



GOBIERNO DE LA
REPÚBLICA DE HONDURAS



SECRETARÍA DE ESTADO
EN EL DESPACHO DE ENERGÍA

Inventario de gases de efecto invernadero: Sector energía 2005 - 2018



República de Honduras

Abog. Juan Orlando Hernández Alvarado
Presidente de la República

Ing. Roberto Ordoñez
Secretario de Estado en el Despacho de Energía

Ing. Leonardo Deras
Subsecretario de Energía Renovable y Electricidad

Comité técnico

Ing. Sindy Salgado, M. Sc.
Directora Nacional de Planeamiento Energético y Política Energética Sectorial

Jorge Cárcamo, Ph. D.
Especialista Energético

Diseño de portada, diagramación y estilo del documento
Jorge Cárcamo, Ph. D.



1 Introducción

El cambio climático, de acuerdo con United Nations Framework Convention on Climate Change (2011), es el cambio en el clima que puede ser identificado en la media o varianza de sus propiedades y que persiste por extensos periodos de tiempo, usualmente décadas o periodos más largos de tiempo. Este cambio en el clima puede ser ocasionado por alteraciones en la atmósfera atribuidas a fenómenos naturales o actividades antropogénicas.

Este cambio climático incluye diversos cambios en el clima a nivel global, tales como: nivel de los océanos, incremento en las temperaturas, reducción de las capas de hielo en los polos, patrones del viento y patrones de lluvias. Además, este cambio climático se asocia con fenómenos extremos de clima, tales como sequías, inundaciones, olas de calor y la intensidad de huracanes, entre otros (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2011).

Los cambios atmosféricos que conducen a estos cambios en el clima son ocasionados por los gases de efecto invernadero. La acumulación de estos gases altera la capacidad de la atmósfera de repeler el calor de la superficie terrestre, ocasionando así, alteraciones en las temperaturas y en los patrones de lluvias. Actualmente, hay diversos gases de efecto invernadero que se acumulan en la atmósfera terrestre, siendo los más relevantes son el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), de los cuales, el CO_2 es el más abundante, en consecuencia, los demás gases son transformados a dióxido de carbono equivalente CO_2e , de acuerdo con su potencial de calentamiento en comparación al CO_2 . En este sentido, el IPCC (2014) estima que el CH_4 y el N_2O son 28 y 265 veces más potentes que el CO_2 respectivamente.

A nivel mundial, según Le Quéré et al. (2018), durante el 2017 se emitieron aproximadamente 90 mil millones de toneladas métricas de CO_2e . Del total de estas emisiones, aproximadamente el 48% provienen de la producción y generación de calor y electricidad, así como de la quema de combustibles fósiles. En consecuencia, el sector energía es clave en la lucha global contra el cambio climático.

De este total de emisiones, según Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (2019), se estima que, durante el 2015, Honduras contribuyó con aproximadamente 0.026% del total de emisiones globales. De este total, 41% proviene del sector energético y se ha identificado que estas emisiones mantienen un crecimiento lento pero estable a través del tiempo. Durante el 2005 se estima que la participación del sector energía contribuía con un total del 38% de la totalidad de emisiones del país (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente, 2019). Este incremento se debe al crecimiento poblacional y a la, cada vez más compleja, diversificación de las actividades productivas y económicas en el país. No obstante, el crecimiento de las emisiones de efecto invernadero no tiene un crecimiento proporcional a la demanda energética del país, esto es gracias a los esfuerzos del Estado por diversificar la matriz energética, pasando de generación energética de combustibles fósiles hacia energéticos más limpios y renovables.

Por lo tanto, es evidente que el sector energía es uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero a nivel mundial, en este sentido, Honduras no es la excepción. Esta realidad, sumado a que la energía es el motor que impulsa las diversas actividades económicas y productivas de Honduras. Sumado a la compleja situación de mercados, cada día más competitivos e internacionales, se prevé que la demanda energética continuará en incremento en los próximos años. Por lo tanto, es vital dirigir esfuerzos enfocados en reducir las emisiones provenientes del consumo de energía.

Particularmente, en Honduras se han iniciado esfuerzos para combatir el cambio climático, por ejemplo: las contribuciones nacionales determinadas (NDC, por sus siglas en inglés); acciones de mitigación nacionalmente apropiadas (NAMA¹ por sus siglas en inglés) e, incentivos a la diversificación de la matriz energética hacia el uso de energéticos renovables y/o más limpios.

