



Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015

México, 2018

Capítulo: Energía

Contenido

3. [1] Energía	4
▣ Tabla 1. Clasificación de los sectores y subsectores de energía, definidos por IPCC, 2006	5
▣ Tabla 2. Emisiones por GEI para la categoría de Energía, 1990-2015	6
✳ Figura 1. Emisiones GEI por subcategoría de Energía, 1990-2015	6
▣ Tabla 3. Emisiones GEI por subcategoría de Energía, 1990-2015	7
✳ Figura 2. Emisiones de GEI por subcategoría de Energía	7
3.1 Comparación del método de referencia con el método sectorial	8
▣ Tabla 4. Comparación del método de referencia y el sectorial por la actividad de consumo de combustible, 1990-2015	9
✳ Figura 3. Comparación entre el método de referencia y el sectorial por el consumo de combustible, 1990-2015	10
3.2 [1A] Consumo de combustibles fósiles	10
3.2.1 [1A1] Industrias de la energía	11
3.2.1.1 [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor	11
▣ Tabla 5. Emisiones de GEI por la generación energía eléctrica, 1990-2015	11
✳ Figura 4. Emisiones de GEI por la generación energía eléctrica de CFE y PIE, 1990-2015	12
▣ Tabla 6. Emisiones de GEI por tecnología de generación energía eléctrica, 1990-2015	12
✳ Figura 5. Emisiones de GEI por tipo de tecnología para generación de energía eléctrica, 1990 a 2015	13
▣ Tabla 7. Tendencias del consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, 1990-2015	13
✳ Figura 6. Consumo energético y emisiones GEI por generación de energía eléctrica, 1990-2015	14
▣ Tabla 8. Emisiones GEI por tipo de combustible para generación de energía eléctrica, 1990-2015	14
✳ Figura 7. Emisiones GEI por tipo de combustible, 1990-2015	14
3.2.1.2 [1A1b] Refinación del petróleo	15
▣ Tabla 9. Emisiones de GEI por quema de combustibles en refinación de petróleo, 1990-2015	15
✳ Figura 8. Emisiones de GEI por quema de combustibles, subcategoría de refinación de petróleo, 1990-2015	16
3.2.1.3 [1A1c] Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias	16
3.2.1.3.1 [1A1ci] Manufactura de combustibles sólidos	17
▣ Tabla 10. Emisiones por la producción de coque de carbón, 1990-2015	17
3.2.1.3.2 [1A1cii] Otras industrias de la energía	17
▣ Tabla 11. Emisiones de GEI por quema de combustibles, subcategoría “Otras industrias de la energía”, 1990-2015*	18
✳ Figura 9. Tabla 11. Emisiones de GEI por quema de combustibles, subcategoría “Otras industrias de la energía”, 1990-2015*	18
3.2.2 [1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	19
▣ Tabla 12. Emisiones provenientes de la industria de la manufactura y la construcción, 1990-2015	19
✳ Figura 10. Emisiones de la industria de la manufactura y de la construcción, 1990-2015	20
3.2.3 [1A3] Transporte	21
▣ Tabla 13. Emisiones de GEI por transporte, 1990-2015	21
✳ Figura 11. Emisiones de GEI por transporte, 1990-2015	21
✳ Figura 12. Participación del transporte en las emisiones de GEI, 2015	22
▣ Tabla 14. Consumo energético por el transporte 1990-2015*	22
✳ Figura 13. Consumo energético y emisiones GEI por el transporte, 1990-2015*	23
✳ Figura 14. Participación de los combustibles en el consumo energético por transporte, 2015*	23
3.2.3.1 [1A3a] Aviación civil	24
3.2.3.1.1 [1A3ai] Aviación internacional	24
▣ Tabla 15. Emisiones de GEI por la aviación civil internacional, 1990-2015	24
✳ Figura 15. Emisiones de GEI por la aviación civil internacional, 1990-2015	25
3.2.3.1.2 [1A3aii] Aviación civil nacional	25
▣ Tabla 16. Emisiones de GEI por la aviación civil nacional, 1990-2015	25
✳ Figura 16. Emisiones de GEI por aviación civil nacional, 1990-2015	26

3.2.3.2 [1A3b] Autotransporte	26
▣ Tabla 17. Emisiones de GEI por autotransporte	26
✳ Figura 17. Emisiones de GEI por autotransporte, 1990-2015	26
3.2.3.3 [1A3c] Ferrocarriles	27
▣ Tabla 18. Emisiones de GEI por ferrocarriles, 1990-2015	27
✳ Figura 18. Emisiones de GEI por ferrocarriles, 1990-2015	27
3.2.3.4 [1A3d] Navegación marítima y fluvial	27
▣ Tabla 19. Emisiones de GEI por navegación marítima y fluvial, 1990-2015	27
✳ Figura 19. Emisiones de GEI por la navegación marítima y fluvial, 1990-2015	28
3.2.4 [1A4] Otros sectores	28
▣ Tabla 20. Emisiones de GEI por combustión de fósiles en las actividades comercial, residencial y agropecuaria, 1990-2015	28
✳ Figura 20. Emisiones de GEI por la combustión de fósiles en las actividades comercial, residencial y agropecuaria, 1990-2015	29
▣ Tabla 21. Consumo energético en las actividades de comercio, residencial y agropecuaria, 1990-2015	29
✳ Figura 21. Consumo energético y emisiones GEI en las actividades comercial, residencial y agropecuaria, 1990-2015	30
3.2.4.1 [1A4a] Comercial	30
▣ Tabla 22. Emisiones de GEI por la actividad comercial, 1990-2015	30
✳ Figura 22. Emisiones de GEI por la actividad comercial, 1990-2015	31
3.2.4.2 [1A4b] Residencial	31
▣ Tabla 23. Emisiones de GEI de la actividad residencial, 1990-2015	32
✳ Figura 23. Emisiones de GEI de la actividad residencial, 1990-2015	32
3.2.4.3 [1A4c] Agropecuaria	32
▣ Tabla 24. Emisiones de GEI por la quema de combustible en la actividad agropecuaria, 1990-2015	32
✳ Figura 24. Emisiones de GEI por la quema de combustible en la actividad agropecuaria, 1990-2015	33
3.3 [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	33
▣ Tabla 25. Emisiones de GEI por emisiones fugitivas, 1990-2015	33
✳ Figura 25. Comparativo de emisiones de GEI por emisiones fugitivas, en la subcategoría fabricación de combustibles, 1990-2015	34
3.3.1 [1B1] Combustibles sólidos (emisiones fugitivas)	34
3.3.1.1 [1B1a] Minería carbonífera y manejo del carbón (emisiones fugitivas)	34
3.3.1.1.1 [1B1ai] Minas subterráneas	34
3.3.1.1.2 [1B1aii] Minas de superficie	34
▣ Tabla 26. Emisiones de fugitivas de metano en minería carbonífera y manejo del carbón, 1990-2015	35
✳ Figura 26. Emisiones de fugitivas de metano en minería carbonífera y manejo del carbón, 1990-2015	35
3.3.2 [1B2] Petróleo y gas natural (emisiones fugitivas)	36
3.3.2.1 [1B2ai] y [1B2bi] Venteo en petróleo y gas	36
3.3.2.2 [1B2aii] y [1B2bii] Quema en antorcha	36
3.3.2.3 [1B2aiii] y [1B2biii] Todas las demás fugitivas	36
✳ Figura 27. Proporción de los GEI en las emisiones fugitivas del sector petróleo y gas, 2015	37
▣ Tabla 27. Emisiones fugitivas de GEI del sector petróleo y gas, 1990-2015	38
▣ Tabla 28. Emisiones de GEI por quema en antorcha, sector petróleo y gas, 2013-2015	38
✳ Figura 28. Emisiones fugitivas de GEI del sector petróleo y gas, 1990-2015	39
✳ Figura 29. Origen de las emisiones de quema en antorcha del sector petróleo y gas, 2015	39
3.3.2.4 Conclusiones y recomendaciones para emisiones fugitivas en petróleo y gas	40
Referencias	42

[1] Energía

En esta categoría se analizan las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de combustibles fósiles [1A], las cuales liberan principalmente dióxido de carbono (CO₂), y las emisiones fugitivas [1B], que liberan metano (CH₄).

En el consumo de combustibles fósiles, las emisiones de CO₂ dependen del contenido de carbono del combustible. Para los gases distintos de CO₂ (CH₄ y N₂O), las características de los combustibles, la tecnología empleada y las medidas de reducción de las emisiones son factores que determinan las tasas de emisión; deben también tomarse en cuenta el contenido de humedad, la fracción de carbono y la eficiencia de la combustión.

Las emisiones fugitivas, de acuerdo con IPCC, son las que se generan en las industrias de combustibles sólidos, de petróleo y gas natural. Las tasas de emisión dependen de las prácticas durante la producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento y distribución de esos combustibles.

Para la contabilidad y análisis de los gases de efecto invernadero (GEI) sólo se consideran los de efecto directo: CO₂, CH₄ y N₂O.

La clasificación que corresponde a la categoría de **Energía**, de acuerdo con las directrices de IPCC 2006, se muestra en la **Tabla 1**.

No se considera el consumo eléctrico en cada sector, ya que las emisiones se contabilizan en la generación de electricidad; tampoco otras fuentes renovables de energía diferentes a la biomasa, como las energías nuclear, hídrica o eólica, dado que se considera que éstas no generan emisiones de gases de efecto invernadero directo. Las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de biomasa para la generación de energía no se consideran en el total del inventario, por considerarse como fuente biogénica (las emisiones de CH₄ y N₂O de esta actividad si se contabilizan en la categoría de energía). Tampoco se incluyen los usos no energéticos que se consideran en procesos industriales y otros usos de producto.

Las emisiones en la categoría de **Energía**, expresadas en CO_{2e}, registraron un aumento de 59.5% con respecto a 1990, pasando de 301,473.25 Gg a 480,878.83 Gg (±2.3%) en 2015, con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.9% (**Tabla 2 y Figura 1**). Las emisiones de GEI por el consumo de combustibles fósiles participó en 2015 con 90.8% y en 1990 con 92%, lo que significa que emisiones fugitivas contribuyeron en 2015 con 9.2% y en 1990 con 8 por ciento.

Tabla 1. Clasificación de los sectores y subsectores de energía, definidos por IPCC, 2006

Clave IPCC	Subcategorías
1A	Actividades de quema de combustibles
1A1	Industrias de la energía
1A1a	Actividad principal producción de electricidad y calor
1A1b	Refinación del petróleo
1A1c	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía
1A2	Industrias manufactura y de la construcción
1A2a	Hierro y acero
1A2b	Metales no ferrosos
1A2c	Sustancias químicas
1A2d	Pulpa, papel e imprenta
1A2e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco
1A2f	Minerales no metálicos
1A2g	Equipo de transporte
1A2h	Maquinaria
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería
1A2j	Madera y productos de la madera
1A2k	Construcción
1A2l	Textiles y cueros
1A2m	Industria no especificada
1A3	Transporte
1A3a	Aviación civil
1A3b	Autotransporte
1A3c	Ferrocarriles
1A3d	Navegación marítima y fluvial
1A3e	Otro transporte
1A4	Otros sectores
1A4a	Comercial/institucional
1A4b	Residencial
1A4c	Agropecuaria/silvicultura/pesca/piscifactorías
1B	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles
1B1	Combustibles sólidos
1B1a	Minería carbonífera y manejo del carbón
1B1b	Combustión espontánea y vertederos para quema de carbón
1B2	Petróleo y gas natural
1B2a	Petróleo
1B2b	Gas natural

Tabla 2. Emisiones por GEI para la categoría de Energía, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

Año	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total	CO ₂ por consumo de biomasa*
1990	283,838.01	15,737.90	1,897.34	301,473.25	35,955.86
1995	305,374.46	15,184.36	2,610.37	323,169.19	37,379.28
2000	357,326.67	20,128.24	2,820.38	380,275.29	29,711.15
2005	386,846.75	23,093.49	3,288.96	413,229.20	27,704.85
2010	439,237.83	27,001.46	3,732.59	469,971.88	27,404.19
2011	442,759.92	29,204.44	3,832.13	475,796.48	26,804.07
2012	436,445.32	27,272.32	3,801.55	467,519.19	27,344.98
2013	438,439.81	31,566.60	3,756.55	473,762.96	26,794.60
2014	432,336.10	34,601.35	3,677.58	470,615.02	26,805.07
2015	445,398.37	31,644.83	3,835.63	480,878.83	26,524.32

* Datos informativos, las emisiones de CO₂ por la quema de biomasa no se suman al total de emisiones.

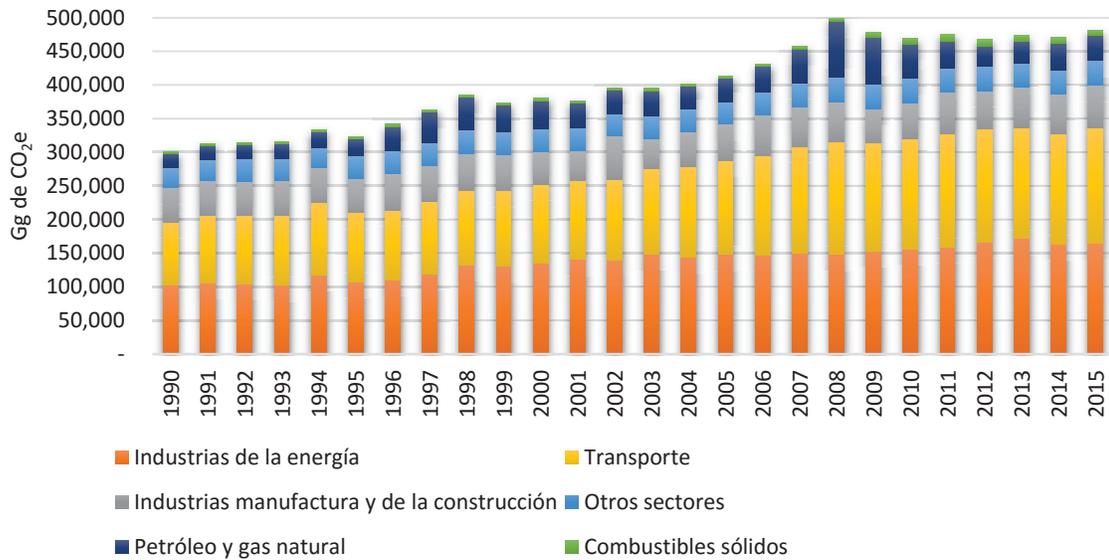
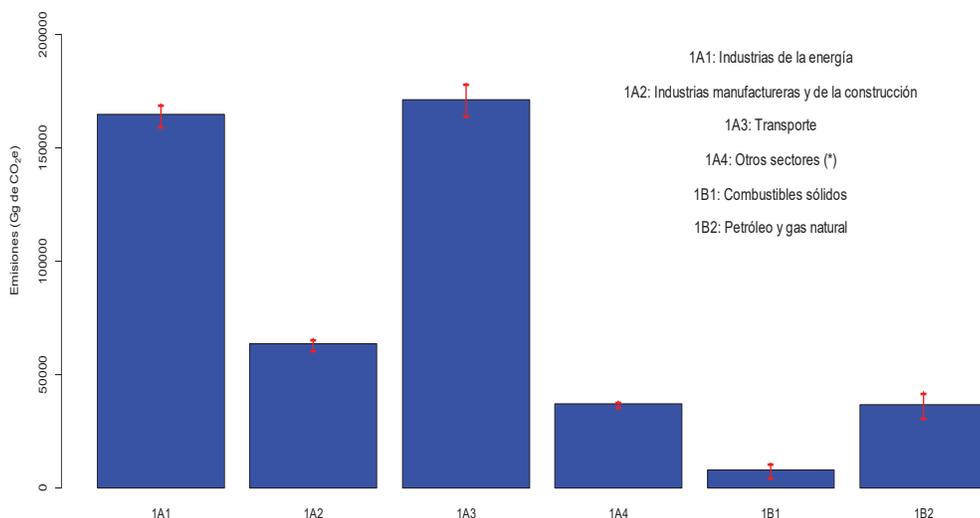
Figura 1. Emisiones GEI por subcategoría de Energía, 1990-2015

