



Proceso de Formulación Estrategia de Desarrollo con Bajas Emisiones

Línea base preliminar Sector Industrial

Borrador 8 noviembre 2016



Con el apoyo técnico de



Apéndice C. Uso de energía en la industria y procesos industriales

Introducción

Las actividades en el sector Industrial (I) producen emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), y óxido nitroso (N₂O) cuando los combustibles se queman en hornos, calentadores de procesos, generadores de poder en el lugar y otros usos finales de energía en procesos y construcciones. Así como en los otros sectores de “energía”, el CO₂ representa la vasta mayoría de estas emisiones con base en el CO₂ equivalente (CO₂e). Además de las emisiones directas provenientes de la quema de combustibles, hay otras emisiones de procesos industriales (p.ej. emisiones no basadas en la quema). En Guatemala, las emisiones de procesos industriales incluyen: CO₂ de la producción de clínker durante la producción de cemento y durante la producción de cal; CO₂ de la fundición de metales ferrosos y no ferrosos; el uso y la fuga de perfluorocarbonos (PFC) e hidrofluorocarbonos (HFC), los cuales son usados como agentes limpiadores o refrigerantes; y el uso de ceniza de sosa (tomar nota que esto incluye todos los usos de ceniza de sosa, incluyendo otros sectores; está incluido bajo Industria ya que casi siempre hace falta la información para desglosar los sectores del uso total del uso final individual).

Mientras que los usos de aceite destilado y de gasolina se reportan para el sector Industrial, se supone que los combustibles utilizados en vehículos asociados con actividades industriales se agregan al uso de combustible de vehículos en carretera abordado en el sector Transporte. No hay información disponible para desglosar el uso de combustibles del uso total realizado por vehículos y fuentes móviles fuera de carretera compilados en el sector Transporte. Por lo tanto, se asume que los usos de aceite destilado y de gasolina reportados para Industria son utilizados en aplicaciones estacionarias u otras aplicaciones en el lugar (p.ej. equipo de proceso, generadores, cargadores, etc.).

Tomar nota que en el inventario nacional más reciente de Guatemala para el año 2005, presentado en la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, se reportaron aproximadamente 0.033 teragramos de compuestos orgánicos volátiles (COV) no relacionados con el metano, provenientes de la industria de alimentos y bebidas. En la línea base para este ejercicio dentro de la estrategia de desarrollo con bajas emisiones (EBDE en adelante), las emisiones por COV no han sido reportadas debido a la magnitud de estas emisiones en comparación con los otros siete GEIs necesarios en el informe nacional, la disponibilidad de información para estimar estas emisiones a través de la economía y el nivel de esfuerzo necesario.

Indirectamente, como consumidor de combustibles y otras fuentes de energía, este sector también impulsa las emisiones de la producción de electricidad, calor y combustibles. Aunque las emisiones directas de esas fuentes se informaron en el sector de energía, subsector de Suministro de Energía (SE), la parte asociada al uso de energía en procesos industriales también se resume aquí. Esto proporciona una imagen más completa de la huella de GEI para el uso de energía en general del sector industrial. También, la proyección de la demanda para uso de electricidad por la industria se llevó a cabo aquí para ser usado en la proyección de generación energía para la línea base del sector energía. Cada vez que las emisiones indirectas se muestren en una gráfica en este documento, se identificarán siempre como porciones estampadas para indicar que las emisiones directas están representadas en otro sector (las emisiones directas siempre se muestran en porciones de color sólido).

Al final de este apéndice se proporciona una discusión sobre cómo la línea base de los GEI de la EDDE para Industria se relaciona con la información los inventarios nacionales del país el marco de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Fuentes de información

Información histórica. La información sobre la quema histórica de combustibles dentro del sector industrial se obtuvo de los balances energéticos del Ministerio de Energía y Minas (MEM).¹ Esta información solamente estaba disponible a nivel de sector y no por subsectores individuales, incluyendo subsectores industriales considerados importantes como cemento, hierro y producción de cal. Los datos sobre quema de combustibles estaban disponibles para los años 2005 a 2015. Se aplicaron métodos simples para proyectar las tendencias en el uso de combustibles del 2004 hacia atrás, hasta 1990.

Para la actividad de procesos industriales, se tomó la información histórica de una variedad de fuentes.² Ninguna de ellas proporcionó una serie completa anual de producción de 1990-2014, así que se realizó una combinación de interpolación y líneas de tendencia para desarrollar una serie temporal completa. La serie temporal se muestra en la siguiente sección. Los sectores industriales considerados en Guatemala incluyen la producción de hierro y acero, la producción de cemento y la producción de cal. Todos estos sectores consumen grandes cantidades de combustibles y producen emisiones por procesos no basadas en la quema.

La información sobre el consumo histórico de electricidad (ventas al menudeo) se tomó del análisis de línea base del sector SE (ver Apéndice A). Los factores de emisión para estimar las emisiones directas de la quema de combustibles y procesos industriales/uso de productos se tomaron de las Directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).³

Información para la proyección de tendencias a futuro. Varias fuentes de información fueron necesarias para desarrollar las proyecciones de uso de energía y emisiones para el sector Industria hasta 2050. Idealmente, las proyecciones de uso de energía y actividad de proceso están vinculadas a los proyecciones de producción esperados para cada sector de la industria. La información relacionada a la proyección de

¹ La información de consumo de combustible industrial se tomó de los documentos 'balance energético' disponibles en el sitio web del Ministerio de Energía y Minas: <http://www.mem.gob.gt/energia/estadisticas-energia/balances-energeticos/>. La información está disponible para 2001 - 2015. Los balances de energía nacionales sí existen para el período 1990-2004; sin embargo, la información para este período no ha pasado por el mismo nivel de revisión y ajuste como la información para 2005-2015.

² **Para acero crudo:** Anuario Estadístico Minero para Guatemala, <http://www.mem.gob.gt/mineria/estadisticas-mineras/anuario-estadistico-minero/>.

Para Clinker: Segunda Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático –MARN, elaboración INVGEI de los procesos industriales 1994 y 2005, mayo 2009; los datos de producción de Clinker para el periodo 1990 – 2004 vienen de esta fuente mientras que datos provenientes de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), Sistema de Recaudación, se utilizaron para producción doméstica de cemento en el periodo 2005 – 2015.

Para ceniza de soda (carbonato de sodio): Banco de Guatemala; para uso de ceniza de soda, Guatemala no produce esto, así que todo es importado. "Consumo aparente" es el concepto que utilizamos aquí (las existencias más las importaciones menos las exportaciones). El Banco de Guatemala proporciona esto en la "lista de artículos de aranceles" con la Oficina de Comercio Exterior del Banco de Guatemala. Servicio Geológico de los Estados Unidos de América (USGS).

Para cal: L. Corathers, USGS, comunicación personal con S. Roe, CCS, 26 de mayo, 2016. La información proporcionada fue producción total de cal; esta fue utilizada junto con los años disponibles de la información de Guatemala para cal con alto contenido de calcio y cal dolomítica para desarrollar estimaciones anuales para cada mineral. NOTA: los valores de 2005-2014 fueron todos 150,000 t/año, lo cual se habría que revisar.

³ Directrices del IPCC del 2006; volumen 2. *Energía*; <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.html>.

producción no está disponible y la información sobre el pronóstico económico se limita al crecimiento del PIB total y al valor añadido del sector Industria como un componente del PIB, más que a la información para subsectores industriales específicos. También, como se observó anteriormente, la información histórica sobre la quema de combustibles a nivel de subsector industrial que podría haber servido como insumo para desarrollar una metodología para la proyección tampoco estaba disponible.

Los métodos y fuentes de información utilizados para desarrollar las líneas base de procesos industriales y energía bajo el escenario *business as usual* para Industria se proporcionan en la sección siguiente. Las fuentes de información y sus referencias se documentarán más en la sección a continuación. Para las emisiones de GEI, se aplicaron los mismos factores de emisión del IPCC usados para cuantificar las emisiones históricas.