Por consiguiente, en vista de lo anterior mencionado, el objetivo de este capítulo es resaltar la importancia del sector energía en cuanto a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional. Explorando así, el rol que este sector tiene para el cumplimiento de compromisos internacionales enfocados en la mitigación del cambio climático. Además, dado que este análisis de emisiones de gases de efecto invernadero parte del desarrollo del Balance Energético Nacional 2018, este documento debe ser visto como un complemento que fortalece el capítulo de cambio climático desarrollado en el BEN 2018.

3

Para este fin, este capítulo se estructura de la siguiente manera: a continuación, se describe la metodología utilizada para la cuantificación de gases de efecto invernadero del sector energía en Honduras, continuando con las emisiones según energético; posteriormente, se analiza las emisiones de energía según subsectores de consumo y emisiones evitadas, concluyendo este capítulo con el vínculo de este sector con las NDC y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

¹ En el país se está trabajando en diversas NAMA: ganadería, café y estufas eficientes. Particularmente, la NAMA de estufas eficientes, se vincula directamente con metas planteadas en la NDC, al mismo tiempo, esta NAMA se alinea con los objetivos y metas de la Secretaría de Energía.



2 Metodología

El fenómeno del cambio climático ha traído consigo el creciente interés por parte de diversos sectores a nivel global, parte de estos sectores definieron la creación de una institución que dirija y oriente las acciones colectivas de los países para mitigar el cambio climático, así como reducir la vulnerabilidad de estos países ante estos efectos. Es así como en 1988 nace el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) con el objetivo de proporcionar bases científicas sobre el cambio climático que serán utilizadas por los tomadores de decisiones de los países para comprender el riesgo y priorización de política, estrategias y acciones para mitigar y adaptar sus condiciones ante los efectos del cambio climático (IPCC, 2014).

Es así como en 1996, el IPCC publica la primera versión de las guías para elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Estas guías han sufrido diversas modificaciones que se adaptan acorde a los avances y descubrimientos de la ciencia en cuanto al cambio climático. Partiendo de estas modificaciones, en 2006 el IPCC publica la segunda versión de estas guías desarrollando mejoras sustanciales en comparación a la primera versión. En la actualidad, se han desarrollado modificaciones a estas guías, sin embargo, éstas han sido modificaciones menores y no ha sido necesario el desarrollo de una tercera versión de estas guías. Para este capítulo en particular, se hace uso de las guías del IPCC en su segunda versión (2006), con las modificaciones hechas hasta agosto del 2019 y, debido a la cantidad de información disponible en el país, únicamente es posible utilizar la metodología de *Tier 1* para cálculo de emisiones.

4

En este sentido, para la aplicación de esta metodología se necesitan cuatro componentes básicos:

- a) **Datos de actividad:** para el sector energía, este componente se refiere a la cantidad de energía ofertada y demandada según combustible y subsector de consumo. Para obtener estos datos, se basa en la información solicitada y consolidada para la elaboración del Balance Energético Nacional.
- b) **Conversión de datos:** una vez obtenidos los datos y elaborado el Balance Energético, es necesario transformar estos datos a Tera Joules (TJ), mismos que son utilizados para la cuantificación de gases de efecto invernadero de este sector.
- c) **Identificación de fórmulas a utilizar:** basándose en las guías del IPCC se identifican cuáles son las fórmulas apropiadas para la aplicación de la metodología según energético y subsectores de consumo.
- d) **Factores de emisión:** estos factores de emisión son dados por el IPCC y, para utilizar factores de emisión correctos, se utilizan factores específicos según combustible y en el subsector de consumo en el que cada combustible es utilizado. Además, por cada combustible y subsector de consumo se utilizan tres factores de emisión, uno para dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxidos nitrosos (N_2O y NO_x), respectivamente.