Tabla 3. Emisiones GEI por subcategoría de Energía, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1A Actividades de quema del combustible	277,479.09	294,343.28	334,861.62	375,229.87	410,545.40	425,074.14	427,795.44	432,799.25	421,770.63	436,459.96
1A1 Industrias de la energía	102,735.24	107,815.66	135,490.75	148,386.99	156,263.03	159,640.32	166,828.14	171,687.23	163,802.81	164,636.82
1A2 Industrias de manufactura y construcción	50,829.57	51,356.07	48,027.46	54,404.52	53,258.60	61,831.48	56,988.90	61,042.94	58,726.24	63,490.20
1A3 Transporte	93,541.83	102,468.79	117,209.09	139,304.03	164,226.38	167,477.78	167,825.34	164,759.90	163,402.74	171,354.84
1A4 Otros sectores	30,372.44	32,702.77	34,134.32	33,134.33	36,797.38	36,124.56	36,153.06	35,309.19	35,838.84	36,978.11
1B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	23,994.17	28,825.91	45,413.67	37,999.32	59,426.48	50,722.35	39,723.76	40,963.71	48,844.39	44,418.87
1B1 Combustibles sólidos	3,241.64	3,283.07	4,354.13	3,496.37	8,980.57	11,362.99	9,543.96	9,186.93	9,340.60	7,786.77
1B2 Petróleo y gas natural	20,752.53	25,542.84	41,059.54	34,502.96	50,445.91	39,359.36	30,179.79	31,776.78	39,503.79	36,632.10

La contribución por las subcategorías de **Energía** en 2015 fueron las siguientes (**Figura 2 y Tabla 3**): el transporte contribuye con 35.6%; industrias de la energía, 34.2%; industrias de manufactura y construcción, 13.2%; otros sectores (residencial, comercial y agropecuario), 7.7%; emisiones fugitivas de petróleo y gas, 7.6%, y emisiones fugitivas de combustibles sólidos, 1.6 por ciento.

Figura 2. Emisiones de GEI por subcategoría de Energía
Gg de CO_{2e} e incertidumbre



Las emisiones de CO₂ en 2015 representaron 445,398.37 Gg, de los cuales 37.7% fueron por transporte; 36.9% de las industrias de la energía; 14.2% de las industrias de manu-

factura y la construcción; 7.7% de otros sectores (residencial, comercial y agropecuario), y 3.5% de las emisiones fugitivas de petróleo y gas natural.

Las emisiones de CH₄ en 2015 alcanzaron 31,644.83 Gg de CO_{2e}, donde las emisiones fugitivas por petróleo y gas contribuyeron con 66.8%, seguidas de las emisiones fugitivas por el procesamiento de combustibles sólidos, con 24.6 por ciento. Por su parte, las de N₂O en ese mismo año fueron de 3,835.63 Gg de CO_{2e}, en las cuales 82.6% correspondió al sector transporte.

3.1 Comparación del método de referencia con el método sectorial

El método de referencia es útil para estimar solamente las emisiones de CO₂ con un enfoque de arriba hacia abajo, es decir, se basa en las estadísticas de producción de combustibles primarios y secundarios que se utilizan en el país y que corresponden a la subcategoría [1A] “Actividades de quema de combustibles”. Es una segunda estimación y sus resultados se comparan con los del método sectorial de las emisiones de CO₂ con un nivel 1. Las diferencias significativas pueden indicar que hay problemas con los datos de actividad, los poderes caloríficos netos, el contenido de carbono y el cálculo de carbono excluido, entre otros factores. Típicamente la diferencia entre ambos métodos debe de ser de 5% o menor.

Los datos de actividad para el método de referencia fueron los del Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía (SENER 2017b) y la información provista en el consumo final para la generación de energía eléctrica (CFE 2017) y productores independientes de energía (SENER 2017a). Así como factores de emisión propios del país y específicos para el tipo de combustible utilizado (INECC 2014).

En la **Tabla 4** y la **Figura 3** se muestran los resultados de la comparación entre el método de referencia y el sectorial. Como puede observarse en esos elementos, entre ellos hay una diferencia en las emisiones por el consumo de energía. En el sectorial se encuentra en el rango de 5% de variación hasta 2004, pero aumenta con respecto al método de referencia, presentado su mayor variación en 2012 y 2013.

Las diferencias entre las estimaciones de estos métodos indican que uno de ellos subestima o sobreestima el consumo de energía. La *Guía de buenas prácticas* de IPCC recomienda consultar con las autoridades nacionales acerca de cuál de los dos métodos permite evaluar de manera exhaustiva y más exacta el consumo total de cada combustible.

Es pertinente señalar que se trata de la primera vez que se utilizan las estadísticas de generación de energía eléctrica y no directamente las que publica la Secretaría de Energía, que se usaron en el método de referencia. Otra variación encontrada durante el ejercicio

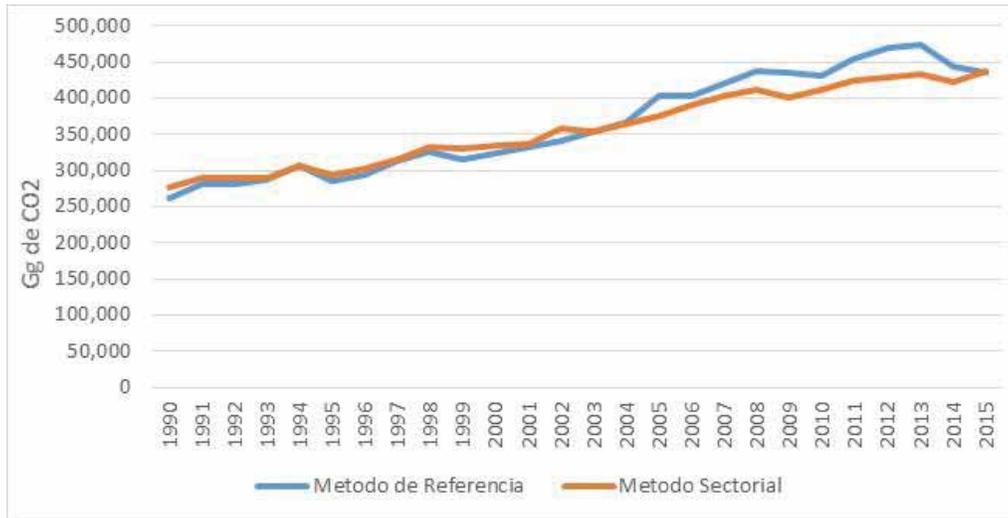
fue la que media entre los poderes caloríficos del gas natural nacional y el importado, que podrían influir en el resultado para el periodo 2005 a 2015.

Tabla 4. Comparación del método de referencia y el sectorial por la actividad de consumo de combustible, 1990-2015

Gg de CO_{2e}

Año	Método		Variación %
	Referencia	Sectorial	
1990	261,904.839	277,479.085	5.95%
1991	280,672.218	288,806.423	2.90%
1992	279,872.281	290,270.687	3.72%
1993	287,429.348	289,811.700	0.83%
1994	305,897.404	307,462.921	0.51%
1995	285,751.362	294,343.285	3.01%
1996	293,506.200	302,272.892	2.99%
1997	313,015.075	314,660.127	0.53%
1998	326,477.315	332,785.775	1.93%
1999	314,167.207	329,756.747	4.96%
2000	323,788.345	334,861.621	3.42%
2001	332,693.579	335,708.941	0.91%
2002	339,983.488	357,100.698	5.03%
2003	352,733.973	354,353.936	0.46%
2004	366,908.089	365,076.445	-0.50%
2005	403,713.484	375,229.873	-7.06%
2006	402,015.984	389,706.012	-3.06%
2007	420,385.952	403,454.516	-4.03%
2008	437,444.854	411,724.483	-5.88%
2009	435,972.895	401,020.878	-8.02%
2010	430,034.587	410,545.396	-4.53%
2011	454,998.456	425,074.135	-6.58%
2012	469,493.369	427,795.437	-8.88%
2013	474,786.103	432,799.253	-8.84%
2014	444,379.354	421,770.630	-5.09%
2015	435,586.064	436,459.963	0.20%

Figura 3. Comparación entre el método de referencia y el sectorial por el consumo de combustible, 1990-2015



3.2 [1A] Consumo de combustibles fósiles

El IPCC define la quema de combustible como la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para utilizar fuera del aparato (IPCC *et al.*, 2006). Se define así con el fin de distinguir las emisiones por quema de combustibles para la producción de calor o trabajo de las generadas en reacciones químicas por el uso de combustibles fósiles en los procesos industriales para fabricación de productos.

Se llevaron a cabo dos talleres con diversos sectores de la industria en los que se dieron a conocer la información utilizada y las metodologías de cálculo de emisiones por quema de combustible, y se atendieron las observaciones y sugerencias de mejora.

Talleres

1 de abril de 2016. Taller de arranque del *Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero* (INEGYCEI) en el marco de la *Sexta comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas de Cambio Climático*.

22 de mayo de 2017. Taller de discusión de resultados preliminares del INEGYCEI.

Durante la revisión del inventario, se verificaron los factores de emisión utilizados y la estimación de los mismos durante el ejercicio de cálculo de las incertidumbres.

Como áreas de oportunidad de mejora de este esfuerzo, es necesario reforzar y modificar el Registro Nacional de Emisiones (RENE) para tener una mayor desagregación de las fuentes de emisiones, llevar a cabo el cálculo por cada equipo de combustión y actualizar el

estudio que permite conocer el contenido de carbono por unidad de energía de los combustibles utilizados.

Al terminar la compilación del informe del inventario, se solicitará una revisión de expertos externos para realizar el aseguramiento de la calidad del mismo.

3.2.1 [1A1] Industrias de la energía

3.2.1.1 [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor

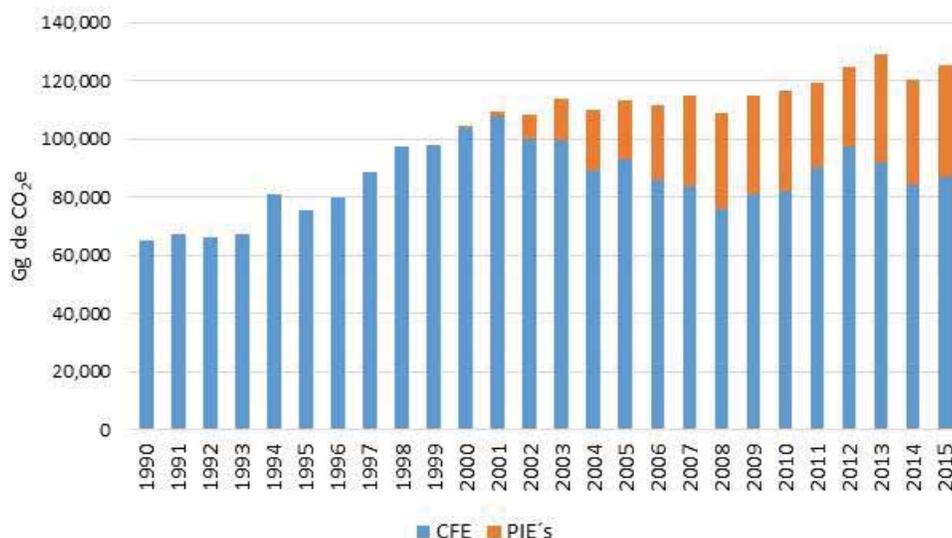
En esta subcategoría se incluyen las emisiones de GEI como son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), procedentes de la combustión de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y los Productores Independientes de Energía (PIE).

En 2015, en esta subcategoría se generaron 125,124 Gg de CO_{2e}, de los cuales 124,850 Gg de CO_{2e} correspondieron a CO₂ (99.8%) con una incertidumbre de 3.38%; 67 Gg de CO_{2e} a CH₄ (0.04%) con una incertidumbre de 71.52%, y 206 Gg de CO_{2e} a N₂O (0.16%) con una incertidumbre de 100.46 por ciento.

En esta subcategoría, las emisiones crecieron 92% de 1990 a 2015, con una TCMA de 2.64% para el periodo (ver **Tabla 5** y **Figura 4**).

Tabla 5. Emisiones de GEI por la generación energía eléctrica, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

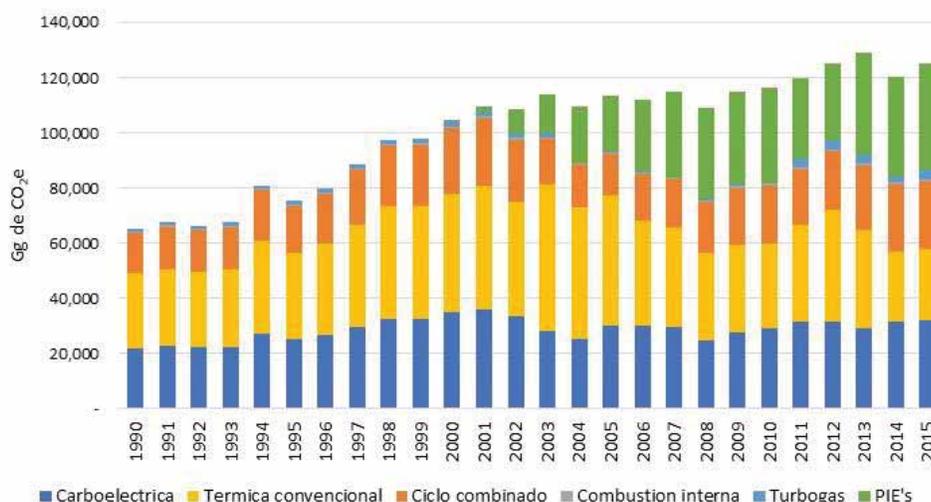
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CFE	65,195	75,318	103,980	93,210	81,968	90,485	97,195	91,831	84,000	86,834
PIE	-	-	571	20,019	34,470	29,112	27,700	37,223	36,416	38,290
Total	65,195	75,318	104,551	113,229	116,438	119,597	124,895	129,054	120,416	125,124

Figura 4. Emisiones de GEI por la generación energía eléctrica de CFE y PIE, 1990-2015

Las emisiones de GEI por las diversas tecnologías de producción de electricidad han variado significativamente en el periodo 1990-2015 como se muestra en la **Tabla 6** y la **Figura 5**.