Actividad de proceso y uso de energía históricos y pronóstico bajo el desarrollo habitual (Línea base de proceso y energía)

En general, la metodología para desarrollar la proyección está respaldada por un pronóstico de actividad de proceso esperada para los subsectores industriales considerados. Luego, del pronóstico de actividad de proceso, se estimaron los requerimientos de energía para apoyar estos niveles de actividad. Los subsectores industriales considerados son producción de acero crudo, cemento, y cal, así como el consumo de ceniza de soda. Mucho de la actividad de producción para el acero crudo y el cemento apoyan la industria de construcción y otra infraestructura urbana (p.ej. carreteras). Idealmente, la metodología de proyección se vincularía directamente con el pronóstico de construcciones (p.ej. superficie de construcciones residenciales/comerciales/institucionales) y el crecimiento urbanizado en el sector residencial, comercial e institucional (RCI). Como se describe en el Apéndice B, las limitaciones de la información no permitieron el desarrollo de una proyección sobre superficies. Por consiguiente, el método para proyectar el desarrollo habitual descrito a continuación inicia con una proyección de actividad de proceso industrial basado en las relaciones con los pronósticos generales de crecimiento económico.

Actividad de proceso industrial. Debido a la falta de información sobre actividad de proceso industrial futura esperada, se investigaron las relaciones entre producción histórica disponible y actividad económica total (PIB) para los sectores industriales considerados.⁴ La figura C-1 muestra que existe una buena relación entre el PIB y la producción de acero crudo. Las figuras C-2 y C-4 muestran relaciones un poco más débiles para la producción de clínker (para cemento), producción de cal y consumo de ceniza de soda.

Se espera que las producciones de cemento (clínker), acero crudo y cal estén correlacionadas con la actividad económica general en Guatemala, particularmente dentro del subsector de construcción y la actividad de exportación para el acero y el cemento.⁵ Sin embargo, el uso de estas relaciones (líneas de tendencia que mejor se adapten a través de la información histórica) para desarrollar proyecciones bajo el desarrollo habitual de actividad industrial produjo valores altos poco realistas para la producción de clínker

⁴ Banco Mundial, Indicadores Mundiales de Desarrollo, <http://datbank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&country=GTM&series=&period=#>.

⁵ Tomar nota que Guatemala también es proveedor de hierro y acero para otros países, incluyendo Honduras. Ver el vínculo: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/gt/Perfil%20de%20la%20produccion%20comercio%20exterior%20y%20consumo%20de%20acero%20en%20Honduras.htm>.

y cal. Por lo tanto, se supuso que la actividad de proceso industrial para estos sectores crecería al mismo nivel del PIB general. Para acero crudo, se utilizó la relación mostrada en la figura C-1.

Figura C-1. Producción de acero crudo como una función del PIB

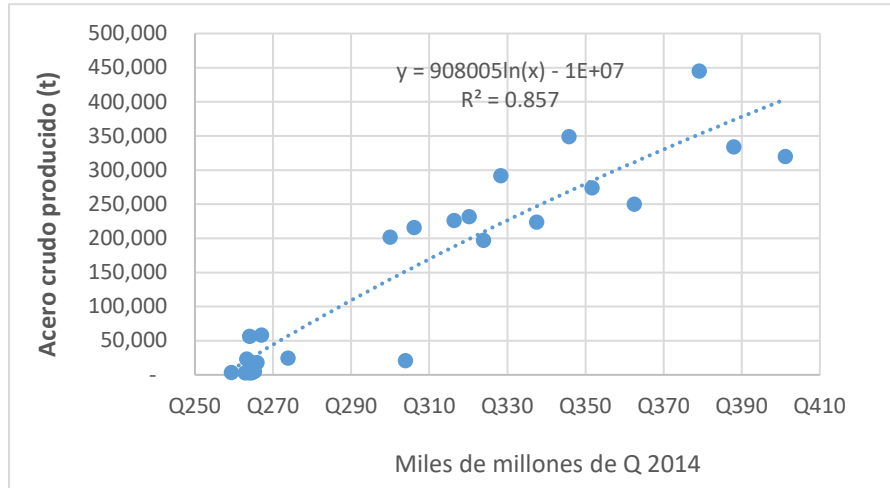


Figura C-2. Producción de clínker como una función del PIB

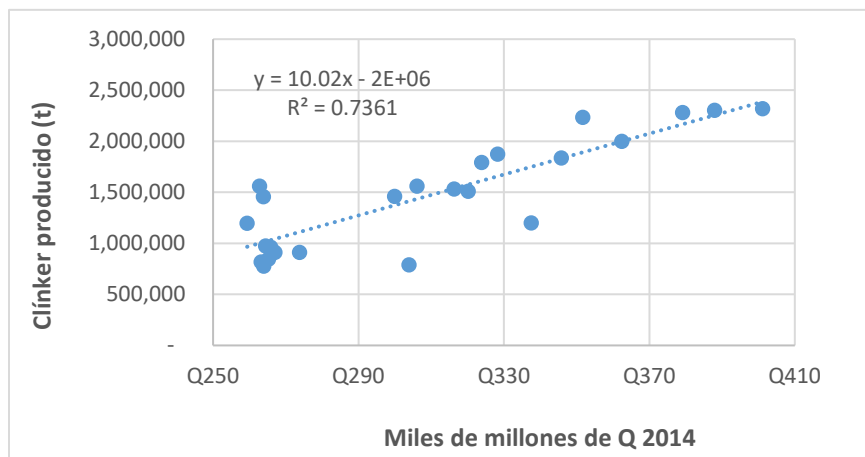


Figura C-3. Producción de cal y PIB

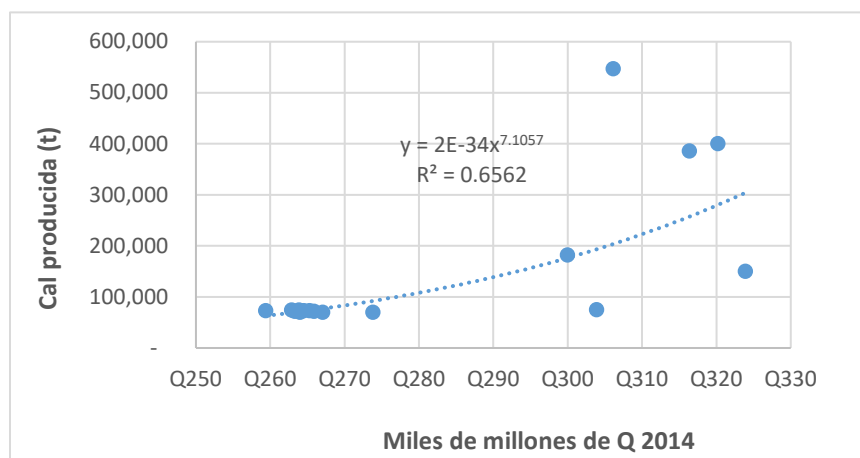
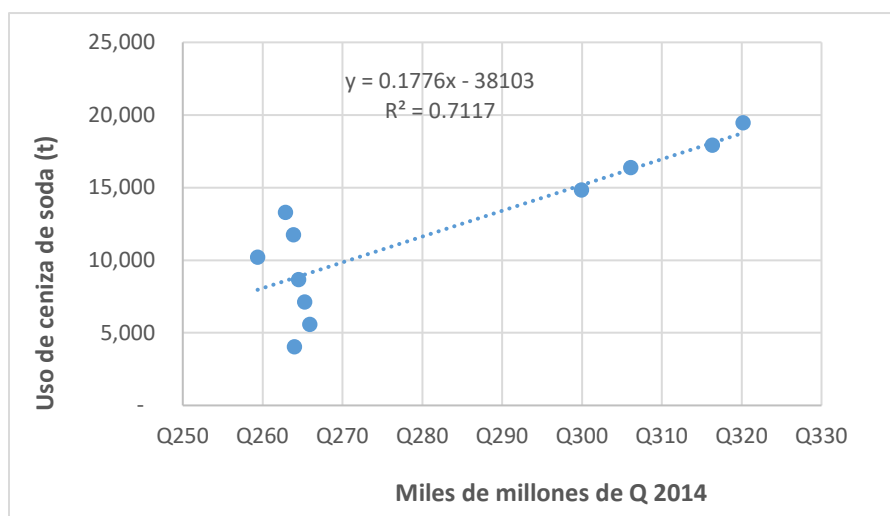