Por consiguiente, los datos de actividad para los diversos energéticos se obtienen de diversas fuentes: DARA, ICF, MiAmbiente, DCB, APAH, BECOSA y la ENEE, entre otras. Estos datos son obtenidos en unidades físicas, es decir, toneladas, metros cúbicos, o mega watts hora, según la naturaleza de cada energético. Por consiguiente, es necesario desarrollar un primer proceso de transformación para convertir estas unidades físicas a una unidad energética que sea común y comparable entre todos los energéticos. Para este fin se utiliza la metodología de OLADE y, estos energéticos se expresan en miles de barriles equivalentes de petróleo (KBEP). Luego, para desarrollar la conversión de KBEP a TJ se utilizan los factores de conversión de OLADE, de esta manera, es congruente con la metodología utilizada a lo largo del Balance energético.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de los gases de efecto invernadero, específicos para el sector energía, se encuentra en el segundo volumen de las guías del IPCC, mismo que es específico para emisiones provenientes de este sector. En este volumen, el primer capítulo define los combustibles y las fórmulas para estimar los gases de efecto invernadero, según la información disponible a nivel nacional.

Finalmente, para identificar y seleccionar los factores de emisión, dado que éstos varían según los sectores de consumo, es necesario entender la naturaleza de cada uso de la energía, para los fines de este cálculo, se utilizan los factores de emisión, tanto para combustión estacionaria (ejemplo: generación de electricidad), como combustión móvil (ejemplo: transporte) son utilizados.

5

Por consiguiente, de acuerdo con el IPCC, las ecuaciones a utilizar siguen la misma lógica, sin importar si son combustión estacionaria o móvil, cambiando así únicamente los factores de emisión de acuerdo con el energético y subsector de consumo analizado. En este sentido, las fórmulas son las siguientes²³⁴:

$$Emisiones_{ghg,fuel} = consumo\ combustible_{fuel} * factor\ emisión_{ghg,fuel|gas} \quad (1)$$

$$Emisiones_{ghg} = \sum_{fuel} Emisiones_{ghg,fuel} \quad (2)$$

$$CO_2e = Emisiones_{CH_4} * GWP_{CH_4} + Emisiones_{N_2O} * GWP_{N_2O} + Emisiones_{CO_2} \quad (3)$$

Donde:

² Estas ecuaciones se detallan en las páginas 2.11 y 2.12 del apartado de combustión estacionaria del segundo volumen de las guías del IPCC 2006.

³ Las ecuaciones para la cuantificación de las emisiones solo son iguales cuando se aplica el Tier 1 del IPCC. En caso de que se mueva hacia *Tiers* superiores, las fórmulas cambian según energético, subsector de consumo y disponibilidad de información.

⁴ La ecuación para transformar a CO₂e se obtiene de los *Assessment reports* del IPCC. De éstos, el reporte más actual y, por ende, el utilizado en este documento, es el quinto



GWP= potencial de calentamiento global (por sus siglas en ingles de Global Warming Potential)

Como resultado de la primera ecuación se obtiene la totalidad de las emisiones de gases de efecto invernadero para cada combustible/energético. No obstante, estas emisiones son estimadas en Kg y, para fines de reporte, es necesario transformar estos resultados a gigagramos. Para obtener esta unidad de medida, el resultado en Kg se divide entre 1×10^9 .

La segunda ecuación indica que todas las emisiones, según cada energético, deben ser sumadas para obtener la totalidad de emisiones por energético y/o subsectores de consumo. Esto se debe a que un mismo energético puede ser utilizado en diferentes subsectores de consumo y, por ende, obedece a diferentes factores de emisión.

Por consiguiente, dado que en el documento de Balance Energético Nacional se ha mostrado y discutido los resultados del Balance Energético, no es necesario entrar en detalles sobre la obtención de la información y sus resultados. En consecuencia, basta con decir que este Balance proporciona los datos de actividad para la cuantificación de las emisiones de efecto invernadero de este sector.

Finalmente, en cuanto a los factores de emisión, primero es clave analizar la naturaleza del consumo de los energéticos y, con base en cómo estos energéticos son utilizados, se categoriza si se utiliza factores de emisión para combustión estacionaria o combustión móvil, Cuadro 1 y Cuadro 2, respectivamente.