Tabla 6. Emisiones de GEI por tecnología de generación energía eléctrica, 1990-2015
Gg de CO₂e

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Carboeléctrica	21,834	25,225	34,824	30,362	29,349	31,505	31,374	29,330	31,538	31,876
Ciclo combinado	14,707	16,991	23,457	15,111	20,750	20,027	21,294	23,502	24,514	24,342
Combustión interna	554	639	883	491	817	769	756	982	932	1,100
Térmica convencional	27,116	31,326	43,247	46,840	30,697	35,167	40,599	35,445	25,168	26,057
Turbogás	984	1,137	1,569	406	355	3,017	3,172	2,572	1,847	3,457
PIE	-	-	571	20,019	34,470	29,112	27,700	37,223	36,416	38,290
Total	65,195	75,318	104,551	113,229	116,438	119,597	124,895	129,054	120,416	125,124

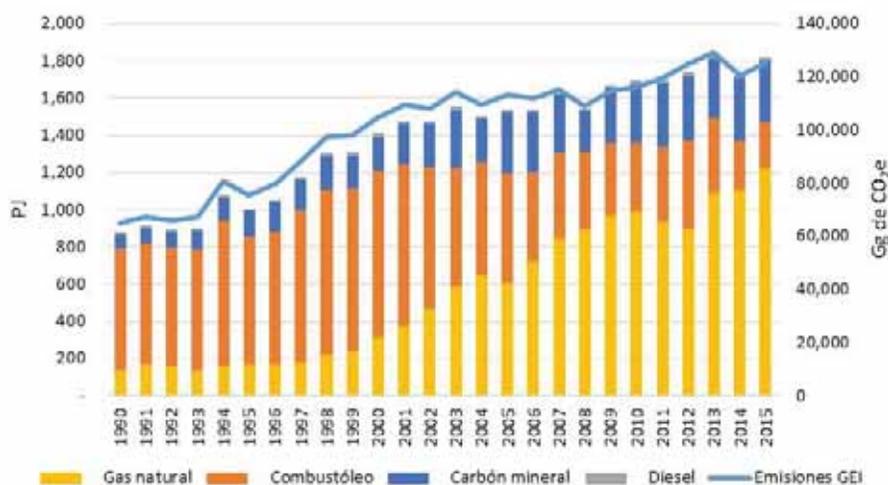
Figura 5. Emisiones de GEI por tipo de tecnología para generación de energía eléctrica, 1990 a 2015

El consumo de los diferentes combustibles ha variado dentro del periodo 1990-2015 de la siguiente manera: el carbón mineral aumentó 349% con una TCMA de 6.2%; el combustóleo disminuyó 62% con una TCMA negativa de 3.8%; el diésel disminuyó 13% con una TCMA negativa de 0.6%, y el gas natural aumentó 765% con una TCMA de 9% (ver **Tabla 7** y **Figura 6**).

Tabla 7. Tendencias del consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, 1990-2015

PJ

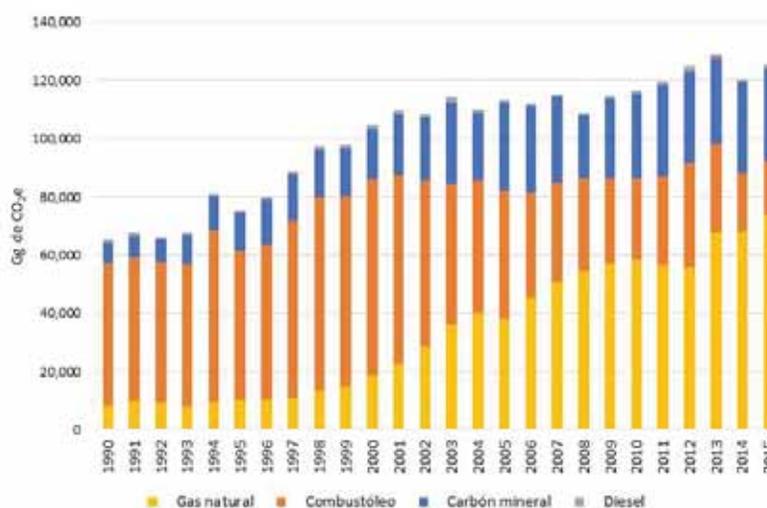
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Carbón mineral	74.78	137.79	180.01	327.45	316.12	339.39	341.59	316.69	335.63	335.45
Combustóleo	648.40	684.95	896.13	590.12	372.01	407.55	483.70	406.51	266.44	248.83
Diésel	15.35	10.27	23.03	12.86	14.63	17.91	28.01	25.09	12.87	13.30
Gas natural	141.31	170.42	312.15	607.94	988.77	932.61	891.08	1,089.70	1,103.70	1,222.09
Total	879.84	1,003.43	1,411.33	1,538.37	1,691.53	1,697.46	1,744.37	1,837.99	1,718.64	1,819.66

Figura 6. Consumo energético y emisiones GEI por generación de energía eléctrica, 1990-2015

En el periodo 1990-2015, las emisiones de GEI relacionadas con los diferentes combustibles utilizados aumentaron, para el carbón mineral, con una TCMA de 6.18%, y para el gas natural con una TCMA de 9.01%, mientras que se ha observado reducción de emisiones de GEI para el combustóleo, con una TCMA negativa de 3.76%, y para el diésel, con una TCMA negativa de 0.59% (ver **Tabla 8** y **Figura 7**).

Tabla 8. Emisiones GEI por tipo de combustible para generación de energía eléctrica, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Carbón mineral	7,084.78	13,054.55	17,054.43	30,220.67	29,268.53	31,444.52	31,307.00	29,329.95	31,461.48	31,781.43
Combustóleo	48,536.56	51,272.57	67,080.65	43,991.45	27,855.97	30,487.75	36,134.85	30,420.31	19,945.25	16,626.08
Diésel	1,035.12	692.71	1,553.36	902.72	985.84	1,211.77	1,896.35	1,697.60	875.58	893.00
Gas natural	8,539.41	10,398.61	18,863.46	38,115	58,328.25	56,453.92	55,557.29	67,606.40	68,133.8	73,823.90
Total	65,195.87	75,318.44	104,551.90	113,229.84	116,438.59	119,597.96	124,895.49	129,054.26	120,416.11	125,124.41

Figura 7. Emisiones GEI por tipo de combustible, 1990-2015

Las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O) para el sector se estimaron de acuerdo con la metodología IPCC 2006, con nivel 2 para las emisiones de CO₂ (con excepción de carbón bituminoso) y nivel 1 para las emisiones de CH₄ y N₂O. En ambos métodos se utiliza la **Ecuación 1, Anexo E**.

Para el sector de generación de energía eléctrica, en el método de nivel 1 para carbón bituminoso, el factor de emisión utilizado para CO₂ se tomó del Cuadro 2.2 de las directrices de IPCC 2006 (INECC 2014); para CH₄ y N₂O, los factores de emisión utilizados se tomaron de esa misma fuente (Gómez and Watterson, 2006) (ver **Anexo E**). En el método 2 para el combustóleo, diésel y gas natural el factor de emisión para CO₂ se tomó del informe técnico INECC/A1-008/2014 realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo (INECC 2014) (ver **Anexo E**).

3.2.1.2 [1A1b] Refinación del petróleo

Se incluye la combustión de energéticos primarios y secundarios para obtener vapor y energía en la refinación del petróleo.

Esta subcategoría comprende las emisiones directas de equipos de combustión en servicios para refinación del petróleo, como autogeneración de electricidad y calor, así como calderas, calentadores, hornos, generadores de vapor, motores de combustión interna, bombas, turbinas, compresores, bombas contra incendio y la combustión para el funcionamiento de oxidadores térmicos, hornos de calcinación de coque, etc., destinados a la producción, en el sistema nacional de refinación de petrolíferos como gasolina, turbosina, queroseno, diésel, gas licuado de petróleo, combustóleo y coque de petróleo, así como grasas y lubricantes.

Las emisiones por quema del combustible de la subcategoría de refinación aumentaron 2.10%, con una TCMA de 0.08%, al pasar de 11,582.26 Gg de CO_{2e} en 1990 a 11,815.40 Gg de CO_{2e} (±6.2%) en 2015 (**Tabla 9 y Figura 8**).

En 2015, el CO₂ fue el principal gas de efecto invernadero para esta subcategoría y representó 99.84%; la fracción restante correspondió a CH₄ y N₂O.

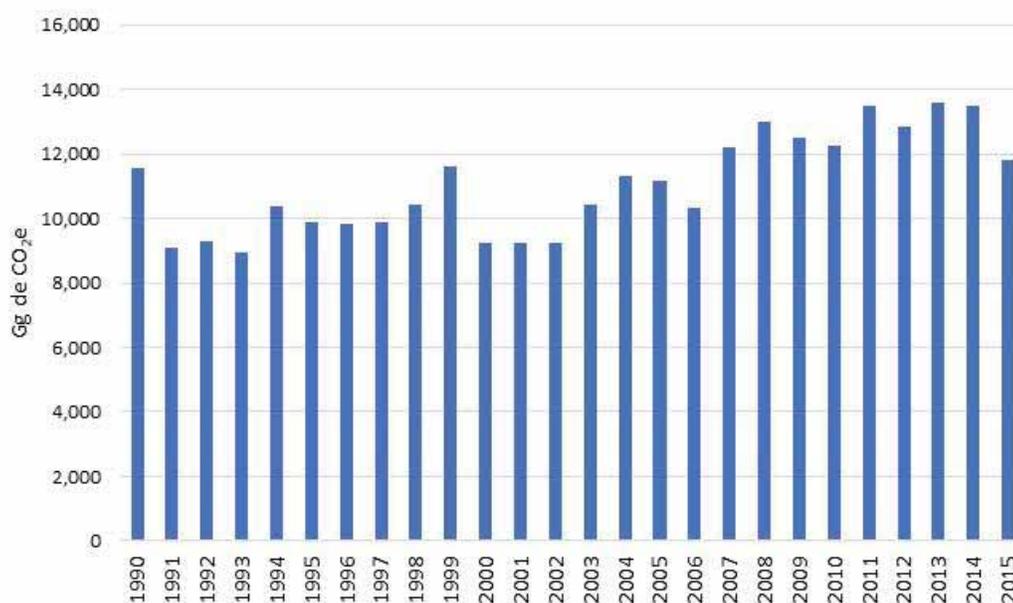
Tabla 9. Emisiones de GEI por quema de combustibles en refinación de petróleo, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO ₂	11,550.92	9,852.87	9,226.64	11,153.71	12,216.36	13,473.46	12,835.10	13,570.17	13,454.59	11,796.92
CH ₄	11.13	9.11	7.48	8.61	9.00	9.83	8.84	9.38	9.35	7.71
N ₂ O	20.20	16.21	12.34	13.74	13.90	15.08	12.93	13.78	13.78	10.77
GEI	11,582.26	9,878.19	9,246.46	11,176.06	12,239.26	13,498.38	12,856.87	13,593.33	13,477.71	11,815.40

Las emisiones de GEI se calcularon siguiendo las directrices de IPCC 2006, a partir del consumo de los diferentes combustibles utilizados por el sector en forma global de 1990 a

2015, registrados como *consumo propio* en el balance por producto del Balance Nacional de Energía, emitido por la Secretaría de Energía y utilizando, para el caso del dióxido de carbono, factores de emisión específicos para cada combustible, basados en la determinación en laboratorio del contenido de carbono por unidad de energía. Este método es consistente con el nivel 2 de las citadas directrices, ya que se utilizaron las estadísticas nacionales de energía, junto con los factores de emisión específicos del país, en lo posible derivados de las características nacionales del combustible, y tal como se muestra en el árbol de decisiones de acuerdo a la Figura 2.1 de las directrices de IPCC 2006 Vol.2 Energía, Capítulo 2.

Figura 8. Emisiones de GEI por quema de combustibles, subcategoría de refinación de petróleo, 1990-2015



Las emisiones de metano y óxido nítrico se calcularon también a partir del consumo de los diferentes combustibles utilizados por el sector en forma global de 1990 a 2015, registrados como *consumo propio* en el balance por producto del Balance Nacional de Energía (ver **Tabla 2, Anexo D**), pero utilizando los factores de emisión por defecto de las directrices de IPCC 2006, por lo que se suscribe al nivel 1 de las citadas directrices para CH₄ y N₂O y un nivel 2 para CO₂ utilizando los factores de emisiones del estudio del IMP (ver **Tabla 2, Anexo E**).

3.2.1.3 [1A1c] Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias

Esta subcategoría está representada por las fuentes de emisión provenientes de la manufactura de combustibles sólidos [1A1ci] y de otras industrias de la energía [1A1cii]; en este último se consideran las actividades de PEMEX Exploración y Producción (PEP), proceso,

transporte y distribución, y transporte por gaseoductos. En 2015 se generaron 27,696.99 Gg de CO_{2e} ($\pm 6.8\%$), que representaron un incremento de 3.8% con respecto a 1990, a una TCMA de 0.3 por ciento.

3.2.1.3.1 [1A1ci] Manufactura de combustibles sólidos

En esta fuente se estiman las emisiones provenientes de la producción de coque metalúrgico, sólido obtenido principalmente de la calcinación de carbón mineral a altas temperaturas. La metodología se explica dentro del Vol. 3 de IPCC 2006 de procesos industriales, pero se indica que sus emisiones deben ser informadas dentro de esta fuente. El proceso en el horno de coque genera emisiones de CO₂ y CH₄.

En 2015 se generaron 1,238.14 Gg de CO_{2e}. En 1990 las emisiones estimadas de esta categoría fueron 1,192.35 Gg de CO_{2e}; el aumento fue de 3.8% en el periodo 1990-2015, con una TCMA de 0.2 por ciento.

Tabla 10. Emisiones por la producción de coque de carbón, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1,192.35	1,142.53	1,528.99	1,002.95	1,326.57	1,303.94	1,358.48	1,375.16	1,450.58	1,238.14

Se cuenta con información de producción de coque de carbón (ver **Tabla 3, Anexo D**). Por ello se utiliza el nivel 1 de la metodología de IPCC 2006, que consiste en multiplicar los factores de emisión por defecto por las toneladas de coque.

Para la cuantificación de las emisiones se utilizan los factores por defecto para CO₂ y CH₄ propuestos por IPCC 2006 (ver **Tabla 2, Anexo E**).