Figura C-4. Consumo de ceniza de soda y PIB

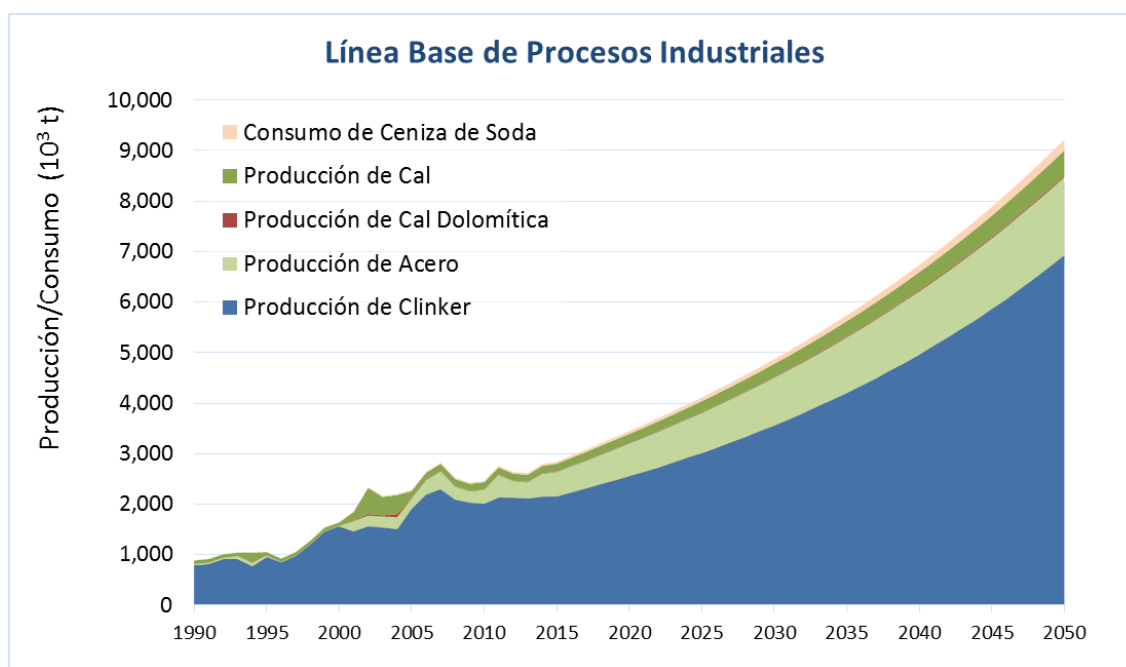


La producción de cal puede ser dividida en cal con alto contenido de calcio y cal dolomítica. La cal con alto contenido de calcio tiene varios usos que incluyen la estabilización de suelos, asfalto, estabilización de residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales, control de óxidos de sulfuro de las plantas operadas a base de carbón, albañilería y usos industriales (incluyendo la industria del azúcar). La cal dolomítica es usada a menudo como un agente acondicionador del suelo en la agricultura. La mayoría de la cal producida en Guatemala es cal con alto contenido de calcio (aproximadamente 94% en 2005, la información del último año en donde hay información disponible para ambos tipos de cal). Para propósitos del pronóstico, se asumió que la cal dolomítica se producía en los mismos niveles que en 2005 comparada con la cal con alto contenido de calcio (6% del total producción de cal). Vale la pena hacer notar que también existe producción informal de cal “artesanal” en operaciones pequeñas; sin embargo, actualmente no existe información disponible para evaluar los niveles de esta actividad y sus emisiones de GEI.

La ceniza de soda (carbonato de sodio) tiene una variedad de usos, incluyendo la manufactura de vidrio, control del pH (p.ej. en piscinas), cocina y otros. Mientras que la correlación con el crecimiento del PIB no es increíblemente fuerte (ver Figura C-4), esta relación fue usada para proyectar el crecimiento en el consumo dentro de un escenario BAU debido a la falta de mejores métodos. El informe nacional de GEI para Guatemala ha incluido emisiones de CO₂ por procesos de producción de vidrio de 29,600 toneladas en 1994 y 75,600 toneladas en 2005.⁶ Aún no se han identificado estadísticas adicionales de producción para otros años históricos. Ya que el consumo de ceniza de soda total debería incluir la cantidad consumida durante la producción de vidrio, no se hizo ningún esfuerzo adicional para desglosar la cantidad usada en la producción de vidrio.

La figura C-6 proporciona una recapitulación de las estimaciones históricas y bajo el escenario BAU proyectadas de la actividad de procesos industriales para los subsectores considerados. Se espera que el crecimiento en los subsectores de producción de acero crudo y clínker sean los impulsores primarios para estos subsectores considerados, así como el sector Industria en general. Las preguntas clave que resultan de este enfoque para elaborar el pronóstico son si existen limitaciones de producción o de minería que debieran tomarse en cuenta como factores en la metodología. Para 2035, la producción de acero crudo alcanzaría 1.1 millones de toneladas/año y 1.6 millones de toneladas/año para 2050. La producción de clínker alcanzaría 4.2 millones de toneladas/año en 2035 y más de 6.9 millones de toneladas/año para 2050. La capacidad actual se estimó en aproximadamente 4.0 millones de toneladas/año.⁷

Figura C-6. Línea base de procesos industriales considerados



⁶ *Segunda Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático*, MARN, Elaboración INVGEI de los Procesos Industriales 1994 y 2005, Mayo 2009.

⁷ Se asumió una cantidad inicial de 2.2 millones de toneladas de cemento (San Gabriel). Con la planta San Miguel, la capacidad de producción total será de 5 millones de toneladas de cemento/año. Usar clínker para el factor de cemento final de 0.8 produce una capacidad de producción de clínker total de 4.0 millones de toneladas/año. http://www.centralamericadata.com/en/article/home/Guatemala_Progress_in_Construction_of_Cement_Factory.

Uso industrial de combustible. Los combustibles utilizados en el sector Industrial incluyen coque de petróleo, fuelóleo (aceite residual), querosén, diésel, gas licuado de petróleo (GLP), gasolina, y pequeñas cantidades de petróleo crudo y aceites lubricantes. El coque de petróleo, petróleo crudo y aceites lubricantes son utilizados en la producción de cemento junto con otros combustibles. Sin embargo, actualmente falta la información sobre el uso de combustibles realizado por otros subsectores industriales. Las proyecciones de consumo de combustible mostrados en la Figura C-7 abajo se basan en las suposiciones siguientes:

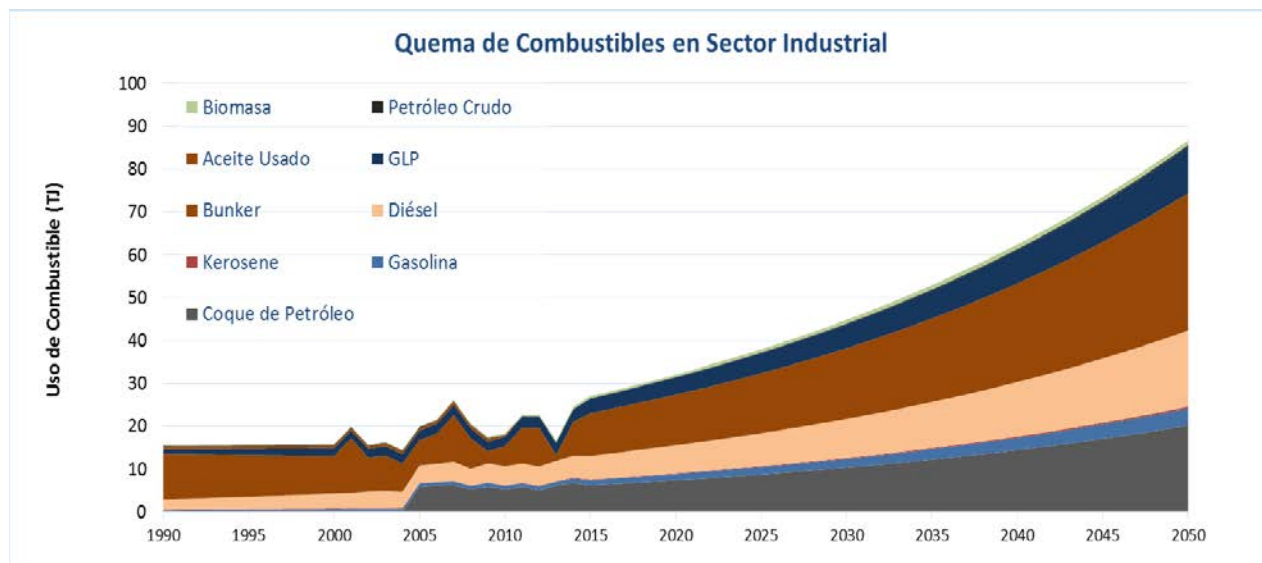
- Coque de petróleo, petróleo crudo y aceites lubricantes: se asume que estos son utilizados únicamente en la producción de cemento (clínker); por lo tanto, el crecimiento en el consumo se vincula con el pronóstico de producción de clínker proporcionado anteriormente. Tome nota de la caída en el uso del bunker de 2007-2010. Se cree que está relacionado a un cambio en el tipo de combustible en la producción de cemento. Sin embargo, existe todavía cierta incertidumbre con respecto al momento y el tamaño de esta caída en el uso de combustible. La información sobre el consumo de combustible de Cementos Progreso indica que el consumo de combustible cayó durante 2010, más que en 2009 (cerca de 18% con mucho de esta reducción relacionada con el coque de petróleo y aceites lubricantes)⁸. Se esperaría que esta caída en bunker resultaría en el aumento de otros tipos de combustibles.
- Fuelóleo (residual) y combustible diésel: mientras que hay algunos otros subsectores que usan estos combustibles (p.ej. acero crudo), se asume que la producción de clínker continúa siendo el impulsor general en el crecimiento; así que ambos están vinculados con el pronóstico de producción de clínker proporcionado anteriormente;
- Gasolina, querosén y GLP: se asume que estos combustibles se utilizan más ampliamente a través del sector; así que se asume que el crecimiento en su uso sigue el pronóstico del PIB para Guatemala.⁹
- Biomasa: ver discusión sobre electricidad y uso de calor industriales, abajo.