Cuadro 1. Factores de emisión utilizados para consumo de energía bajo la categoría de combustión estacionaria

Energético / subsector	Transformación*			Comercial†			Industria y construcción‡			Residencial y agricultura#		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
<i>AV Jet</i>	70000	3	0.6	70000	10	0.6	70000	3	0.6	70000	10	0.6
<i>Bagazo</i>	100000	30	4	100000	300	4	100000	30	4	100000	300	4
<i>Bio - combustibles</i>	70800	3	0.6	70800	10	0.6	70800	3	0.6	70800	10	0.6
<i>Carbón mineral</i>	96100	1	1.5	96100	10	1.5	96100	1	1.5	96100	10	1.5
<i>Carbón vegetal</i>	112000	200	4	112000	200	1	112000	200	4	112000	200	1
<i>Coque</i>	97500	3	0.6	97500	10	0.6	97500	3	0.6	97500	10	0.6
<i>Diésel</i>	0.6092			74100	10	0.6	74100	3	0.6	74100	10	0.6
<i>Fuel oil</i>	0.6092			77400	10	0.6	77400	3	0.6	77400	10	0.6
<i>Gasolina</i>	0.6092			69300	10	0.6	69300	3	0.6	69300	10	0.6
<i>GLP</i>	63100	1	0.1	63100	5	0.1	63100	1	0.1	63100	5	0.1
<i>Kerosene</i>	71900	3	0.6	71900	10	0.6	71900	3	0.6	71900	10	0.6
<i>Leña</i>	112000	30	4	112000	300	4	112000	30	4	112000	300	4

(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019a)

Notas: Para efectos de transparencia, todos estos factores de emisión pueden ser verificados en el volumen 2 de las guías del IPCC 2006 en los siguientes cuadros y números de página:



* Fuente: Cuadro 2.2, páginas 2.16 – 2.17

+ Fuente: Cuadro 2.4, páginas 2.20 y 2.21

% Fuente: Cuadro 2.3, páginas 2.18 y 2.19

Fuente: Cuadro 2.5, páginas 2.22 y 2.23

Además, estos cuadros también incluyen los valores máximos y mínimos que cada uno de estos factores de

emisión puede tener de acuerdo con el combustible y sector de consumo. También, para el sector de transformación y para los energéticos Diésel, Fuel oil y Gasolina se utiliza el factor de emisión de 0.6092 ton/MWh que es un factor de emisión específicos para Honduras.

Tal como se puede apreciar, subsectores tales como transformación, comercial, residencial, industrial y construcción son de naturaleza estacionaria. Por otra parte, el subsector transporte ya sea terrestre, aéreo o marítimo se considera como combustión móvil. Además, es de notar que hay algunos subsectores que se contemplan en ambas categorías, un caso es el del subsector agrícola y forestal, requiere combustión estacionaria para alimentar bombas para irrigación y combustión móvil en cuanto al uso de tractores y motosierras, siendo necesario entonces, definir con cuidado las actividades y factores de emisión a utilizar.

Cuadro 2. Factores de emisión utilizados para consumo de energía bajo la categoría de combustión móvil

Energético/subsector	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Transporte terrestre			
<i>Biocombustibles</i>	18 ⁺	-	-
<i>Diésel</i>	74100 [*]	3.9 ⁺	3.9 ⁺
<i>Gasolina vehículos sin control</i>	69300 [*]	33 ⁺	3.2 ⁺
<i>Gasolina vehículos oxidación catalítica</i>	69300 [*]	25 ⁺	8 ⁺
<i>GLP</i>	63100 [*]	62 ⁺	0.2 ⁺
<i>Kerosene</i>	71900 [*]		
Transporte off-road			
<i>Agricultura - Gasolina[#]</i>	69300	80	2
<i>Bosque - Gasolina[#]</i>	69300	-	-
<i>Agricultura - Diésel[#]</i>	74100	4.15	28.6
<i>Bosque - Diésel[#]</i>	74100	4.15	28.6
Navegación			
<i>Gasolina</i>	69300 ^{&}	7 [@]	2 [@]
<i>Kerosene</i>	71900 ^{&}	7 [@]	2 [@]
<i>Diésel</i>	74100 ^{&}	7 [@]	2 [@]
<i>GLP</i>	63100 ^{&}	7 [@]	2 [@]
Aviación			
<i>AV Jet</i>	70000 [^]	0.5 [§]	2 [§]

(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019a)

Notas: Para efectos de transparencia, todos estos factores de emisión pueden ser verificados en el volumen 2 de las guías del IPCC 2006 en los siguientes cuadros y números de página:

* Fuente: Cuadro 3.2.1. Pag 3.16

§ Fuente: Cuadro 3.6.5. Página 3.64

+ Fuente: Cuadro 3.2.2. Pag 3.19

Fuente: Cuadro 3.3.1. Página 3.36

& Fuente: Cuadro 3.5.2. Página 3.50

@ Fuente: Cuadro 3.5.3. Página 3.50

^ Fuente: Cuadro 3.6.4. Página 3.64

Además, estos cuadros también incluyen los valores máximos y mínimos que cada uno de estos factores de emisión puede tener de acuerdo con el combustible y sector de consumo.

De acuerdo con las guías del IPCC, los resultados de las emisiones de gases de efecto invernadero para el subsector transporte solo se contabilizan cuando es transporte doméstico (nacional). Por consiguiente, los viajes aéreos o marítimos internacionales no se reportan como emisiones netas del país. No obstante, se reportan como una nota de “memo item” misma que se detalla en el Anexo 1.



También, se excluye de este análisis las emisiones de CO₂ provenientes de la biomasa o biocombustibles, ya que éstas se consideran biogénicas⁵, es decir, que este gas será capturado nuevamente por la biomasa en el ciclo de producción. Sin embargo, los gases no CO₂, tales como CH₄ y N₂O si son considerados como emisiones totales y transformados a CO₂e⁶ para su inclusión y análisis en el inventario nacional. Por consiguiente, aunque estas emisiones de CO₂ no se contabilizan como emisiones netas del país, pero se reporta en el “Memo item” (Anexo 1).

Finalmente, este apartado también cuantifica emisiones evitadas por el desplazamiento del uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad por energías renovables. Para este fin, se utiliza una ponderación de los factores de emisión de combustibles fósiles comúnmente usados en el país para la generación eléctrica. Por supuesto, este apartado no se contabiliza como parte de las emisiones netas del país, estas emisiones evitadas se estiman con fines ilustrativos para resaltar la importancia de diversificar la matriz de generación eléctrica del país y para evidenciar los resultados de los efectos de los esfuerzos colectivos conducidos en el país.

⁵ El único gas de efecto invernadero que puede ser considerado biogénico es el CO₂, ya que es el único capturado desde la atmósfera por los árboles, pasto, cultivos y otros tipos de biomasa. Por consiguiente, las emisiones que no son CO₂, son consideradas como parte de las emisiones totales e incluidas en el reporte final.

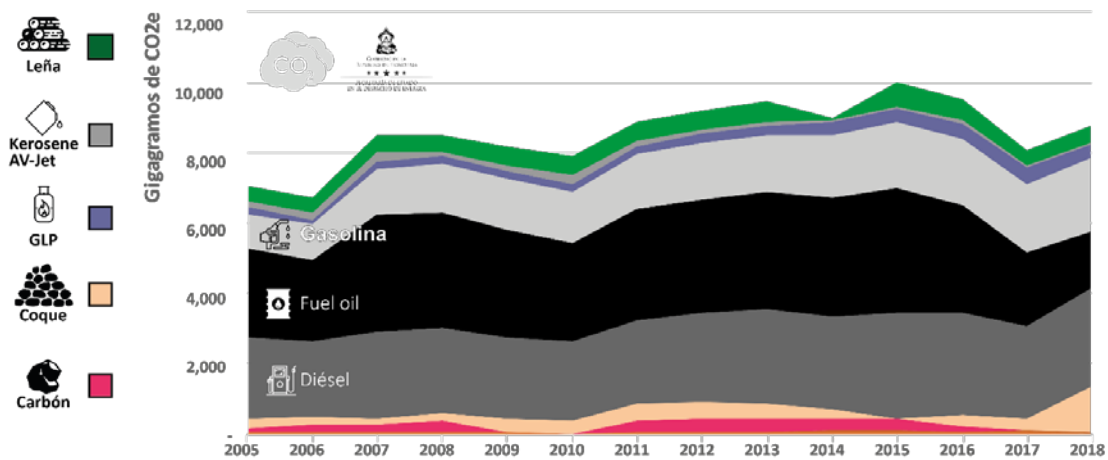
⁶ CO₂e es una unidad de medida desarrollada por el IPCC y la CMNUCC utilizada para comparar diferentes gases de efecto invernadero, utilizando su factor de potencial de calentamiento global. De esta manera, con esta unidad de medida es posible comparar emisiones entre rubros o países