Para efectos de aseguramiento y control de la calidad, en el taller del 22 de mayo de 2017, en presencia de representantes de la industria, se compartió la metodología empleada para la estimación de las emisiones asociadas con la producción de hierro y acero, y se hicieron comentarios en torno de las consideraciones metodológicas de los procesos. Con el mismo propósito, el equipo de trabajo del INECC sostuvo reuniones con representantes de la Cámara Nacional de Acero para revisar en forma conjunta las estimaciones realizadas.

3.2.1.3.2 [1A1cii] Otras industrias de la energía

Las emisiones de gases de efecto invernadero en esta subcategoría son originadas por quema de combustibles en actividades que van desde exploración y producción de petróleo y gas y el procesamiento de éste, hasta transporte y distribución de petrolíferos. La cantidad reportada en el balance nacional de energía incluye las emisiones procedentes de [1A3ei] transporte en gasoductos.

Comprende autogeneración de electricidad (turbinas y motogeneradores); bombas; calentadores, calderas y generadores de vapor; oxidadores térmicos de los complejos pro-

cesadores de gas, para la producción de gas natural seco, etano, gas licuado de petróleo, naftas o gasolinas ligeras y azufre; compresores recíprocos; equipo de perforación fijo y móvil; equipo para preparación del sitio, excavación y construcción de pozos; equipos de combustión en servicios para exploración y extracción de petróleo y gas de los yacimientos; generadores con motores de combustión interna; generadores de vapor; hornos; infraestructura; regeneradores de glicol para deshidratadores; rehervidores, y turbinas y compresores a gas.

De 1990 a 2015, las emisiones de gases de efecto invernadero por actividades de quema del combustible en [1A1cii] “Otras industrias de la energía” y [1A3ei] “Transporte en gasoductos” aumentaron 6.84%, con una TCMA de 0.25%, pasando de 24,764.76 Gg de CO_{2e} en 1990 a 26,458.85 Gg de CO_{2e} en 2015 (Tabla 11 y Figura 9).

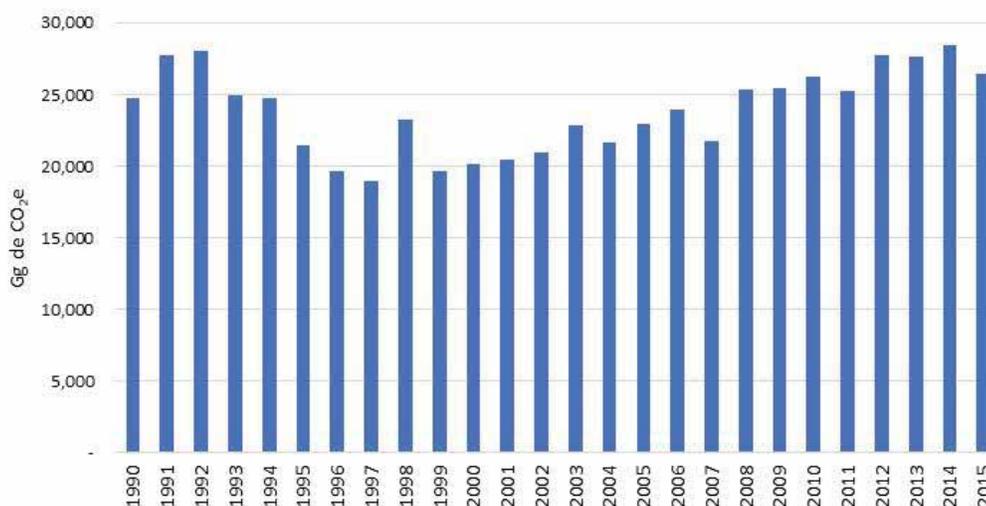
El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero para esta subcategoría y representa 99.94 por ciento. La fracción restante corresponde a metano y óxido nitroso.

Tabla 11. Emisiones de GEI por quema de combustibles, subcategoría “Otras industrias de la energía”, 1990-2015*
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2015	2015
CO ₂	24,719.11	21,442.80	20,134.35	22,947.53	26,221.32	25,208.95	27,680.21	27,628.23	28,418.20	26,422.74
CH ₄	18.17	14.11	12.54	13.61	16.2	14.24	16.48	16.23	17.51	15.93
N ₂ O	27.49	19.59	16.49	16.99	21.07	16.83	20.6	19.99	22.7	20.18
GEI	24,764.76	21,476.50	20,163.37	22,978.13	26,258.60	25,240.02	27,717.28	27,664.45	28,458.42	26,458.85

* Originadas por quema de combustible en actividades de exploración y producción de petróleo y gas; el proceso de gas, transporte y distribución de petrolíferos. Incluye transporte en gasoductos.

Figura 9. Tabla 11. Emisiones de GEI por quema de combustibles, subcategoría “Otras industrias de la energía”, 1990-2015*



*Originadas por quema de combustible en actividades de exploración y producción de petróleo y gas; el proceso de gas, transporte y distribución de petrolíferos. Incluye [1A3ei] “Transporte en gasoductos”.

Las emisiones de gases de efecto invernadero y la serie histórica se calcularon siguiendo las directrices de IPCC 2006, a partir del consumo de los diferentes combustibles utilizados por el sector en forma global de 1990 a 2015, registrados como *consumo propio* en el balance por producto del Balance Nacional de Energía, emitido por la Secretaría de Energía y utilizando, para el caso del dióxido de carbono, factores de emisión específicos para cada combustible, basados en la determinación en laboratorio del contenido de carbono por unidad de energía.¹ Este método es consistente con el nivel 2 de las citadas directrices, ya que, como dato de actividad, se utilizaron las estadísticas nacionales de energía y los factores de emisión específicos del país, en lo posible derivados de las características nacionales del combustible, y tal como se muestra en el árbol de decisiones de acuerdo a la Figura 2.1 de las directrices de IPCC 2006 Vol. 2 Energía, Capítulo 2. La determinación de las emisiones de metano y óxido nitroso se calculó también a partir del consumo de los diferentes combustibles utilizados por el sector en forma global de 1990 a 2015, registrados como *consumo propio* en el balance por producto del Balance Nacional de Energía, pero utilizando los factores de emisión por defecto de las directrices de IPCC 2006, por lo que se suscribe al nivel 1 de éstas.

3.2.2 [1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción

En esta fuente se estiman las emisiones por la quema de combustibles en la industria (ver **Tabla 12**). Incluye la quema para generación de electricidad y calor para el uso propio en industrias. La información que proporciona SENER en el SIE para industria ya incluye dicho consumo de combustibles.

En 2015 se generaron 63,490.2 Gg de CO_{2e} (±4%). En 1990 las emisiones estimadas de esta categoría fueron 50,829.57 de CO_{2e}; entonces, el aumento en las emisiones de CO_{2e} en el periodo 1990-2015 fue de 24.9%, a una TCMA de 0.9 por ciento.

Tabla 12. Emisiones provenientes de la industria de la manufactura y la construcción, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

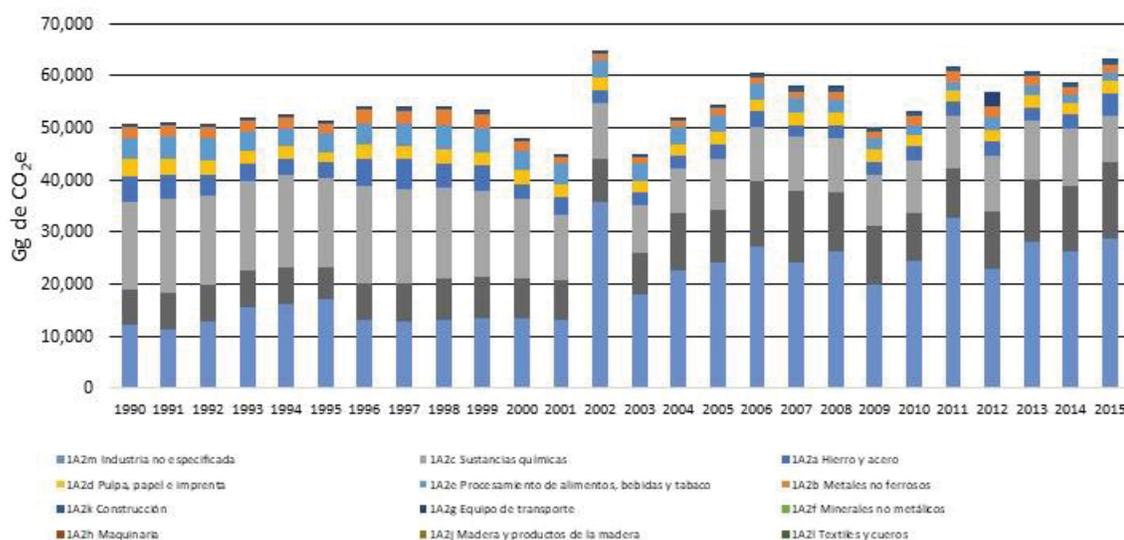
1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
50,829.57	51,356.07	48,027.46	54,404.52	53,258.60	61,831.48	56,988.90	61,042.94	58,726.24	63,490.20

El consumo de combustible utilizado en 2015 para industria no especificada [1A2m] “Fabricación de vidrio, productos de hule, otras ramas”, tuvo una participación de 45.1% en

¹ INECC, SEMARNAT, IMP, 2014, *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*, México, D.F.

las emisiones de esta subcategoría. Le siguió la minería [1A2i] “Cemento”, con 23.1%; [1A2c] “Sustancias químicas” (PEMEX Petroquímica, industria química y fabricación de fertilizantes), 14%; [1A2a] “Hierro y acero”, 6.8%; [1A2d] “Pulpa y papel”, 3.8%; [1A2e] “Procesamiento de bebidas y tabaco” (fabricación de azúcares, elaboración de refrescos hielo y bebidas, elaboración de tabaco y elaboración de cerveza), 2.6%; [1A2b] “Metales no ferrosos” (minería de metales y no metálicos), 2.5%; [1A2k] “Construcción”, 1.4%, y [1A2g] “Equipo de transporte”, 0.7% (ver **Figura 10**)

Figura 10. Emisiones de la industria de la manufactura y de la construcción, 1990-2015



Las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , N_2O) para el sector se estimaron de acuerdo con la metodología de IPCC 2006, utilizando un método de nivel 2 para las emisiones de CO_2 y un método de nivel 1 para las emisiones de CH_4 y N_2O .

Del balance nacional de energía para la industria del hierro y acero se descontó el gas natural (ver sección **4. Procesos industriales...**) En la industria del cemento se estimó el uso de combustibles alternativos basados en las emisiones de consumo de combustible y producción, por un porcentaje derivado de un análisis de las Cédulas de Operación Anual 2013, reportadas a la SEMARNAT por industrias de las actividades de producción de cemento.

Las emisiones de CO_2 se cuantificaron mediante factores de emisión propios del país para los combustibles usados en México (INECC 2014). Para las emisiones de CH_4 y N_2O se utilizaron los valores por defecto de IPCC para la industria de la manufactura y la construcción.

Se recomienda realizar un ejercicio con SENER para homologar la clasificación de ISIC utilizada por IPCC 2006, con la del balance nacional de energía, para la correcta ubicación de las emisiones que se estiman en el inventario.

3.2.3 [1A3] Transporte

En esta categoría se incluyen las emisiones de GEI procedentes de la combustión de combustibles fósiles utilizados en las actividades de transporte aéreo, terrestre y marítimo. Las emisiones del sector se incrementaron para el periodo 1990-2015 en 83.2%, con una TCMA de 2.45%, alcanzando en 2015 un total de 171,355 Gg de CO_{2e} con una incertidumbre de ±4.04 por ciento. El sector autotransporte contribuyó con 93.3% de las emisiones totales; la aviación civil con 3.7%; la navegación marítima y fluvial, con 1.5%, y los ferrocarriles con 1.4% (ver **Tabla 13** y **Figuras 11** y **12**).

Tabla 13. Emisiones de GEI por transporte, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Autotransporte	86,078	93,929	105,967	130,067	154,905	157,711	158,223	155,195	153,473	159,944
Aviación civil	3,311	4,937	5,636	4,934	5,005	4,824	5,084	5,318	5,658	6,285
Navegación marítima y fluvial	2,005	1,783	3,768	2,418	2,218	2,639	2,405	2,116	2,161	2,651
Ferrocarriles	2,146	1,819	1,837	1,885	2,097	2,302	2,111	2,130	2,111	2,475
Total	93,538	102,468	117,208	139,304	164,225	167,476	167,823	164,759	163,403	171,355

Figura 11. Emisiones de GEI por transporte, 1990-2015

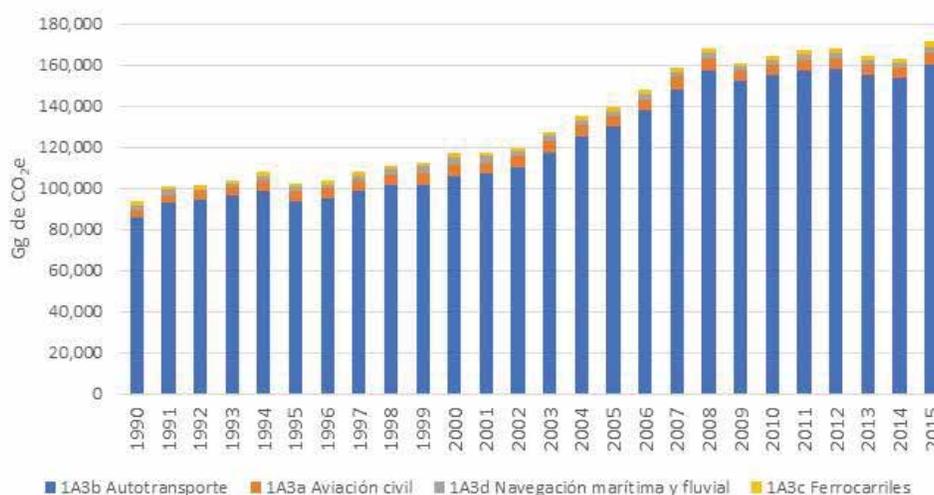
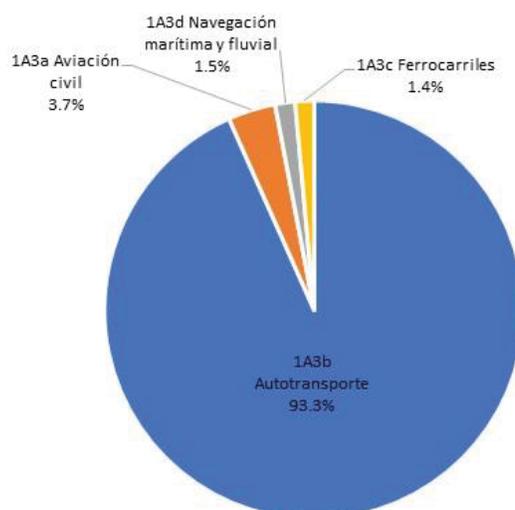


