descarbonización incluyen solo un valor para la aplicación de la tecnología solar térmica. Ese valor es - \$ 67 / tCO<sub>2</sub>e (~ - 1,500 pesos / tCO<sub>2</sub>e), y proviene de un estudio de 2010 para Brasil.<sup>4</sup> Este valor se seleccionó como valor de referencia de CE para esta acción y 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 (- \$67 tCO<sub>2</sub>e) y la reducción de emisiones de GEI estimada anteriormente (1,096,770 tCO<sub>2</sub>e en 2030 y 5,905,469 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: - \$ 67 / tCO<sub>2</sub>e x 1,096,770 tCO<sub>2</sub>e = - \$ 73 millones de dólares
- 2050: - \$ 67 / tCO<sub>2</sub>e x 5,905,469 tCO<sub>2</sub>e = - \$ 396 millones de dólares

---

<sup>4</sup> de Gouvello, C. (2010). Brazil Low-carbon Country Case Study. Washington, DC: The World Bank, <http://documents.worldbank.org/curated/en/322451468021257141/pdf/630290PUB0REPL00Box369273B00PUBLI CO.pdf>

### 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>5</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, \$73 millones de dólares en 2030 y \$396 millones de dólares en 2050) representan el siguiente porcentaje del valor agregado del sector industrial:

- 2030: - \$73 millones de dólares / \$11.1 mil millones de dólares = 0.7% del valor agregado del sector industrial a la economía.
- 2050: - \$396 millones de dólares / \$23.5 mil millones de dólares = 1.7% 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 3. 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%	

<sup>5</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.

Costo	1,0% - 10%	
Costo	> 10%	

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, 1,7%) indica que la magnitud estimada del ahorro directo de la implementación de la acción será moderada () en comparación con los niveles de gasto típicos del sector (es decir, el gasto en materiales y mano de obra de las empresas industriales).

Planteamiento de proyectos macro en empresas que requieren vapor, precalentando el agua en calentadores solares y/o con mismos gases de combustión de calderas de vapor, chimeneas o fluidos calientes que necesitan ser enfriados, ahorrando entre un 9% y hasta un 18% de combustible.

Para los gases de chimeneas o descargas de combustión se aprovecha la energía que se escapa hacia la atmósfera de gases de combustión calientes, y para el caso de calentadores solares se requiere planteamiento técnico para verificar el tamaño de los equipos de acuerdo con cada escenario en el contexto general del sector empresarial, esto puede establecerse en sitio perfectamente siempre y cuando se tenga el espacio suficiente para albergar los equipos de calentamiento de agua los cuales están disponibles en el mercado mexicano ya sea nacionales o importados.

## 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>6</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 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.

---

<sup>6</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).

## 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:

- La energía renovable usada para aplicaciones térmicas reducirá directamente el consumo de gas natural y potencialmente electricidad suministrada por la red nacional<sup>7</sup> y conducirá a cambios hacia suministros locales de energía (es decir, generación renovable producida localmente) menos costosos.
- Se establecerán cadenas de suministro locales para retener los fondos de inversión en la economía local, y se empleará el mayor porcentaje posible de mano de obra local y materiales producidos localmente para la instalación y las operaciones posteriores y el mantenimiento (O&M) de nuevos equipos solares térmicos (u otros tecnologías que apoyan esta acción) para maximizar el beneficio macroeconómico de la inversión en nuevos sistemas.
- Los incentivos federales aumentarán la adopción de tecnologías térmicas y energéticamente eficientes para uso directo para el sector industrial y permitirán la inyección directa de capital a la economía local.

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 4. Resumen evaluación macroeconómica.

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	Este indicador no se aplica
3. Cambio a favor del suministro de energía y recursos locales	Posiblemente positivo
4. Cambio a favor de las cadenas de suministro locales	Positivo
5. Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra	Incierto
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

<sup>7</sup> La evaluación de la magnitud de costos directos para esta acción se enfoca en la reducción en el consumo de combustible, en lugar de combustible y electricidad. La implementación de esta acción puede incluir reducciones en el consumo de electricidad, particularmente si se integra con la generación renovable local.

## Metodología

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

Los costos asociados a esta acción están relacionados principalmente con la adquisición e instalación de nuevas tecnologías de calor renovable y nuevos sistemas que permitan la electrificación de procesos industriales si este componente se incluye en la acción. Los beneficios asociados con esta acción están relacionados principalmente con la reducción del consumo de energía y los costos operativos.

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.

### 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 disponible 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 5. 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 infraestructura del sistema energético, el consumo de energía y los flujos de energía	Tiempo de implementación, nivel de esfuerzo, alcance de implementación, tipos de sistema / tecnología y aplicación; Diseño para el despliegue de sistemas de calefacción renovable, 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.	Tipos de tecnología y aplicaciones que afectan el consumo de energía, el soporte de infraestructura para nuevos sistemas que afectan el suministro de energía a partir de la producción y el uso de calor renovable en el sitio, y la propiedad de los sistemas.