Electricidad y uso de calor industriales. No se identificó ninguna información sobre el uso de calor suministrado dentro del sector industrial, así que el uso de energía indirecta está limitado al consumo de electricidad. La figura C-8 es una gráfica que muestra la relación entre el consumo de electricidad del sector industrial y el PIB. Pese a que una medición econométrica más estrechamente asociada con la actividad industrial pareciera producir una mejor correlación con el uso de electricidad, un trazo del uso de electricidad industrial contra el valor agregado industrial (% PIB) del Banco Mundial no produjo ninguna correlación. No se identificó ningún otro método viable con la información disponible para generar un pronóstico de la demanda de electricidad para Industria, así que la relación de la demanda de electricidad con el PIB total mostrado en la Figura C-8 se utilizó para producir el pronóstico de la demanda de electricidad mostrado en la Figura C-9. El pronóstico producido muestra un crecimiento significativo con casi una triplicación de la demanda de electricidad entre 2015 y 2050.

⁸ Informes mensuales de consumo de combustible proporcionados por Cementos Progreso; obtenidos por R. Giron, MEM, Junio 2016.

⁹ La información histórica hasta 2014 se extrajo de los Indicadores de Desarrollo del Banco Mundial. Las estimaciones de crecimiento del PIB para GT hasta 2018 se tomaron de los Pronósticos del Banco Mundial. El crecimiento a largo plazo (3.4%) se basó en la tasa anual promedio de crecimiento del 2006 al 2018.

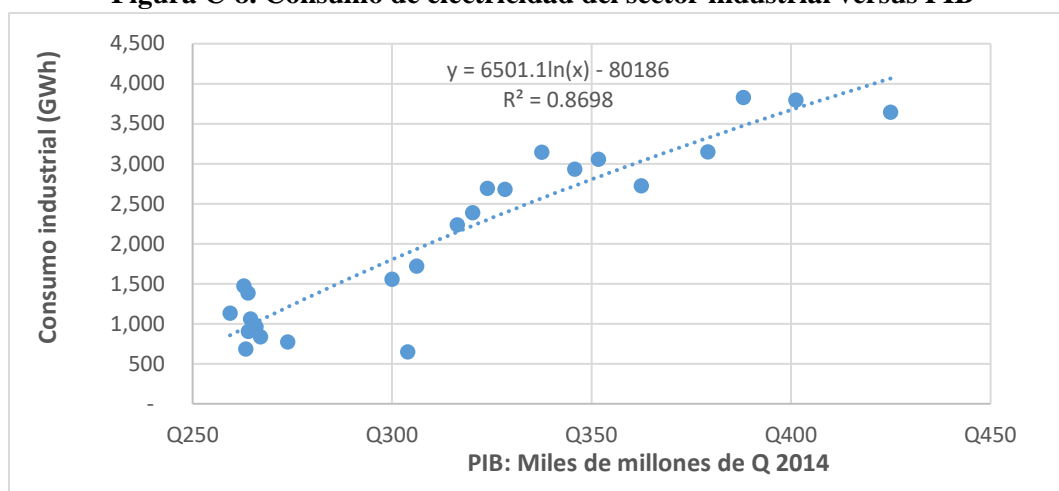
Figura C-7. Línea base del consumo de combustible industrial



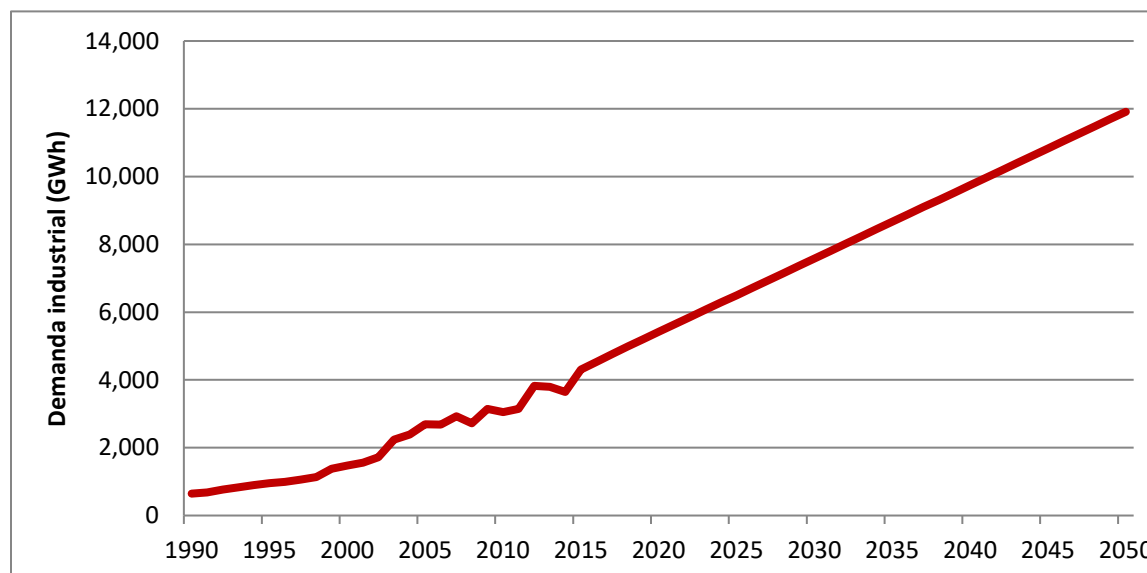
Nota: Los usos de biomasa, petróleo crudo y aceites lubricantes son muy pequeños para que se vean claramente en esta gráfica.

Con respecto al consumo de calor dentro de la industria (calor producido en otros sectores, pero proporcionado a un usuario industrial), no se identificó ninguna información. En la industria del azúcar, la electricidad es producida por el bagazo de caña de azúcar (residuo de biomasa sobrante del procesamiento de la caña de azúcar). Dado que algo de esta electricidad se introduce a la red eléctrica y por lo tanto es parte del sistema de suministro de energía, una separación del uso de energía de biomasa para la producción de energía de la red eléctrica (64%) fue asignada al sector SE. El restante 33% del uso de energía de biomasa fue asignado al sector industrial y se muestra en la figura C-7 como uso de biomasa. Se tomó esta separación del informe del balance energético del MEM para 2015.¹⁰

Figura C-8. Consumo de electricidad del sector industrial versus PIB



¹⁰ MEM, 2015: http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/05/BALANCE_ENERGETICO_2015.pdf.

Figura C-9. Pronóstico de demanda de electricidad del sector industrial

Metodología para la Línea base de Gases de Efecto Invernadero

La quema de combustibles produce dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Las emisiones se calcularon usando el consumo estimado de combustible en cada año de la línea base de energía arriba citada. Como se mencionó anteriormente, se utilizaron los factores de emisión del IPCC para estimar las emisiones de cada GEI.¹¹ El proceso de estimación de las emisiones anuales se expresa de la siguiente forma.

$$FC_i \times EF_{i,j} = \text{Emisiones de GEI anuales} \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde:

FC_i = equivalente anual de energía de cada combustible “i” quemado, en terajulios (TJ/año).

$EF_{i,j}$ = factor de emisión para combustible “i” quemado para cada GEI “j” específico (toneladas/TJ).