Figura 12. Participación del transporte en las emisiones de GEI, 2015

En el periodo 1990-2015, el consumo de los diferentes combustibles por el transporte varió de la siguiente manera:

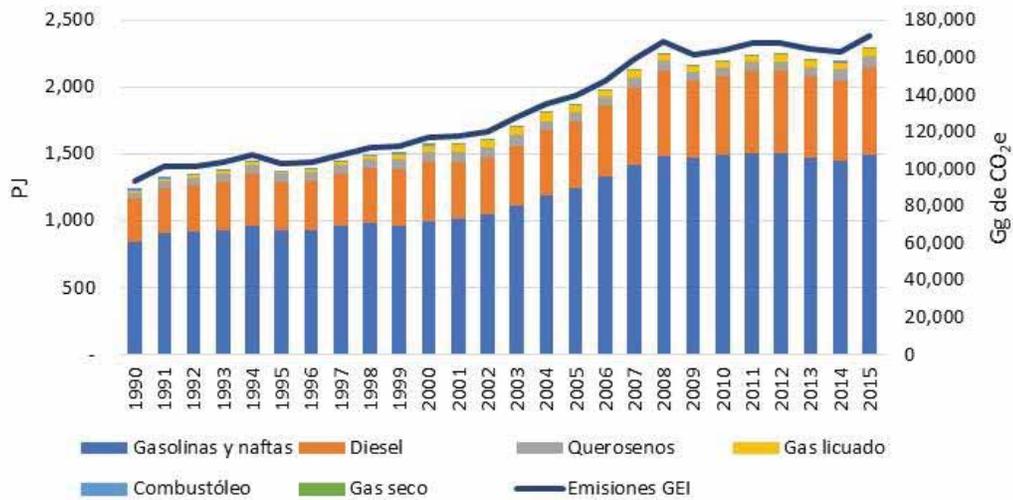
El combustóleo disminuyó en 95% con una TCMA negativa de 11.3%; el diésel aumentó en 101% con una TCMA de 2.82%; el gas licuado aumentó en 248% con una TCMA de 5.12%; el gas seco aumentó en 271% —respecto al 2000— con una TCMA de 9.13%; las gasolinas y naftas aumentaron en 78% con una TCMA de 2.35%, y los querosenos aumentaron en 93% con una TCMA de 2.67% (ver **Tabla 14** y **Figura 13**).

Tabla 14. Consumo energético por el transporte 1990-2015*

PJ

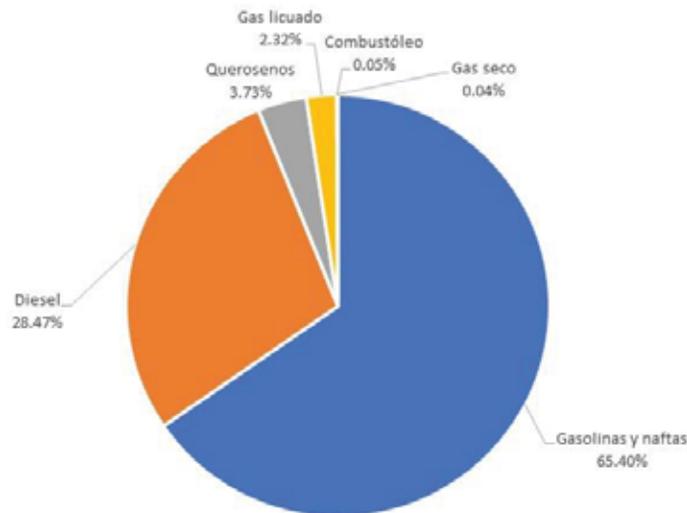
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gasolinas y naftas	838.95	931.64	997.78	1,248.57	1,491.90	1,501.86	1,506.20	1,471.59	1,455.20	1,498.21
Diésel	325.22	351.3	441.46	493.95	589.97	623.21	616.49	603.70	597.08	652.20
Querosenos	44.24	64.75	76.49	66.84	67.87	65.38	68.99	72.21	76.87	85.43
Gas licuado	15.24	18.56	45.28	48.69	41.36	44.85	50.15	54.10	54.03	53.09
Combustóleo	20.69	1.4	6.68	3.37	1.90	1.55	0.37	0.08	0.54	1.03
Gas seco	-	-	0.22	0.76	0.50	0.56	0.69	0.87	0.82	0.83
Total	1,244.33	1,367.64	1,567.92	1,862.19	2,193.49	2,237.40	2,242.89	2,202.55	2,184.54	2,290.79

* Incluye autotransporte, aviación civil, ferrocarriles y navegación marítima y fluvial.

Figura 13. Consumo energético y emisiones GEI por el transporte, 1990-2015*

* Incluye autotransporte, aviación civil, ferrocarriles y navegación marítima y fluvial.

Para el año 2015, la participación en el consumo de los combustibles utilizados en la categoría transporte fue de 65.4% para gasolinas y naftas; 28.5% para diésel; 3.7% para querosenos; 0.05% para gas licuado; 2.3%, para combustóleo, y 0.04% para gas seco (ver Figura 14).

Figura 14. Participación de los combustibles en el consumo energético por transporte, 2015*

* Incluye autotransporte, aviación civil, ferrocarriles y navegación marítima y fluvial.

Las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O) para el sector se estimaron conforme a la metodología de IPCC 2006, con un método de nivel 2 para las emisio-

nes de CO₂ y un método de nivel 1 para las emisiones de CH₄ y N₂O. En ambos métodos se utilizó la **Ecuación 4, Anexo E** (ver también **Tablas 5 a la 8, Anexo E**).

En el sector transporte, al hacer el cálculo del CO₂ por el consumo de combustóleo, diésel, gas licuado, gas seco, querosenos, gasolinas y naftas, se usó el factor de emisión propio para México, según el informe técnico INECC/A1-008/2014, realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo (INECC 2014) (ver **Tablas 2 a la 5, Anexo E**); en consecuencia, de acuerdo con el IPCC, esta estimación tiene un nivel 2. Por otro lado, las estimaciones de CH₄ y N₂O se cuantificaron usando el método de nivel 1; los factores de emisión utilizados se tomaron de las directrices de IPCC 2006 (Davies, Waldron.; Harnisch, Jochen.; Lucon, Oswaldo.; Mckibbon, Scott.; Saile, Sharon.; Wagner, Fabian y Walsh 2006).

3.2.3.1 [1A3a] Aviación civil

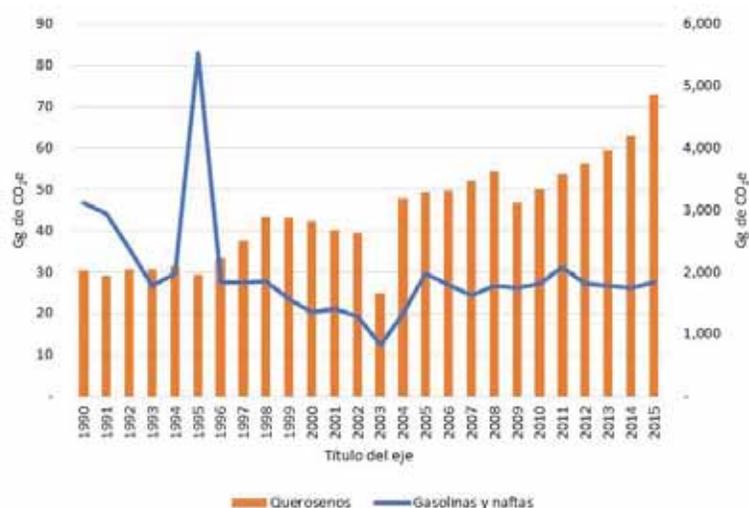
3.2.3.1.1 [1A3ai] Aviación internacional

Según las directrices de IPCC, las emisiones procedentes de la aviación y navegación internacional se informarán en forma separada de la contabilidad del inventario nacional. Sólo se consideran emisiones del transporte aéreo internacional cuando la aeronave carga combustible en el país y su destino final es algún lugar en el extranjero. Por este motivo, fue necesario desglosar el uso de combustible en componentes nacionales e internacionales (ver **Tablas 21 y 22, Anexo D**). No se considera la navegación internacional, ya que no se encontraron estadísticas de carga de combustible de embarcaciones internacionales en nuestro país.

Las emisiones de 2015 crecieron 136.5% respecto de las de 1990, pasando de 2,068.32 a 4,892.57 Gg de CO_{2e}. La TCMA fue de 3.5% (**Tabla 15, Figura 15**).

Tabla 15. Emisiones de GEI por la aviación civil internacional, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

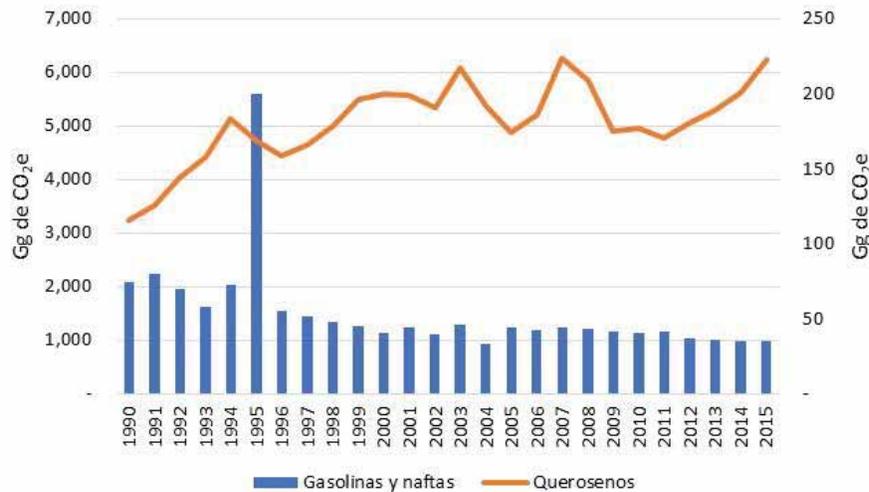
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gasolinas y naftas	46.69	82.84	20.33	29.56	27.18	31.17	27.28	26.79	26.05	27.47
Querosenos	2,021.63	1,958.96	2,825.00	3,291.13	3,328.30	3,574.19	3,754.27	3,959.53	4,197.95	4,865.10
Total general	2,068.32	2,041.81	2,845.33	3,320.70	3,355.48	3,605.36	3,781.55	3,986.33	4,223.99	4,892.57

Figura 15. Emisiones de GEI por la aviación civil internacional, 1990-2015**3.2.3.1.2 [1A3a] Aviación civil nacional**

En 2015, la aviación civil nacional generó 6,285 Gg de CO_{2e}. De esa cantidad, 6,238 Gg de CO_{2e} (99%) correspondieron a CO₂, con una incertidumbre de 4.99%; 46 Gg de CO_{2e} (0.73%), a N₂O, con una incertidumbre de 109.5%, y 1 Gg de CO_{2e} (0.02%) a CH₄, con una incertidumbre de 78.22 por ciento. Para el periodo 1990-2015, el crecimiento de las emisiones de GEI estimadas en esta categoría fue 89% con una TCMA de 2.59% (ver **Tabla 16** y **Figura 16**).

Tabla 16. Emisiones de GEI por la aviación civil nacional, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO ₂	3,286	4,901	5,594	4,897	4,968	4,788	5,046	5,279	5,616	6,238
CH ₄	0.63	0.94	1.08	0.94	0.96	0.92	0.97	1.02	1.08	1.20
N ₂ O	24	35	41	36	36	35	37	38	41	46
Total	3,311	4,937	5,636	4,934	5,005	4,824	5,084	5,318	5,658	6,285

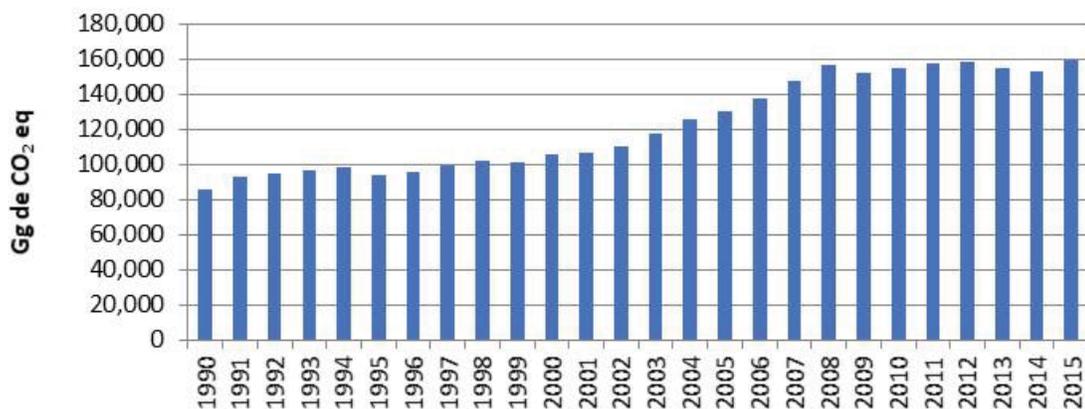
Figura 16. Emisiones de GEI por aviación civil nacional, 1990-2015

3.2.3.2 [1A3b] Autotransporte

En 2015, el autotransporte generó 159,944 Gg de CO_{2e}. De esa cantidad, 98% (156,754 Gg de CO_{2e}) fue CO₂ (incertidumbre de 3.93%). El metano alcanzó 318 Gg de CO_{2e} (0.2%) con una incertidumbre de 81.39%, y el óxido nitroso, 2,872 Gg de CO_{2e} (1.8%) con una incertidumbre de 108.36 por ciento. En el periodo 1990-2015, el crecimiento de las emisiones de GEI estimadas en esta categoría fue 89% con una TCMA de 2.5% (ver **Tabla 17** y **Figura 17**).