<b>3. Cambio a favor del suministro de energía y recursos locales</b>	Cambios en las fuentes y características de la energía y los insumos de recursos para la generación de energía y la ubicación del gasto, incluidos los cambios en favor de una mayor generación local para compensar las importaciones	Cambios basados en la demanda de energía a través de aplicaciones de calor renovable, electrificación de procesos y generación renovable 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>	Cambios en el gasto local equipo, materiales para el desarrollo y operación de infraestructura y sistemas.	Diseño para maximizar la cadena de suministro para el sistema de calefacción renovable y la calefacción de procesos electrificados.
<b>5. Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra</b>	Cambios en las tasas de gasto local en mano de obra para construcción y operaciones.	Nueva construcción, instalación y mano de obra para O&M.
<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 operativos.	Fuentes de financiamiento públicas y privadas locales, públicas y privadas nacionales o fondos internacionales para nuevos proyectos.

#### 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. Esto tendrá un efecto de estímulo económico al liberar fondos para reinversión.
- La implementación de proyectos de calefacción renovable en el sector industrial reduce los costos operativos a través del ahorro de costos de energía y puede ofrecer bajos costos de implementación según el tipo de sistema y aplicación.<sup>8</sup> En Querétaro, se ha demostrado que la recuperación de calor residual y el uso y la calefacción solar existentes reducen el consumo de combustible industrial de fuentes importadas entre un 9% y un 18%.<sup>9</sup>
- La electrificación de los procesos industriales si se incluye en esta acción puede mejorar la eficiencia energética en comparación con los procesos de combustión de combustibles fósiles, reducir los costos operativos y tener un costo de adquisición más bajo en comparación con los

<sup>8</sup> <https://www.iea.org/reports/renewables-2019/heat>.

<sup>9</sup> Datos proporcionados por el equipo de SEDESU.



nuevos sistemas de combustión de combustibles fósiles. Cuando se combina con la generación renovable en el sitio, esto puede resultar en un ahorro de costos significativo.<sup>10</sup>

- La adquisición e instalación de nuevas tecnologías renovables de calefacción y posiblemente de electrificación aumentará los costos de inversión para los propietarios y operadores a corto plazo, pero se espera que se recupere con un menor consumo de energía y una mayor eficiencia operativa en comparación con el escenario BAU.
- Con base en los supuestos anteriores y los parámetros de diseño de esta acción, se espera que se espera que este indicador sea positivo para esta acción a través de la reducción de los costos operativos de energía. Si se incluye la electrificación de los procesos industriales a través de generación renovable local, se espera que los costos de energía mejoren aún más los costos de implementación en comparación con el escenario BAU.

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

- Esta acción implica el cambio de la demanda de energía de la de la generación de calor y posiblemente de electricidad suministrada por la red basadas en combustibles fósiles a fuentes locales de calor y energía renovables. Según el tipo de proyecto y aplicación, los sistema de calefacción y electrificación renovables pueden mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo total de energía, pero esto es muy variable.
- Con base en los supuestos anteriores y los parámetros de diseño de esta acción, no se espera un cambio en el consumo total de energía y, por lo tanto, no hay impacto en este indicador.

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

- Querétaro es un importador de energía con electricidad y gas natural suministrados principalmente por recursos fuera del estado. Se espera que la nueva generación de calor renovable local compense directamente la demanda de energía importada y aumente el suministro de energía local.
- La posible electrificación de los procesos industriales que actualmente usan gas natural puede reducir los costos de energía, pero aún dependen de la electricidad del importador a menos que se combinen con la generación renovable local.
- Con base en los supuestos anteriores y los parámetros de diseño de esta acción, se espera que se espera que este indicador sea positivo para esta acción. Si la electrificación del proceso se puede combinar con la generación renovable local, el impacto positivo aumentará.

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

- Esta acción requerirá una inversión significativa en la adquisición e instalación de tecnologías de calor renovable. No se estima que existen actualmente capacidades técnicas o cadenas de suministro en Querétaro que apoyarían el despliegue de estas tecnologías. Querétaro tiene un sector de producción de componentes eléctricos establecido que puede apoyar la implementación de la acción si la generación de electricidad si incluye en esta acción.

---

<sup>10</sup> <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/plugging-in-what-electrification-can-do-for-industry>.

- Para maximizar los beneficios macroeconómicos, deben establecerse cadenas de suministro locales para retener los fondos de inversión en la economía local. Debe emplearse el mayor porcentaje posible de materiales producidos localmente para la instalación de nuevos proyectos de calefacción renovable a fin de maximizar el beneficio macroeconómico de la inversión en nuevos sistemas. 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.
- 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, se espera que el indicador cambie a positivo junto con el crecimiento de la cadena de suministro. El nivel de impacto dependerá del alcance de la implementación.