Se multiplicó cada gas por el potencial de calentamiento global (PCG) de 100 años del Segundo Informe de Evaluación del IPCC (SAR)¹² para expresar las emisiones de cada GEI en equivalentes de dióxido de carbono (CO₂e). Los resúmenes de emisiones para un combustible o un sector a menudo contienen el total de los tres gases ya sea en toneladas (t) o en teragramos (Tg, equivale a un millón de toneladas métricas).

¹¹ Notar que la herramienta de desarrollo de la línea base de GEI también proporciona estimaciones a nivel de barrido del carbono negro (CN); sin embargo, estas no se incluyen en esta línea base de GEI. La información sobre emisiones de CN se añadirán si las emisiones de CN se incluyen como una métrica de planificación dentro del proceso de planificación de la EDBE para Guatemala.

¹² Esta práctica es consistente con los requerimientos del informe nacional inicial para la CMNUCC; sin embargo, los PCG de informes de evaluación posteriores podrían ser usados también (p.ej. el Quinto Informe de Evaluación). Debido a la predominancia de las emisiones de CO₂ en los sectores de energía, incluyendo RCI, el impacto de revisar los PCG para CH₄ y N₂O sería insignificante. Segundo Informe de Evaluación del IPCC: <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-en.pdf>.

Además de las emisiones por quema de combustible, también hay emisiones de proceso en el sector industrial. Estas se estimaron de un modo similar a las emisiones por quema de combustible usando factores de emisión del IPCC. Los factores de emisión para emisiones de procesos se encuentran ya sea en emisiones GEI por unidad de producción (p.ej. tCO₂/t de hierro producido) o de consumo (tCO₂/t de ceniza de sosa consumida).

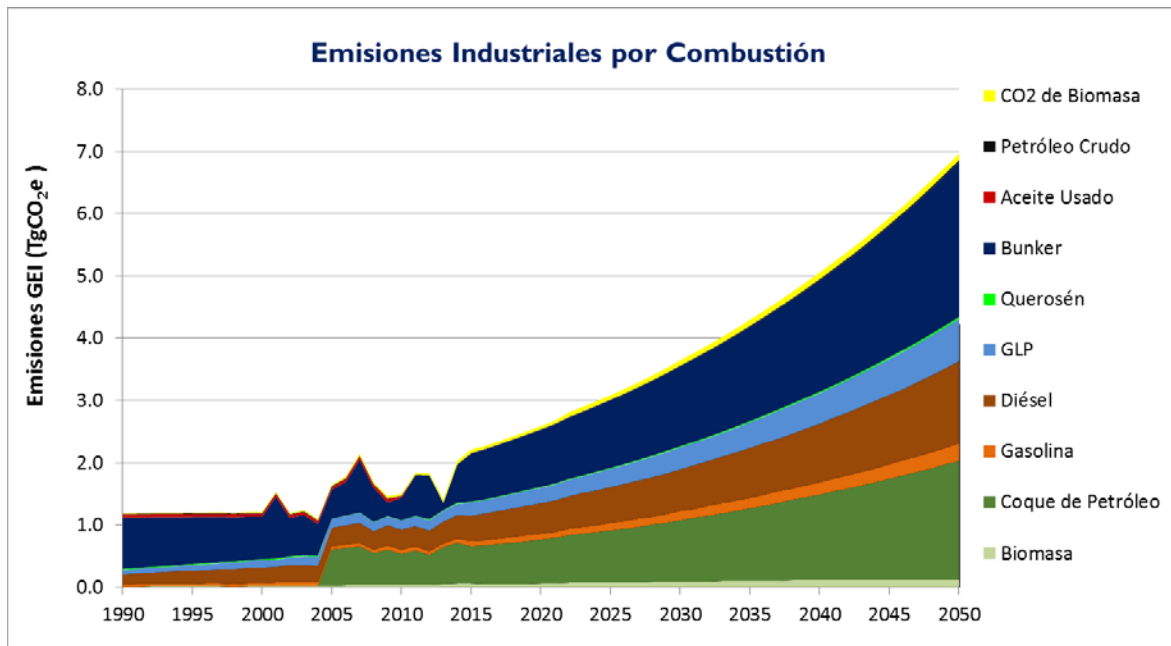
Las emisiones indirectas asociadas con el consumo de formas secundarias de energía producida en otros sectores incluyen electricidad del sector de SE. Las emisiones directas por la producción de electricidad en el sector SE se abordan en el Apéndice A, en la línea base de generación de energía; sin embargo, para lograr una comprensión completa de las implicaciones de los GEI del uso de energía en el sector Industrial, estas emisiones indirectas también se proporcionan a continuación. Los cuadros y gráficas recapitulativos en el cuerpo principal de este informe que cubre emisiones aplicables al conjunto de la economía o uso de energía excluirán estos valores indirectos para evitar la doble contabilización. Se estimaron las emisiones indirectas en un modo similar a las emisiones por quema de combustibles. Las unidades de energía para el consumo de electricidad son o megavatios-hora (MWh) o gigavatios (GWh). Los factores de emisión para el consumo de electricidad se encuentran bajo la forma de “intensidades de carbono” para la electricidad entregada los cuales se obtienen durante el desarrollo de la línea base del SE (estos incluyen pérdidas de electricidad durante la transmisión y distribución; ver Apéndice A). Al desarrollar estas intensidades de carbono, se suman las emisiones para todos los gases emitidos a CO₂e. Así, las unidades comunes para los factores de emisión para el suministro de electricidad son tCO₂e/MWh.

Emisiones de GEI del Sector Industria (Línea base de GEI)

Emisiones directas. La figura C-10 proporciona la línea base de emisiones de GEI para la quema de combustible desglosada por tipo de combustible. Los usos de coque de petróleo y fuelóleo se muestran como los impulsores primarios en el crecimiento de emisiones. Se utilizan ambos combustibles en la producción de clínker. Se espera que las emisiones por quema de combustible casi se dupliquen entre 2015 y 2035. La caída en las emisiones durante 2007 y 2010 se relacionó con una caída aparente en el uso de combustible durante este período.

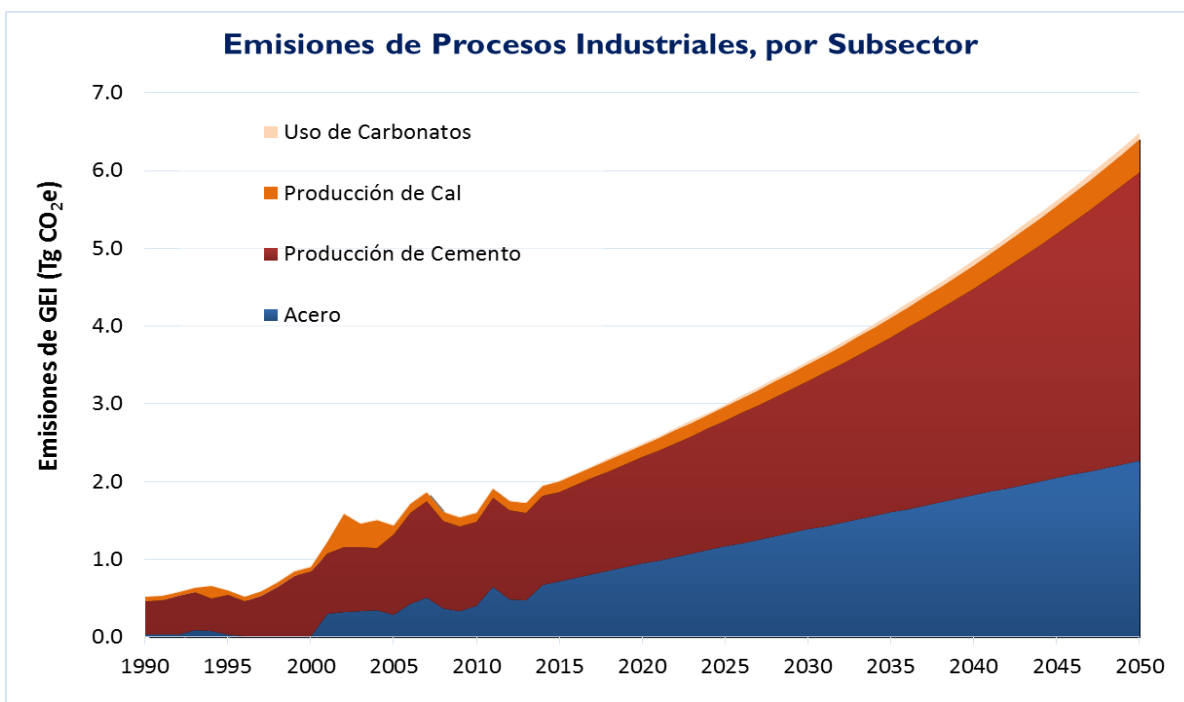
Las emisiones de CO₂ de biomasa se muestran de forma separada como una porción transparente para indicar que estas emisiones son consideradas carbono neutral. En el sector Industria, la quema de biomasa está limitada a la industria del azúcar (bagazo de caña de azúcar), y ya que las emisiones de CO₂ son biogénicas, solamente las emisiones de CH₄ y N₂O están incluidas en los CO₂e totales para el sector. Una unidad de cogeneración a base de biomasa proporciona energía procedente de la red eléctrica. Las emisiones asociadas con la producción de energía se mantienen dentro del sector SE, mientras que aquellas asociadas con el calor del proceso se incluyen en Industria. La supuesta separación entre energía/emisiones para la producción de energía es 22%, mientras que el restante 78% se asigna a la industria para el calor de procesos.