Tabla 17. Emisiones de GEI por autotransporte
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO ₂	84,230	92,044	103,845	127,455	151,806	154,561	155,059	152,090	150,402	156,754
CH ₄	833	165	226	268	290	301	310	313	309	318
N ₂ O	1,015	1,720	1,896	2,344	2,809	2,849	2,854	2,792	2,761	2,872
Total	86,078	93,929	105,967	130,067	154,905	157,711	158,223	155,195	153,473	159,944

Figura 17. Emisiones de GEI por autotransporte, 1990-2015

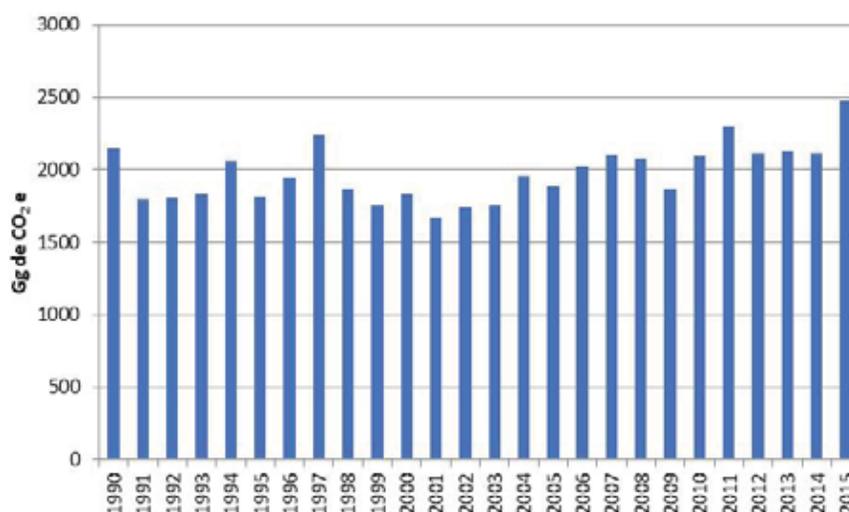
3.2.3.3 [1A3c] Ferrocarriles

En 2015, se generaron 2,475 Gg de CO_{2e}, de los cuales 2,238 Gg de CO_{2e} fueron dióxido de carbono (90% ±5.14%); 4 Gg de CO_{2e} fueron metano (0.16% ±105.3%), y 233 Gg de CO_{2e} óxido nitroso (9.42% ±125.1%). El crecimiento de las emisiones de GEI estimadas en esta categoría para el periodo 1990-2015 fue 15% con una TCMA de 0.6% (ver **Tabla 18** y **Figura 18**).

Tabla 18. Emisiones de GEI por ferrocarriles, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO ₂	1,941	1,645	1,662	1,705	1,897	2,083	1,910	1,927	1,909	2,238
CH ₄	3.10	2.62	2.54	2.65	2.72	3.03	3.32	3.05	3.07	3.05
N ₂ O	202	171	172	177	197	216	198	200	199	233
Total	2,146	1,819	1,837	1,885	2,097	2,302	2,111	2,130	2,111	2,475

Figura 18. Emisiones de GEI por ferrocarriles, 1990-2015



3.2.3.4 [1A3d] Navegación marítima y fluvial

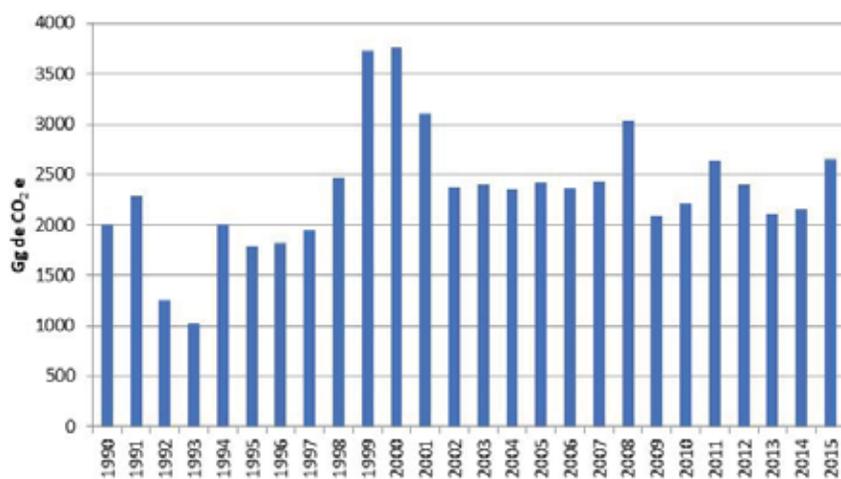
De los 2,651 Gg de CO_{2e} generados en 2015, el dióxido de carbono alcanzó 2,625 Gg de CO_{2e} (99% ±4.98%); el metano, 7 Gg de CO_{2e} (0.27% ±48.83%), y el óxido nitroso, 19 Gg de CO_{2e} (0.72% ±87.59%). Para el periodo 1990-2015, el crecimiento de las emisiones de GEI estimadas en esta categoría fue 32% con una TCMA del 1.12% (ver **Tabla 19** y **Figura 19**).

Tabla 19. Emisiones de GEI por navegación marítima y fluvial, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO ₂	1,987	1,765	3,731	2,394	2,196	2,613	2,382	2,095	2,139	2,625
CH ₄	4.98	4.73	9.92	6.38	5.87	7.00	6.40	5.64	5.75	7.04
N ₂ O	13	13	27	17	16	219	17	15	16	19

Total	2,005	1,783	3,768	2,418	2,218	2,639	2,405	2,116	2,161	2,651
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Figura 19. Emisiones de GEI por la navegación marítima y fluvial, 1990-2015

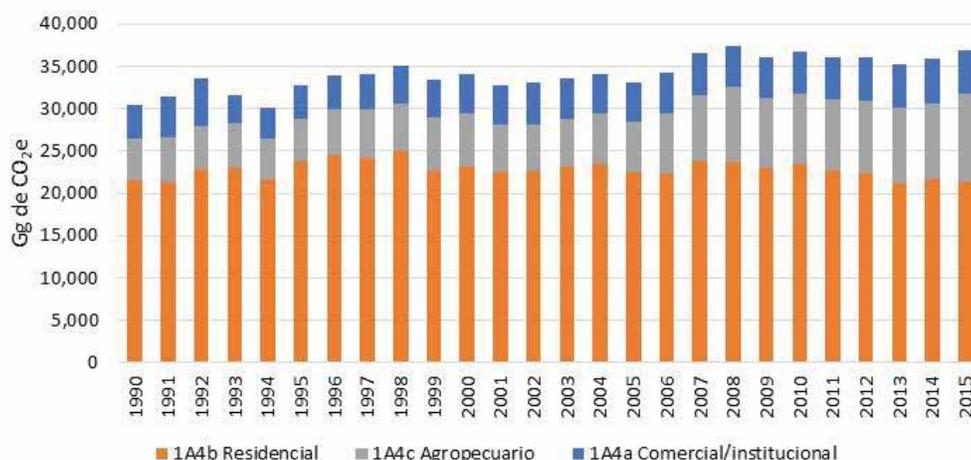


3.2.4 [1A4] Otros sectores

En esta categoría se incluyen las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O procedentes de la combustión de combustibles fósiles utilizados en las actividades comercial, residencial y agropecuaria. Durante el periodo 1990-2015, se incrementaron 21% (TCMA de 0.8%). En 2015, la emisión fue de 36,978.11 Gg de CO₂e con una incertidumbre de ±2.74% (ver **Tabla 20** y **Figura 20**).

Tabla 20. Emisiones de GEI por combustión de fósiles en las actividades comercial, residencial y agropecuaria, 1990-2015
Gg de CO₂e

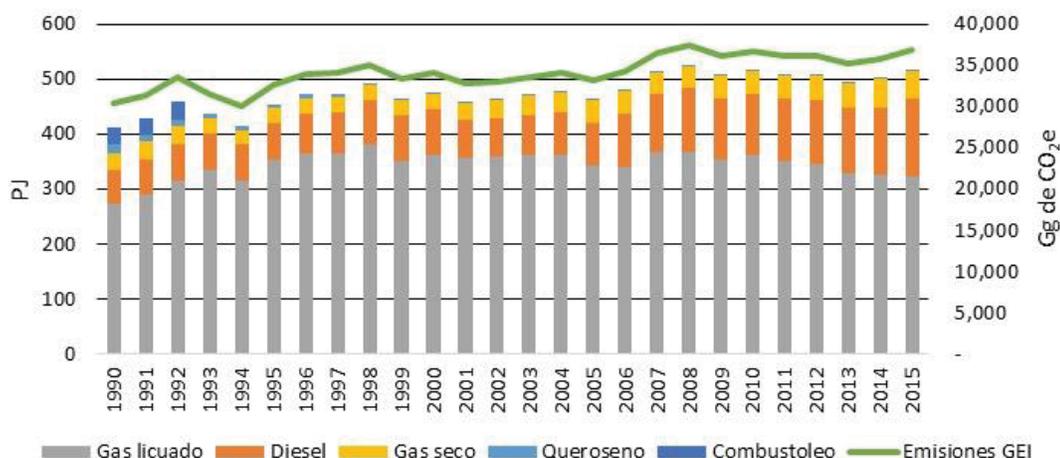
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Residencial	21,498.64	23,756.10	23,112.58	22,539.81	23,453.77	22,649.08	22,275.94	21,238.35	21,627.20	21,279.70
Agropecuaria	4,996.66	5,077.93	6,314.74	6,005.06	8,395.60	8,413.86	8,721.60	8,862.61	8,992.41	10,421.18
Comercial	3,877.13	3,868.74	4,707.00	4,589.46	4,948.02	5,061.62	5,155.52	5,208.22	5,219.24	5,277.24
Total	30,372.44	32,702.77	34,134.32	33,134.33	36,797.38	36,124.56	36,153.06	35,309.19	35,838.84	36,978.11

Figura 20. Emisiones de GEI por la combustión de fósiles en las actividades comercial, residencial y agropecuaria, 1990-2015

El consumo de los diferentes combustibles en el periodo y las actividades de referencia varió de la manera siguiente: el combustóleo **disminuyó en 100%**; el diésel aumentó 17%, al igual que el gas licuado; el gas seco aumentó 71%, y los querosenos disminuyeron en 84% (ver *Tabla 21* y *Figura 21*).

Tabla 21. Consumo energético en las actividades de comercio, residencial y agropecuaria, 1990-2015
PJ

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gas licuado	274.34	354.00	363.57	343.99	362.37	352.15	345.74	328.02	326.51	322.57
Diésel	61.44	66.59	81.88	76.72	112.11	112.52	117.66	119.95	121.74	142.06
Gas seco	29.55	26.65	27.83	42.06	41.37	40.83	42.34	44.90	52.99	50.77
Queroseno	16.32	7.44	1.42	1.52	1.21	1.30	1.23	1.36	1.92	2.57
Combustóleo	30.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	412.46	454.68	474.70	464.29	517.05	506.80	506.97	494.22	503.16	517.98

Figura 21. Consumo energético y emisiones GEI en las actividades comercial, residencial y agropecuaria, 1990-2015

Las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O para las actividades comercial, residencial y agropecuaria se estimaron según la metodología de IPCC 2006, utilizando un método de nivel 2 para las emisiones de CO₂ y uno de nivel 1 para las de CH₄ y N₂O, conforme a la Figura 2.1 del árbol de decisión para estimar las emisiones de la combustión estacionaria (IPCC, 2006). En ambos métodos se utilizó la **Ecuación 1 del Anexo E**.

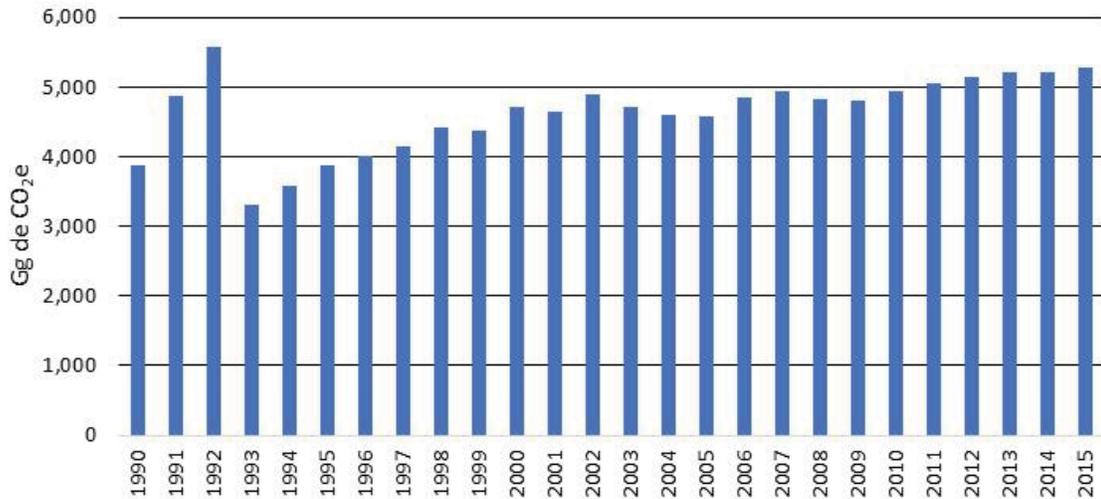
En el método de nivel 1 para CH₄ y N₂O, los factores de emisión utilizados se tomaron de las directrices: para la actividad comercial, del Cuadro 2.4, y para las otras dos, del cuadro 2.5 (IPCC, 2006). En el método de nivel 2, para las tres actividades, el factor de emisión para CO₂ se tomó del informe técnico INECC/A1-008/2014, realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo (INECC, 2014) (ver **Anexo E**).

3.2.4.1 [1A4a] Comercial

En 2015 se generaron 5,277 Gg de CO_{2e}; de esa cantidad, 99% ±4.05% (5,262 Gg de CO_{2e}) correspondieron a dióxido de carbono; 0.22% ±3.83% (12 Gg de CO_{2e}), a metano, y 0.07% ±3.4% (3 Gg de CO_{2e}) a óxido nitroso. Para el periodo 1990-2015, el crecimiento de las emisiones de GEI estimadas en esta categoría fue 36% con una TCMA de 1.24% (ver **Tabla 22** y **Figura 22**).

Tabla 22. Emisiones de GEI por la actividad comercial, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO ₂	3,859	3,858	4,694	4,577	4,934	5,047	5,141	5,194	5,204	5,262
CH ₄	12	9	11	11	11	11	12	12	12	12
N ₂ O	6	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Total	3,877	3,869	4,707	4,590	4,947	5,061	5,156	5,209	5,219	5,277

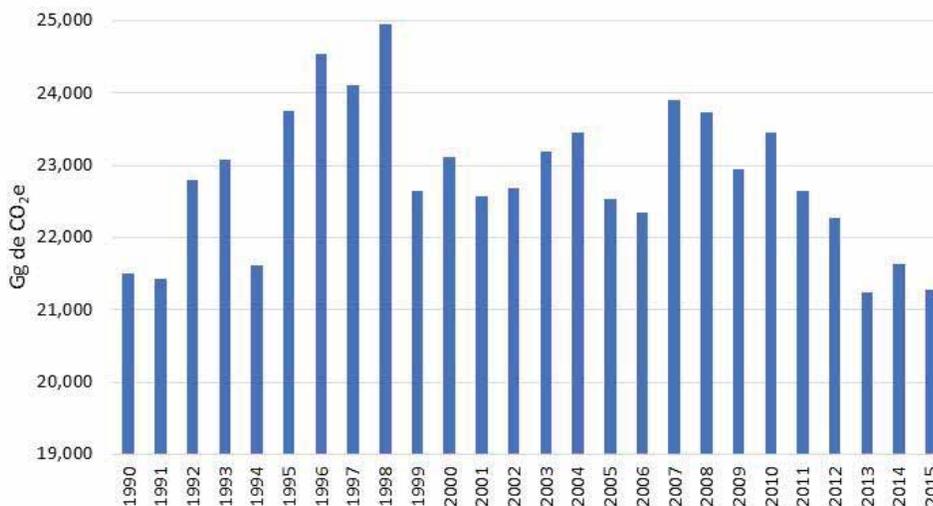
Figura 22. Emisiones de GEI por la actividad comercial, 1990-2015

3.2.4.2 [1A4b] Residencial

En 2015 se generaron 21,279 Gg de CO_{2e}, de los cuales: 18,838 Gg de CO_{2e} correspondieron a dióxido de carbono (88%) con una incertidumbre de $\pm 4.45\%$; 2,165 Gg de CO_{2e}, a metano (10%) con una incertidumbre del $\pm 4.91\%$, y 276 Gg de CO_{2e} a óxido nítrico (2%) con una incertidumbre del $\pm 4.85\%$. Para el periodo 1990-2015, las emisiones de GEI estimadas en esta categoría disminuyeron en 1.01% con una TCMA negativa de 0.04% (ver **Tabla 23** y **Figura 23**).