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

- Querétaro tiene pocos empleos en el sector energético a nivel local. Las nuevas instalaciones de procesos industriales locales aumentarán la energía producida localmente y pueden brindar oportunidades para nuevos empleos, capacitación y potencial expansión potencial a nuevos sectores manufactureros y mano de obra para la provisión de bienes y servicios de la cadena de suministro.
- Esta acción requerirá nueva instalación, operaciones y mano de obra de mantenimiento para su implementación. Sin embargo, los cambios en los procesos industriales también pueden eliminar la mano de obra requerida para las operaciones existentes.
- Debido a la variabilidad en los mecanismos de implementación, no está claro qué impacto tendrá la acción en la intensidad laboral local. Con base en los supuestos anteriores y los parámetros de diseño de esta acción, no se espera un impacto en este indicador. Si se pueden establecer nuevos tipos mano de obra, en particular para la producción de componentes y la mano de obra operativa industrial, existe un potencial macroeconómico positivo.

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

- Los nuevos proyectos de eficiencia industrial y calor renovable tienen potencial para atraer inversiones de otras regiones, nacionales o extranjeras 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, subvenciones u otros programas de subvenciones proporcionados por el gobierno estatal o 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, lo que da como resultado un crecimiento económico neto en el estado. Las subvenciones o préstamos federales permiten la inyección directa de capital en la economía local para la inversión en nuevos proyectos, lo que aumenta los impactos macroeconómicos positivos.
- Con base en los supuestos y el diseño anteriores, se espera que este indicador sea positivo para esta acción. Deben buscarse fuentes externas de financiamiento tanto del sector público como del privado para mejorar las condiciones macroeconómicas.

## **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 la reducción de la demanda de combustibles fósiles en los procesos industriales, incluida la contaminación del aire, el suelo y el agua por la extracción, procesamiento y transmisión de combustibles fósiles.

## **8. Otra información potencialmente importante**

Las Acciones I-1 e I-2 deben usarse en combinación con esta acción para lograr reducciones máximas de GEI con los menores costos sociales y el máximo beneficio macroeconómico para Querétaro. Es necesario desarrollar mecanismos de implementación para cada una de estas acciones de manera que se logre la complementariedad de todas ellas. Para esta acción, si bien existen varias opciones para la integración de tecnologías de calefacción renovable (incluida la captura y uso de calor residual), se asumió que las tecnologías solares térmicas que sirven agua caliente y aplicaciones de vapor de baja presión son el enfoque dominante adoptado para cumplir los objetivos.

### Mecanismos de implementación:

1. Como primer paso hacia la implementación, se necesita una encuesta y un estudio detallados para detallar las demandas de energía térmica dentro de la industria de Querétaro. Los resultados permitirán identificar las tecnologías adecuadas para satisfacer los requerimientos de energía térmica en cada subsector. Además, los resultados podrían usarse para identificar clusters industriales donde es factible construir la infraestructura para compartir energía térmica entre las plantas, de modo que el exceso de vapor / agua caliente de una planta se suministre a otras (y el uso general de combustibles para la generación de vapor / agua caliente se reduce). Como se señaló anteriormente, la opción específica para desarrollar clusters industriales no se analizó para el Proyecto Pathways.

2. Un aspecto clave aquí es el apoyo que las empresas requieren del sector gobierno, las inversiones que se realicen en industrias, por ejemplo, deben ser cuantificadas y formar parte de algún beneficio fiscal, incluyendo la motivación para el reconocimiento por las instancias correspondientes (Profepa por ejemplo ), a través de los programas establecidos por las agencias encargadas del cuidado del medio ambiente en México (Industria Limpia o algún reconocimiento en caso de no cumplir con todo el programa). Las inversiones destinadas a la adquisición de equipos y / o cambios en los procesos requeridos para la nueva configuración podrían deducirse de impuestos. Independientemente, se podría hacer una revisión y generar un diagnóstico previamente.

3. Es importante tomar en cuenta que algunas empresas ubicadas en el estado de Querétaro están obligadas a participar en el Sistema Mexicano de Comercio de Emisiones (SCE), lo que las obligará a reducir sus emisiones de GEI, comprar derechos de emisión o bonos de compensación, para cumplir con el límite de emisión. Sin embargo, un número significativo de empresas de Querétaro no podrán ingresar a este mercado. Por tanto, es importante animarles a entrar en proyectos de reducción de

emisiones para programas voluntarios que estarán vinculados a la SCE (en los que podrán comprar sus reducciones).

Para lograr este objetivo, es necesario contar con un registro estatal de emisiones de GEI (similar al RENE), a través del COA estatal, a fin de poder contar con información veraz para la toma de decisiones y el establecimiento de programas de estimulación para la reducción de emisiones. . Asimismo, a través de este registro se podrá contar con datos fiables sobre la generación de emisiones, así como la demanda de energía y combustibles. Esta información será útil en la implementación continua de esta acción en el futuro.