Figura C-10. Línea base de emisiones por quema de combustible industrial



La figura C-11 proporciona la línea base de emisiones de GEI para procesos industriales y uso de producto (p.ej. emisiones que no están asociadas con la quema de combustible). Como se muestra en la figura, al final del período pronosticado bajo el desarrollo habitual, se espera que las emisiones por procesos y uso de productos sean más o menos las mismas que las emisiones por quema de combustible. La producción de cemento (clínker) y el acero crudo son los subsectores más importantes que contribuyen al crecimiento de emisiones.

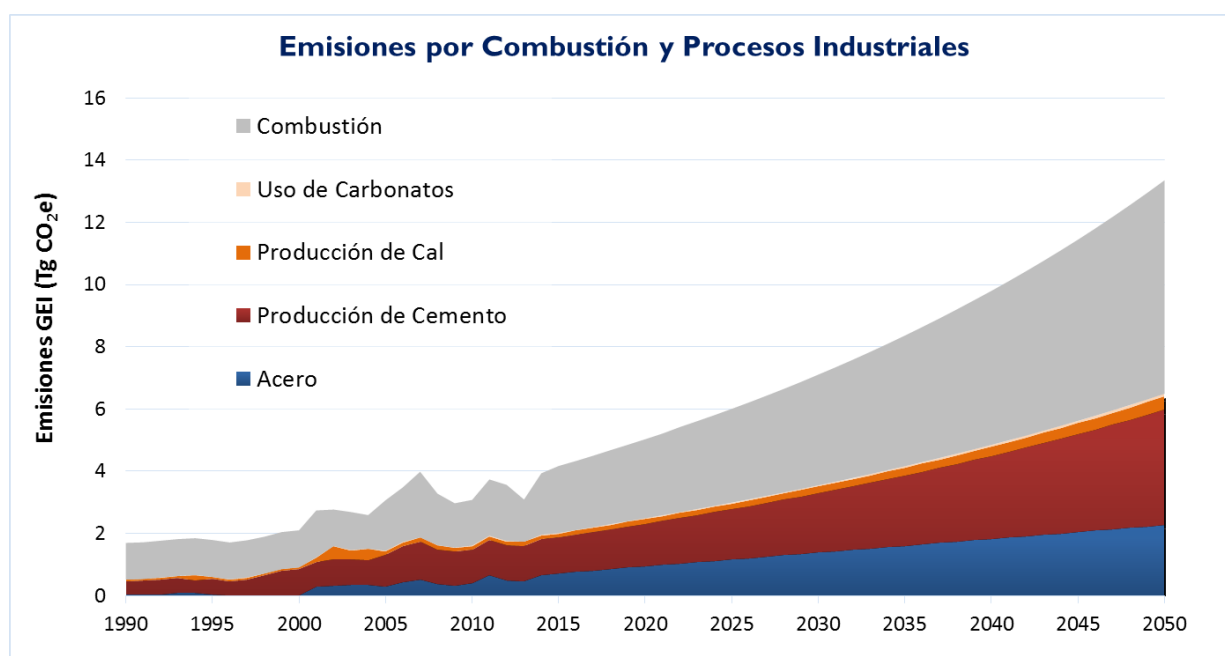
Figura C-11. Línea base de emisiones de procesos industriales y uso de productos



Con respecto a los tipos de GEIs emitidos, las emisiones de todos los procesos/uso de producto corresponden a CO₂. Sin duda, existen otras emisiones por proceso/uso de producto de otros GEIs, tal como los HFCs del uso de refrigerantes; sin embargo, no se identificó ninguna información para utilizar en la estimación de emisiones.

La figura C-12 proporciona un resumen completo de emisiones directas del sector industria. Esta gráfica muestra las emisiones por quema de combustible y proceso/uso de producto. Los contribuyentes clave son las emisiones de proceso del acero crudo y producción de clínker, así como el crecimiento en el consumo de combustible necesario para apoyar el crecimiento esperado en la actividad industrial para estos subsectores importantes.

Figura C-12. Industria: línea base de emisiones directas totales

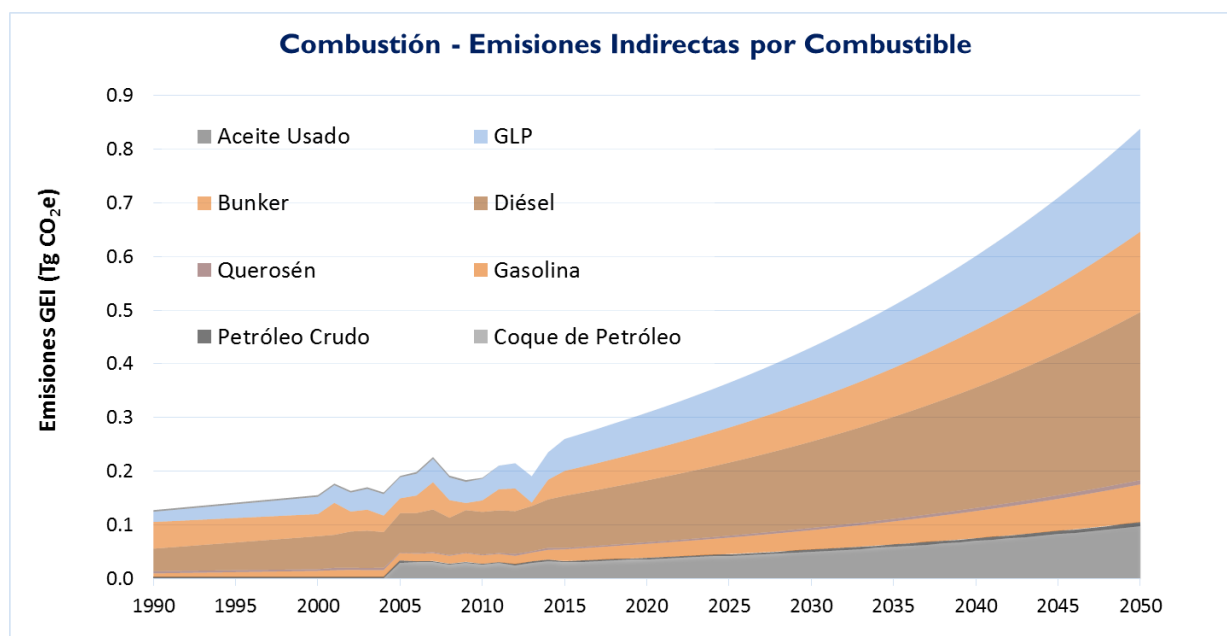


Emisiones indirectas. Para comenzar a tener una comprensión más completa de las emisiones de GEI asociadas con todo el uso de energía, la figura C-13 proporciona un resumen de emisiones que cubre los GEIs en sentido ascendente de los combustibles que son consumidos dentro del sector industrial (emisiones asociadas con la extracción, procesamiento y transporte de combustibles). Estas emisiones deberían considerarse estimaciones a nivel de barrido y se incluyen de manera de ejemplo, ya que actualmente se basan en los datos por defecto a nivel nacional para los Estados Unidos de América para cada combustible¹³ y no son específicos para Guatemala. Aun así, las estimaciones indican las emisiones potenciales adicionales que podrían considerarse son liberadas como resultado de consumo de combustible (combinado con las emisiones por quema, estos valores en sentido ascendente proporcionan

¹³ Estas estimaciones de GEI en sentido ascendente a nivel de barrido se basan en información para combustibles para los Estados Unidos de América, ya que no existe información similar disponible para Guatemala. Los factores de emisión se tomaron principalmente del Modelo GREET del Laboratorio Nacional Argonne del Departamento de Energía de los Estados Unidos de América (<https://greet.es.anl.gov/>). Normalmente, estas emisiones en sentido ascendente representan aproximadamente 10-20% de las emisiones de GEI directas de la quema de combustibles.