Tabla 23. Emisiones de GEI de la actividad residencial, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO ₂	18,832	21,058	20,364	19,967	20,946	20,155	19,795	18,773	19,173	18,838
CH ₄	2,364	2,392	2,438	2,282	2,224	2,212	2,200	2,186	2,177	2,165
N ₂ O	302	305	311	291	283	282	280	278	277	276
Total	21,498	23,755	23,113	22,540	23,453	22,649	22,275	21,237	21,627	21,279

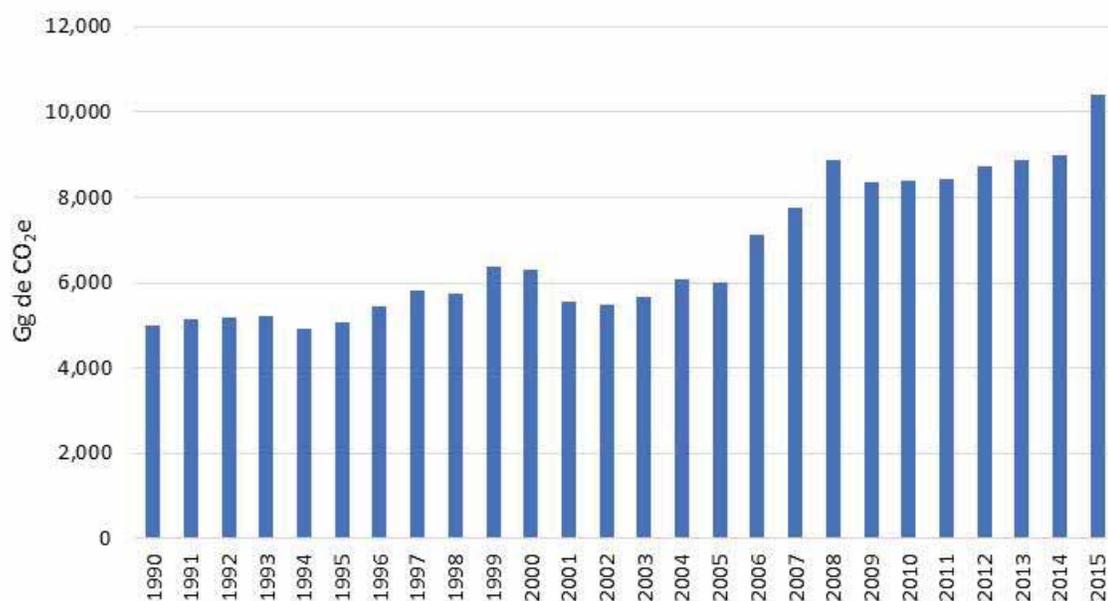
Figura 23. Emisiones de GEI de la actividad residencial, 1990-2015

3.2.4.3 [1A4c] Agropecuaria

De 10,421 Gg de CO_{2e} generados en 2015, 10,360 Gg de CO_{2e} correspondieron a dióxido de carbono (99% ±4.95%); 39 Gg de CO_{2e} (0.37% ±5.03%), a metano, y 22 Gg de CO_{2e} (0.22% ±5.1%), a óxido nitroso. El crecimiento de las emisiones GEI estimadas en esta categoría para el periodo 1990-2015 fue 108% con una TCMA de 2.98% (ver **Tabla 24** y **Figura 24**).

Tabla 24. Emisiones de GEI por la quema de combustible en la actividad agropecuaria, 1990-2015
Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO ₂	4,967	5,048	6,279	5,971	8,347	8,365	8,671	8,811	8,940	10,360
CH ₄	19	19	23	22	31	31	33	33	34	39
N ₂ O	10	11	13	12	17	17	18	19	19	22
Total	4,996	5,078	6,315	6,005	8,395	8,413	8,722	8,863	8,993	10,421

Figura 24. Emisiones de GEI por la quema de combustible en la actividad agropecuaria, 1990-2015

3.3 [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles

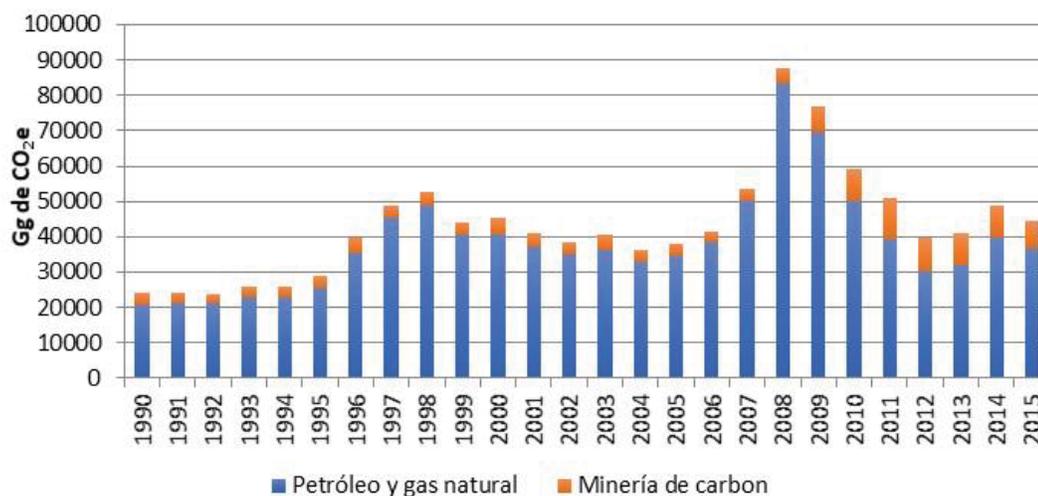
La liberación intencional o no intencional de los gases de efecto invernadero puede ocurrir durante la extracción, el procesamiento y la entrega de los combustibles fósiles en el punto de utilización final. Se conocen como emisiones fugitivas y pueden deberse a venteo, quema en antorcha o bien a todas las demás fugitivas (fugas). En esta categoría se incluyen las emisiones procedentes de la producción y manejo de [1B1] “Combustibles sólidos” o [1B2] “Petróleo y gas”. No se incluyen en este apartado [1B3] “Otras emisiones provenientes de la producción de energía”.

Las emisiones fugitivas de la categoría [1B] provenientes de la fabricación de combustibles aumentaron de 1990 a 2015 en 85.12%, con una tasa media anual de crecimiento de 2.5%, al pasar de 23,994.17 Gg de CO_{2e} a 44,418.87 Gg de CO_{2e} ($\pm 15.6\%$) (Tabla 25 y Figura 25).

Tabla 25. Emisiones de GEI por emisiones fugitivas, 1990-2015Gg de CO_{2e}

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Minería de carbón	3,241.64	3,283.07	4,354.13	3,496.37	8,980.57	11,362.99	9,543.96	9,186.93	9,340.60	7,786.77
Petróleo y gas natural	20,752.53	25,542.84	41,059.54	34,502.96	50,445.91	39,359.36	30,179.79	31,776.78	39,503.79	36,632.10
Total	23,994.17	28,825.91	45,413.67	37,999.32	59,426.48	50,722.35	39,723.76	40,963.71	48,844.39	44,418.87

Figura 25. Comparativo de emisiones de GEI por emisiones fugitivas, en la subcategoría fabricación de combustibles, 1990-2015



3.3.1 [1B1] Combustibles sólidos (emisiones fugitivas)

3.3.1.1 [1B1a] Minería carbonífera y manejo del carbón (emisiones fugitivas)

Comprende las emisiones fugitivas y principalmente las de metano generado durante el proceso de formación del carbón y almacenado en las minas, que ocurren durante la extracción o minado, producción, procesamiento, manejo y utilización de ese mineral. Una vez que el carbón se expone al oxígeno del aire se oxida para producir CO₂; sin embargo, su rapidez de formación por este proceso es baja.

3.3.1.1.1 [1B1ai] Minas subterráneas

En minas subterráneas, durante la extracción o minado [1B1ai1], el metano se libera por ventilación de grandes cantidades de aire expulsadas a la atmósfera. Cuando hay sistemas de recuperación de metano, este gas puede usarse como fuente de energía o liberarse a la atmósfera. Otra parte del metano que se emite proviene de actividades posteriores a la extracción [1B1ai2], tales como su manejo, procesamiento, transportación y uso. Finalmente, se debe considerar que las minas abandonadas pueden continuar emitiendo metano [1B1ai3].

3.3.1.1.2 [1B1aii] Minas de superficie

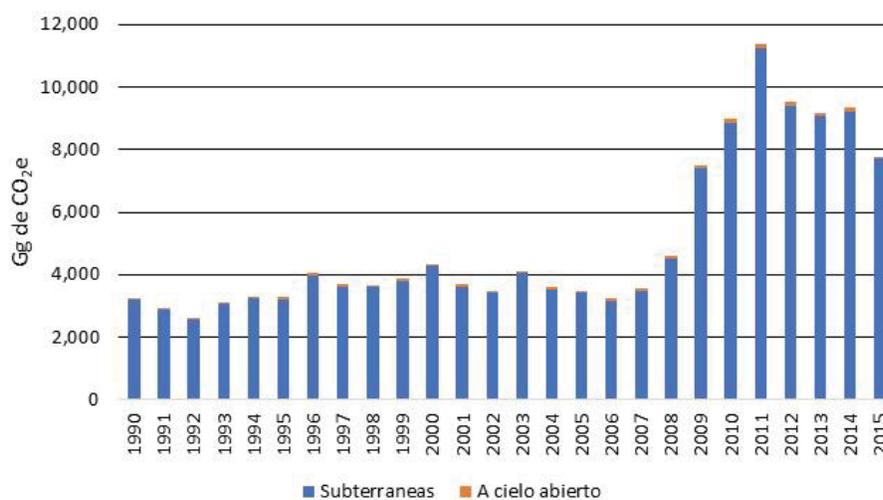
En minas a cielo abierto, el carbón se encuentra a muy baja profundidad o está expuesto a la atmósfera. Debido a esto, la presión sobre el mineral es menor y su contenido de carbón es mucho menor que el de las minas subterráneas, por lo que las emisiones durante el minado [1B1aii1] son menores que para la minería subterránea. Al igual que en el caso anterior una parte de las emisiones de metano provienen de las operaciones posteriores a la extracción [1B1aii2].

Las emisiones de CO_{2e} provenientes de la minería carbonífera y del manejo del carbón aumentaron en 101.40% al pasar de 3,241.64 Gg en 1990 a 7,786.77 Gg en 2015, con una tasa de crecimiento media anual de 3.43% (Tabla 26 y Figura 26).

Tabla 26. Emisiones de fugitivas de metano en minería carbonífera y manejo del carbón, 1990-2015

		Gg									
Año:		1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Minas subterráneas	Actividades de extracción o minería	100.36	100.75	134.12	107.47	278.18	352.13	295.11	284.09	288.80	241.97
	Actividades posteriores	13.94	13.99	18.63	14.93	38.64	48.91	40.99	39.46	40.11	33.61
	Subtotal	114.30	114.74	152.75	122.40	316.82	401.04	336.10	323.55	328.91	275.57
Minas de superficie (a cielo abierto)	Actividades de extracción o minería	1.36	2.31	2.55	2.28	3.62	4.41	4.39	4.20	4.33	2.33
	Actividades posteriores	0.11	0.19	0.21	0.19	0.30	0.37	0.37	0.35	0.36	0.19
	Subtotal	1.47	2.51	2.76	2.47	3.92	4.78	4.76	4.55	4.69	2.52
Total CH ₄		115.77	117.25	155.50	124.87	320.73	405.82	340.86	328.10	333.59	278.10
Total CO _{2e}		3,241.64	3,283.07	4,354.13	3,496.37	8,980.57	11,136.29	9,543.96	9,186.93	9,340.60	7,786.77

Figura 26. Emisiones de fugitivas de metano en minería carbonífera y manejo del carbón, 1990-2015



Para el cálculo de las emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero procedentes de la minería carbonífera y del manejo del carbón se obtuvieron los datos de actividad oficiales del *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* publicado por el Servicio Geológico Mexicano de la Secretaría de Economía. Para el cálculo se utilizaron los factores de emisión por defecto publicados en las directrices de IPCC 2006, lo cual, de acuerdo a los árboles de decisiones de las figuras 4.1.1 y 4.1.2 del volumen 2, capítulo 4 de las citadas directrices, corresponde a un nivel 1 (para mayor detalle ver Tabla 32, Anexo D, y Tabla 10, Anexo E).

3.3.2 [1B2] Petróleo y gas natural (emisiones fugitivas)

Comprende las emisiones de GEI debidas a venteo, quema en antorcha, quemadores elevados y de fosa; así como de fugas, estas últimas clasificadas por IPCC como “Todas las demás”, procedentes de las actividades de producción, proceso de crudo en refinerías y de gas en complejos procesadores de gas, transporte y distribución de petróleo y gas natural.

3.3.2.1 [1B2ai] y [1B2bi] Venteo en petróleo y gas

En esta subcategoría se reportan principalmente emisiones de metano por venteo de corrientes de gas o vapores por liberación de presión en casos de emergencia; durante la producción de crudo, venteos de gas asociado y evaporaciones en tanques, cuando no es técnica o económicamente viable su transporte o aprovechamiento; emanaciones en la reparación, pruebas, cementado, terminación o desmantelamiento de pozos; despresurización de equipos para inspección, mantenimiento, conexiones, interconexiones, o bien por problemas en plantas o sistemas; paros o arranques de plantas; corridas de diablos, desfogues rutinarios en plantas de proceso y desfogue de subproductos cuando su aprovechamiento no es viable, y liberación en dispositivos (compresores) operados por gas. Se incluye además venteo de dióxido de carbono en plantas coquizadoras y de hidrógeno en refinerías, y en oxidadores térmicos tanto de refinerías como de complejos procesadores de gas, así como deshidratadores de glicol, en exploración y producción.

3.3.2.2 [1B2aii] y [1B2bii] Quema en antorcha

Algunas de las corrientes antes mencionadas son enviadas a quemado en antorcha debido a sus características de peligrosidad o bien con fines ambientales.