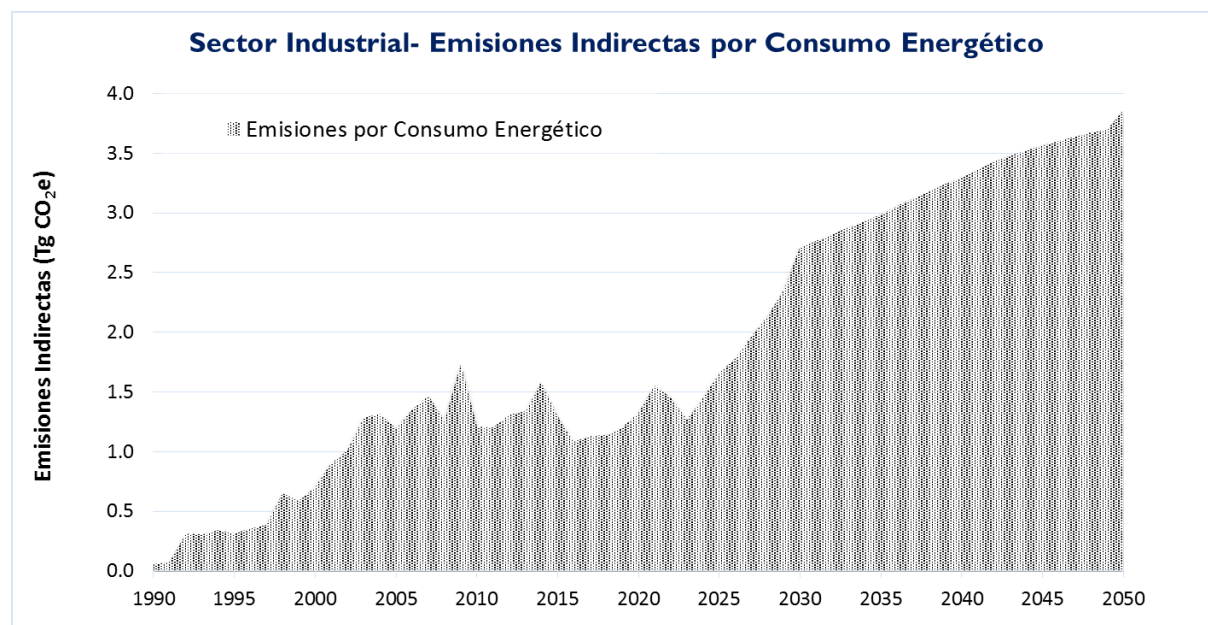
una estimación de emisiones de “ciclo completo de energía”). Los principales contribuyentes en los GEIs en sentido ascendente son el diésel, el fuelóleo y el uso de GLP.

Figura C-13. Sector industrial– Emisiones indirectas de las emisiones en sentido ascendente en el suministro de combustible



La figura C-14 incluye las emisiones indirectas del consumo de electricidad proveniente de la red eléctrica.¹⁴ Estas corresponden a las emisiones producidas en las instalaciones de generación de poder y toman en cuenta pérdidas durante la transmisión y distribución. Los valores de intensidad de carbono de electricidad utilizados para desarrollar las estimaciones de emisiones indirectas incluyen la quema de combustibles en la planta para producir energía y las emisiones asociadas con las actividades en sentido ascendente en el suministro de combustible (p.ej. extracción, procesamiento y transporte de combustible). Por lo tanto, los valores de emisiones mostrados en la figura C-14 varían año con año dependiendo no solo de la cantidad de electricidad consumida por la industria sino también de la intensidad de carbono del suministro de energía. Por ejemplo, el pico de 2009 en las emisiones históricas en el consumo de electricidad proviene de un pico en la intensidad de carbono del suministro de energía en 2009 más que de un consumo mucho mayor de energía. El incremento en la intensidad del carbono resultó de una gran caída en la producción hidroeléctrica en ese año, y la pérdida de esta energía fue compensada con mayor uso de los generadores a base de aceite residual.

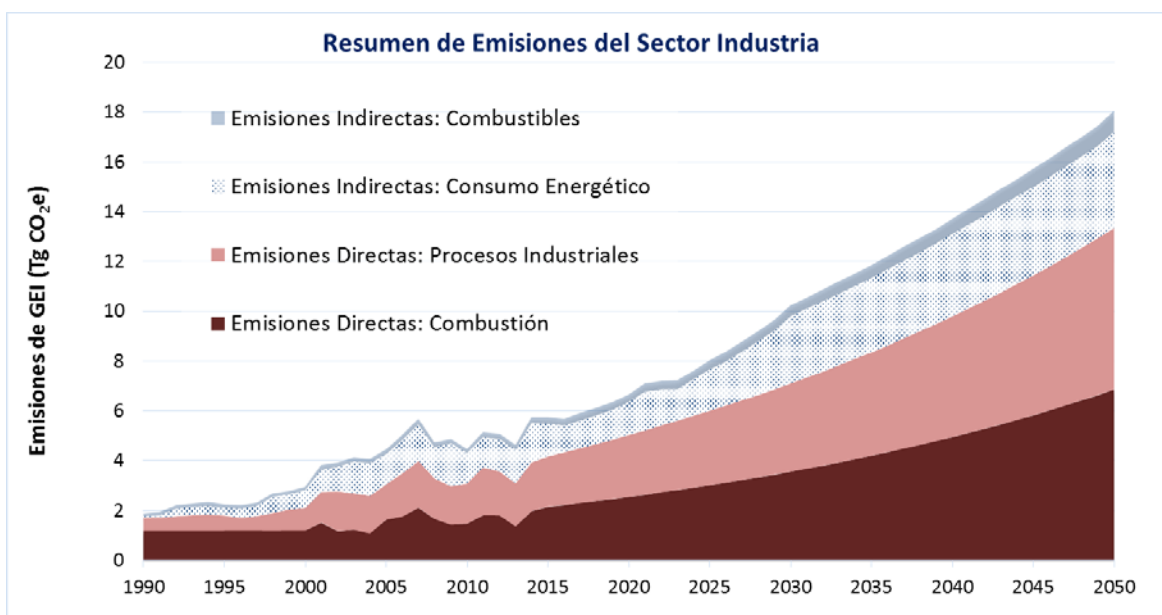
¹⁴ Para cualquier generación de energía en el lugar (energía no suministrada a la red eléctrica), se asume que los combustibles utilizados son capturados dentro de la información de uso de combustible total para el sector industrial y por lo tanto representados en las emisiones directas.

Figura C-14. Sector industrial– Emisiones indirectas del consumo de electricidad

Aparte de la planta de cogeneración de biomasa abordada bajo emisiones directas arriba citadas (bagazo de caña de azúcar), no se encontró información sobre otras formas de consumo de calor. Para el sector industrial, las emisiones asociadas con la producción de calor de proceso en instalaciones de cogeneración son atribuidas comúnmente a las emisiones directas para Industria. Las emisiones atribuidas al uso de energía para producir poder con base en la red eléctrica en instalaciones de cogeneración son asignadas al sector SE.

Se espera que las emisiones atribuidas al consumo de electricidad permanezcan en cierto modo sin cambio durante la mitad de los 2020's, como resultado de la disminución de la intensidad de carbono del suministro de electricidad, y no de la disminución de la demanda. Se espera que luego estas emisiones indirectas incrementen dramáticamente después de 2025 cuando la combinación de una demanda mayor con la intensidad de carbono impulse las emisiones (ver Apéndice A para más detalles sobre el pronóstico del subsector de Suministro de Poder).

Finalmente, la figura C-15 proporciona un resumen completo de las emisiones directas de la quema de combustible (excepto el CO₂ biogénico) y las emisiones de procesos, las emisiones en sentido ascendente del suministro de los combustibles del sector y las emisiones indirectas del consumo de electricidad (las cuales también incluyen las emisiones en sentido ascendente del suministro de combustibles a las estaciones de poder). Esta contabilidad completa de emisiones para el sector continúa mostrando una duplicación esperada de las emisiones entre 2015 y 2035.