Para el inventario de emisiones de CO_{2e} por quema en antorcha, del periodo 2013-2015, Petróleos Mexicanos proporcionó los volúmenes anuales de gas enviado a quemador y su composición para la estimación de las emisiones. Los cálculos y valores fueron revisados y acordados con PEMEX, por lo que, para este periodo y estas fuentes, la metodología es consistente con un nivel 2 de las directrices de IPCC. Las emisiones de 2013-2015 comprenden la suma de gas enviado a quemador en las actividades de exploración y producción de petróleo crudo y gas natural, refinación, proceso de gas, transporte y distribución de hidrocarburos. Es importante anotar que en este rubro se reportan las emisiones por quema en antorcha de la producción de petroquímicos.

3.3.2.3 [1B2aiii] y [1B2biii] Todas las demás fugitivas

Corresponden a fugas de equipos; pérdidas en almacenamiento; rupturas de gasoductos; explosiones de pozos; migración de gases a la superficie que rodea la parte externa del cabezal de pozo; arcos de ventilación en superficies, y emisiones continuas no intencionales

en componentes como válvulas, bridas y otras conexiones en bombas, compresores, válvulas, sellos de bombas y compresores, agitadores y entradas de hombre.

Los gases de efecto invernadero procedentes de las emisiones fugitivas del sector petróleo y gas [1B2], expresados como CO_{2e}, tuvieron un crecimiento de 76.5%, con una TCMA de 2.3%, al pasar de 20,752.53 Gg de CO_{2e} en 1990 a 36,632.1 Gg de CO_{2e} en 2015. En las **Tablas 27 y 28** se presenta el desglose de emisiones de gases de efecto invernadero para cada una de las subcategorías de fuentes de emisiones fugitivas de petróleo y gas, de acuerdo a las directrices de IPCC 2006.

Los principales gases emitidos por esta categoría de fuentes son el dióxido de carbono —originado principalmente en la quema en antorcha en toda la industria y en los venteos de oxidadores térmicos en refinerías y complejos procesadores de gas—, el metano —de venteos y otras fugitivas de gas natural y gas seco—, y en mucho menor proporción, el óxido nitroso, por quema en antorcha (**Figuras 27 y 28**).

Figura 27. Proporción de los GEI en las emisiones fugitivas del sector petróleo y gas, 2015
Gg de CO_{2e}

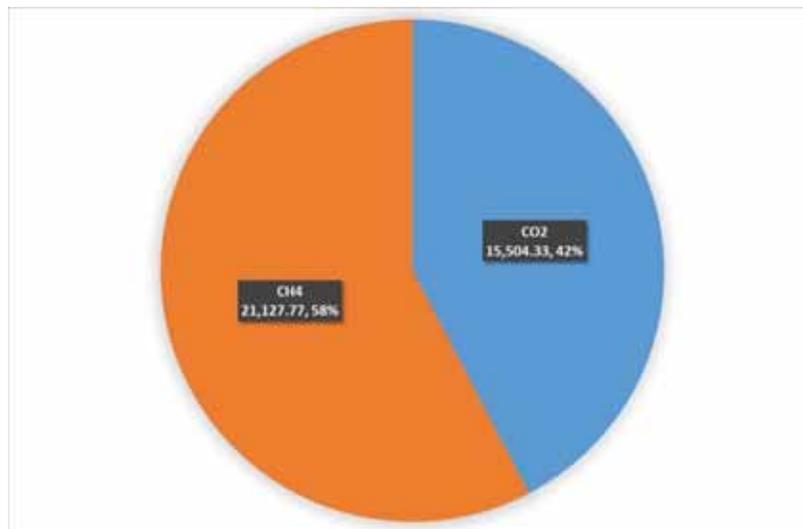


Tabla 27. Emisiones fugitivas de GEI del sector petróleo y gas, 1990-2015Gg de CO_{2e}

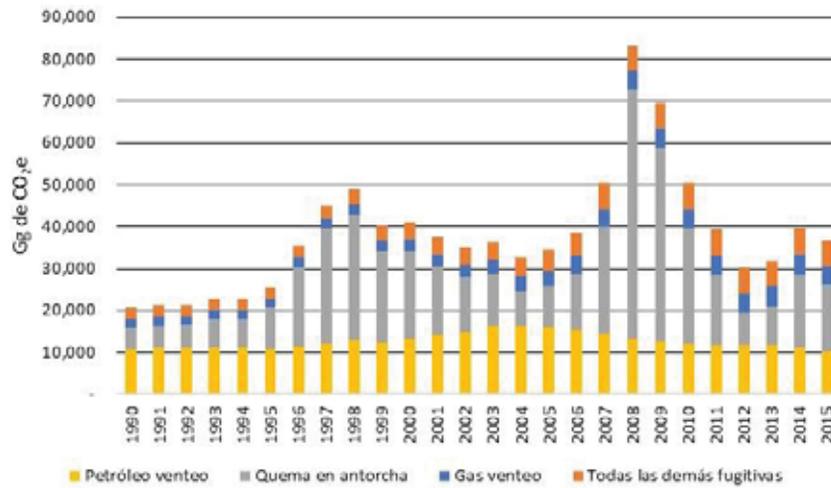
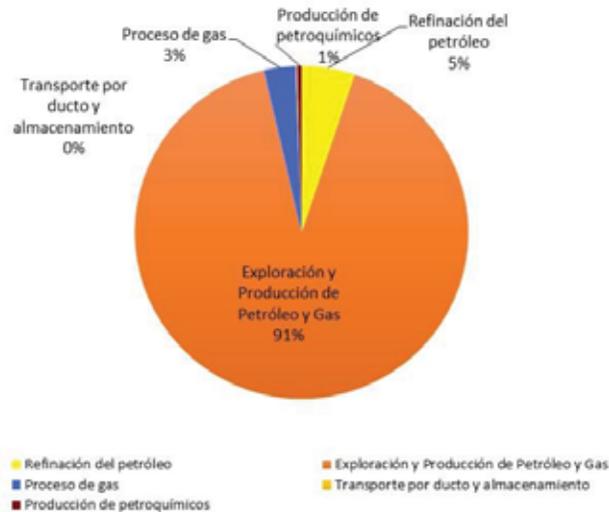
		1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Petróleo	Venteo	10,658.73	10,673.11	13,086.91	16,034.47	12,013.80	11,753.88	11,844.87	11,25.43	11,103.45	10,179.09	
	Otras fugitivas	Exploración	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
		Producción	43.23	41.76	59.58	78.85	49.29	47.82	46.94	46.12	42.84	39.04
		Transporte	22.42	22.81	25.22	25.95	73.02	101.32	101.04	100.48	99.51	98.91
		Refinación	25.84	26.53	27.92	31.50	29.42	28.96	30.00	30.36	28.68	26.28
Distribución	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Gas natural	Venteo	2,193.41	2,174.91	2,710.59	3,790.63	4,505.58	4,577.06	4,694.51	4,685.00	4,867.78	4,759.99	
	Otras fugitivas	Exploración	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
		Producción	413.20	403.45	865.85	1,242.22	1,638.24	1,446.87	1,272.84	1,174.72	1,140.98	1,049.86
		Proceso	1,629.59	1,536.71	1,815.52	1,902.34	2,193.21	2,220.55	2,155.15	2,159.81	2,129.98	1,997.59
		Transporte	399.93	465.88	609.14	826.93	1,097.44	1,107.75	1,144.51	1,206.94	1,237.90	1,270.13
Distribución	79.24	199.60	411.63	701.40	1,008.01	1,248.70	1,285.80	1,326.06	1,432.10	1,384.47		
Quema en antorcha, petróleo y gas natural		5,286.95	9,998.09	21,102.74	9,681.48	27,622.02	16,813.46	7,604.14	9,221.94	17,466.41	15,828.07	

Tabla 28. Emisiones de GEI por quema en antorcha, sector petróleo y gas, 2013-2015Gg de CO_{2e}

Actividad	2013	2014	2015
Refinación del petróleo	702.36	891.22	814.67
Exploración y producción de petróleo y gas	8,136.84	15,966.33	14,441.07
Proceso de gas	313.65	500.24	483.76
Transporte por ducto y almacenamiento	23.97	35.52	23.59
Producción de petroquímicos	45.12	73.10	64.98
Total anual	9,221.94	17,466.41	15,828.07

* Calculadas con información proporcionada por Petróleos Mexicanos.

En 2008-2009 hubo un aumento significativo de las emisiones de GEI por quema en antorcha, tras un incremento en la quema de gas asociado en el campo Cantarell de la región marina noreste de PEMEX Exploración y Producción: por tener un alto contenido de nitrógeno, este lote de gas (aproximadamente 39% de la producción) no pudo enviarse a proceso.

Figura 28. Emisiones fugitivas de GEI del sector petróleo y gas, 1990-2015**Figura 29.** Origen de las emisiones de quema en antorcha del sector petróleo y gas, 2015

Las emisiones fugitivas de GEI de petróleo y gas natural se calcularon a partir de datos de actividad de fuentes oficiales como el Sistema de Información Energética (SENER 2017b), las *Memorias de Labores de Petróleos Mexicanos*, e información de la Comisión Reguladora de Energía (INECC 2012), (ver **Tablas 33 y 34, Anexo D**).

Se cuantificaron datos puntuales para 30 subprocesos de quema, venteo y otras emisiones fugitivas utilizando los factores de emisión que mejor se adecuaron a las condiciones nacionales. Se seleccionaron mediante una revisión bibliográfica detallada y se compilaron en un estudio realizado para el INECC por el IMP. En otros casos, los factores se estimaron a partir de la composición de gases de venteo o emisiones o datos de diseño. (Ver **Anexo E**.)

En el caso específico de emisiones originadas por quema en antorcha —envío de corrientes a quemador sin un fin energético—, para la serie histórica 1990-2012, los factores

de emisión se obtuvieron a partir de datos de actividad procedentes de información oficial como el Sistema de Información Energética y la Comisión Reguladora de Energía, mientras que para 2013-2015, las emisiones se calcularon con información proporcionada por Petróleos Mexicanos (ver **Tabla 35, Anexo D**).

3.3.2.4 Conclusiones y recomendaciones para emisiones fugitivas en petróleo y gas

1. No se cuenta con información a nivel, proceso, planta o equipo para disponer de un inventario con enfoque “*bottom up*”. No fue posible obtener la información necesaria de las cédulas de operación anual o la contenida en el Registro Nacional de Emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, por lo que se recomienda tener un acercamiento con ASEA para que estos instrumentos recaben y reporten la información de emisiones de gases de efecto invernadero de tal manera que sea útil para compilar el inventario.
2. Para cumplir con la buena práctica de “Uso de terminología uniforme y definiciones claras para el conteo de las instalaciones y componentes”, se recomienda definir en el reglamento de LGEEPA, en materia de prevención y control de emisiones a la atmósfera, los términos de emisiones fugitivas, venteo y otras fugitivas de acuerdo con la terminología de IPCC 2006, y obligar a su medición en campo, en especial de aquellas categorías principales de fuentes de emisiones fugitivas y de aquellas pequeñas fuentes de emisión cuya contribución colectiva al inventario puede ser significativa.
3. Proponer la realización de modificaciones al reglamento de tal manera que todas las instalaciones del sector petróleo y gas estén obligadas a reportar sus emisiones en el RENE.
4. Para futuros inventarios es necesario que tanto PEMEX como las empresas privadas proporcionen la composición de las distintas corrientes de combustible que se usen en sus instalaciones, para corregir con ello los cálculos de las estimaciones, así como las condiciones de presión y temperatura en que estén expresados los volúmenes de corrientes gaseosas.
5. Es recomendable actualizar los estudios para determinar factores de emisión efectuados por el Instituto Mexicano del Petróleo, tanto para fuentes estacionarias de combustión como para emisiones fugitivas.
6. De acuerdo con los resultados del cálculo de incertidumbres para el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 2015, la subcategoría con menor incertidumbre es la [1A1b] “Refinación del petróleo”, y las que presentan la mayor incertidumbre son [1B2aiii] y [1B2biii], “Otras fugitivas de petróleo y gas natural”.
7. Para el caso de los factores de emisión de [1B2] “Emisiones fugitivas de petróleo y gas natural”, el Instituto Mexicano del Petróleo, en su estudio “Determinación de factores

de emisión para emisiones fugitivas de la industria petrolera en México”, señaló que cuando no se disponía de la incertidumbre en un factor de emisión publicado, el IMP sugirió un valor de incertidumbre fundamentado en el juicio experto de un factor de emisión similar publicado. Sin embargo, las buenas prácticas de IPCC (IPCC, 2000) indican que siempre que sea posible, se documente el dictamen de expertos con respecto a la incertidumbre usando un protocolo apropiado. En este reporte no se informa si esta consulta de expertos se llevó a cabo utilizando algún protocolo para evitar sesgos. Debe trabajarse para que el dictamen de expertos se solicite siempre mediante un protocolo documentado.

8. Se requiere estimar factores de emisión nacionales con el fin de disminuir la incertidumbre asociada a los factores utilizados por defecto de las directrices de IPCC. De igual manera es necesario contar con datos de actividad obtenidos mediante mediciones directas siempre que sea posible y contribuir así a reducir la incertidumbre.

Referencias

- CFE. 2017. *Generación de Energía Eléctrica de cfe (Comunicado Interno)*.
- CRM. 1993. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 1992*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 1997. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 1996*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 2001. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2000*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 2004. 1 Consejo de recursos minerales *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2003*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- Davies, Waldron.; Harnisch, Jochen.; Lucon, Oswaldo.; Mckibbin, Scott.; Saile, Sharon.; Wagner, Fabian y Walsh, Michael. 2006. directrices de IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero *CAPÍTULO 3. Combustión Móvil*.
- Gómez, Darío, and John Watterson. 2006. 2 directrices de IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero *CAPÍTULO 2. Combustión estacionaria*.
- INECC. 2012. “Determinación de Factores de Emisión Para Emisiones Fugitivas de La Industria Petrolera En México”: 1–203.
- 2014. *52 Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles que se consumen en México*.
- 2015. *Primer informe bienal de actualización ante la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México.
- IPCC et al., 2006. “IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy.” *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2*. <http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
- SENER. 2017a. *Estadísticas de autogeneración (comunicado interno)*.
- 2017b. “Sistema de Información Energética.” <http://sie.energia.gob.mx/> (January 1, 2017).
- SGM. 2006. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2005*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 2007. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliado 2006*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 2008. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada 2007*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 2009. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada 2008*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 2010. *40 Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Ampliada 2009*. [http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario Estadístico 2011c.pdf](http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario%20Estadístico%202011c.pdf).
- 2012. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada 2011*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 2014. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2013*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 2015. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2014*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- 2016. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2015*. <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- Unión Nacional de Cañeros A.C. 2017. “Estadísticas Históricas.” <http://caneros.org.mx/historica/>.