Figura C-15. Sector Industria– Resumen de las emisiones basadas en el consumo

Incertidumbres clave y áreas de mejora

Las áreas de mejora incluyen trabajo adicional para atribuir el uso de combustible y el consumo de poder al nivel de subsector correspondiente. En la industria de cemento se identificó alguna información sobre combustibles utilizados durante muchos de los pasados 12 años aproximadamente. Compilar información similar para otros subsectores considerados como acero crudo, producción de cal, producción de vidrio y otros grandes usuarios de energía permitiría el desarrollo de mejores pronósticos de energía/emisiones y ayudaría a identificar de mejor manera las prioridades de mitigación de GEI. También se debería hacer trabajo adicional para investigar las relaciones que cualquiera de estos datos de consumo de energía pueda tener con datos disponibles del pronóstico económico (p.ej. valor agregado por subsector, empleo). Estas relaciones nuevas o mejoradas producirían después pronósticos más precisos sobre los requerimientos de energía y las emisiones.

Varias fuentes de emisiones de procesos industriales más pequeñas probablemente ocurren en Guatemala, pero no se incluyeron en este borrador debido a la falta de información. Estas incluyen el uso (y subsecuentes emisiones a través de fuga) de hidrofluorocarbonos (HFC) del equipo de refrigeración y aire acondicionado y producción artesanal de cal (emisiones de CO₂ por proceso y quema de combustible).

Relación con el Reporte Nacional de las Emisiones de GEI para Guatemala

El inventario de línea base de GEI de la EDBE desarrollado para el sector industrial difiere en varias formas del inventario nacional de GEI para Guatemala el cual se reporta a la Conferencia de las Partes (COP) como lo requiere la CMNUCC. Las diferencias principales son que el informe nacional solamente incluye estimaciones de emisiones históricas directas (para quema de combustible y emisiones por proceso/uso de producto). Las fuentes de información de consumo de combustible y los factores de emisión reportados

aquí son consistentes con aquellos usados para desarrollar los valores de emisiones de GEI para informes nacionales.¹⁵

Además de las emisiones directas, el inventario de la EDBE incluye emisiones indirectas del consumo de electricidad y del abastecimiento de combustibles en sentido ascendente. Estas emisiones indirectas permiten una imagen completa de las emisiones asociadas con la actividad industrial. Estas emisiones no deberían incluirse en el informe nacional para la CMNUCC, ya que las emisiones indirectas duplicarían las emisiones estimadas en el sector Energía y podrían incluir emisiones fuera de Guatemala (por combustibles importados). También, la línea base de la EDBE incluye pronósticos de emisiones bajo el desarrollo habitual además de las emisiones históricas. Estos pronósticos son necesarios para identificar las oportunidades de mitigación y estimar los impactos de las políticas de mitigación, pero no se requieren para el informe nacional.

También, como se indicó al principio de este apéndice, en el segundo informe nacional de Emisiones GEI para Guatemala, aproximadamente 0.033 teragramos de compuestos orgánicos volátiles (COVs) of non-methane se reportaron de la industria de alimentos y bebidas. En la línea base de la EDBE, las emisiones por COV no han sido reportadas debido a la magnitud de estas emisiones en comparación con los otros siete GEIs necesarios en el informe nacional, la disponibilidad de información para estimar estas emisiones a través de la economía y el nivel de esfuerzo necesario.

El cuadro C-1 muestra la estructura del informe para la CMNUCC y cómo se relacionan los subsectores con el Inventario de la EDBE.

¹⁵ Tomar nota que Guatemala puede elegir usar los PCG asociados con Informes de Evaluación del IPCC posteriores, tal como el Quinto Informe de Evaluación (AR5).

Cuadro C-1. Estructura de reporte para la CMNUCC y su relación con el Inventario de la EDBE

Código y nombre de reporte para la CMNUCC				Relación con el Inventario de la EDBE	
1	Energía				
1	A	Quema de combustible		Quema de combustible histórica incluida para toda la industria.	
1	A	2	Industrias de manufactura y construcción		
1	A	2	a	Hierro y acero	Incluido en el total del sector. El proceso de producción siguiente fue seleccionado: calderas básicas de oxígeno (BOF por sus siglas en inglés) en fábricas integradas sin hornos de coque.
1	A	2	b	Metales no ferrosos	Incluido en el total del sector.
1	A	2	c	Químicos	No aplica en Guatemala.
1	A	2	d	Pulpa, papel e imprenta	No aplica en Guatemala.
1	A	2	e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Incluido en el total del sector.
1	A	2	f	Minerales no metálicos	Incluido en el total del sector. La producción de cemento es el único subsector, donde la información está disponible para un desglose a este nivel.
1	A	2	e	Otros	Incluido en el total del sector.
2	Procesos industriales totales				
2	A	Industria de los minerales			
2	A	1	Producción de cemento		Se asume que la producción histórica cubre las plantas de San Miguel y La Pedrera.
2	A	2	Producción de cal		Se incluye la producción histórica. La producción de cal artesanal no está incluida debido a información limitada.
2	A	3	Producción de vidrio		Únicamente se identificó la información de producción para dos años históricos. El consumo de ceniza de sosa debería estar capturado en los valores totales usados para el consumo de ceniza de sosa; el uso de energía debería estar capturado también en los niveles totales del sector.
2	A	4	Otros usos de carbonatos en los procesos		El uso total de ceniza de sosa está incluido.
2	B	Industria química		No se encontró información correspondiente con esta industria.	
2	B	1	Producción de amoníaco		
2	B	2	Producción de ácido nítrico		
2	B	3	Producción de ácido adípico		
2	B	4	Producción de caprolactama, glyoxal y ácido glyoxílico		
2	B	5	Producción de carburo		
2	B	6	Producción de dióxido de titanio		
2	B	7	Producción de ceniza de sosa		
2	B	8	Producción petroquímica y de negro de humo		

Código y nombre de reporte para la CMNUCC				Relación con el Inventario de la EDBE
2	B	9	Producción fluoroquímica	
2	B	10	Otros (como se especifica en el cuadro 2(I).A-H)	
2	C		Industria de los metales	
				Se incluye la producción histórica. El proceso de producción siguiente fue seleccionado: calderas básicas de oxígeno (BOF por sus siglas en inglés) en fábricas integradas sin hornos de coque.
2	C	1	Producción de hierro y acero	
2	C	2	Producción de ferroaleaciones	No aplica.
2	C	3	Producción de aluminio	No aplica.
2	C	4	Producción de magnesio	No aplica; aunque la magnesita se produce en Guatemala.
2	C	5	Producción de plomo	No aplica.
2	C	6	Producción de zinc	No aplica.
2	C	7	Other (como se especifica en el cuadro 2(I).A-H)	Ninguna identificada.
2	D		Productos no energéticos de combustibles y uso de solvente	Ninguna identificada.
2	D	1	Uso de lubricante	
2	D	2	Uso de la cera de parafina	
2	D	3	Otros	
2	E		Industria electrónica	Ninguna identificada.
2	E	1	Circuito integrado o semiconductor	
2	E	2	Pantalla de panel plano tipo TFT	
2	E	3	Productos fotovoltaicos	
2	E	4	Fluido de transporte y transferencia térmica	
2	E	5	Otros (como se especifica en el cuadro 2(II))	
2	F		Usos de productos como sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono	Ninguna información encontrada.
2	F	1	Refrigeración y aire acondicionado	
2	F	2	Agentes de soplado de espumas	
2	F	3	Productos contra incendios	
2	F	4	Aerosoles	
2	F	5	Solventes	
2	F	6	Otras aplicaciones	
2	G		Manufactura y utilización de otros productos	
				Si se producen pérdidas de SF ₆ por transmisión de electricidad y equipo de distribución; el Inventario de la EDBE almacenaría esta información en el Sector de Suministro de Energía (subsector de Suministro de Poder).
2	G	1	Equipos eléctricos	
2	G	2	SF ₆ y PFCs de otros usos de productos	Ninguna información encontrada.
2	G	3	N ₂ O del uso de productos	Ninguna información encontrada.
2	G	4	Otros	Ninguna información encontrada.

Código y nombre de reporte para la CMNUCC			Relación con el Inventario de la EDBE
2	H	H. Otros (como se especifica en los cuadros 2(I).A-H y 2(II))(3)	Ninguna identificada.



La preparación de este documento es posible gracias al apoyo del Pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Fue elaborado por el *Center for Climate Strategies* para el Proyecto USAID/Desarrollo con Bajas Emisiones.

Las opiniones expresadas no reflejan necesariamente la posición de USAID ni del gobierno de los Estados Unidos de América.