3 Emisiones del sector energía según energético

En este apartado se analizan las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la combustión de energéticos (fósiles y otros), utilizados en diferentes subsectores de consumo. Aproximadamente el 90% de la totalidad de las emisiones del sector energía provienen de la combustión de combustibles fósiles. También, hay utilización energética de otras fuentes, tales como: geotermia, hídrica, solar y eólica; la energía generada con estas fuentes no son consideradas como emisiones, por lo tanto, en el apartado 5 Emisiones evitadas, se analiza la reducción de emisiones ocasionadas por el desplazamiento de la combustión fósil por parte de estas fuentes.

Figura 1. Emisiones totales históricas de gases de efecto invernadero según energético



9

Tal como lo muestra la Figura 1, hasta el 2015 es evidente una marcada tendencia hacia el incremento constante de los gases de efecto invernadero en este sector, partiendo de 7127 gigagramos de CO₂e en 2005, hasta poco más de 10000 gigagramos de CO₂e en el 2015. Sin embargo, a partir de este año es evidente una reducción en las emisiones de este sector. Esta reducción de emisiones es explicada por la diversificación de la matriz energética del país, particularmente el desplazamiento de derivados del petróleo por fuentes renovables. Como resultado de estas acciones, se identifica que en el año 2018 hubo una emisión total estimada de 8962 gigagramos de CO₂e. Esto representa una reducción de más de 1000 gigagramos en un periodo de tres años (2016 – 2018).

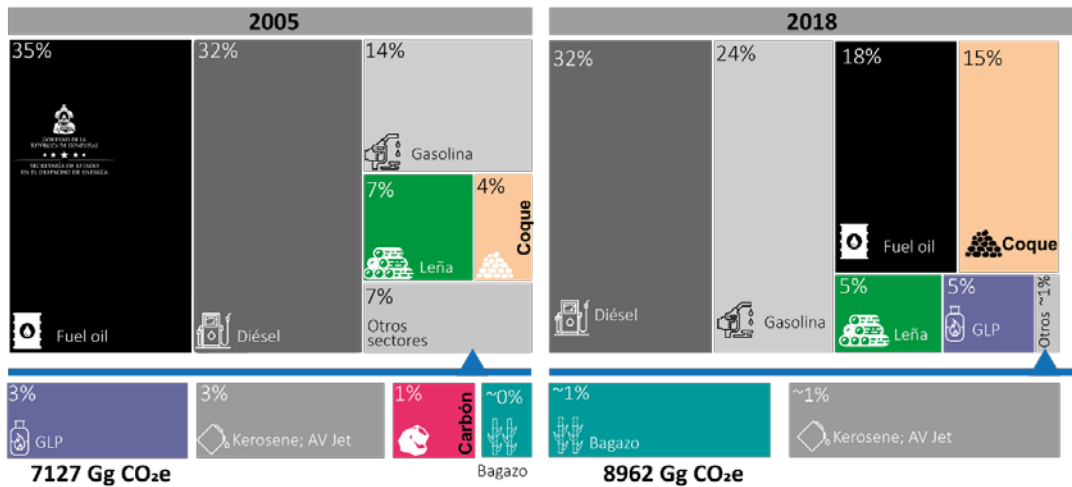
Sin embargo, se nota un quiebre en el año 2017, donde se evidencia que las emisiones en el 2018 incrementaron con respecto al 2017, no obstante, esto no es técnicamente correcto, sino que, en el 2018, se contó con una mejor gestión de la información energética del país en comparación a los años anteriores. Por lo tanto, es probable que la tendencia desde el 2015 se mantenga tal como se refleja en el 2018, sin embargo, esta reducción no ocurre a la misma velocidad que se había contemplado originalmente.



Por otra parte, el análisis histórico muestra que las emisiones provenientes de Fuel oil han disminuido desde el 2005 en un diez por ciento, siendo sustituido por gasolina. Para efectos de cambio climático, aunque sería mejor generar por completo con base en fuentes renovables, esta sustitución es positiva, ya que el Fuel oil emite más gases de efecto invernadero por la misma cantidad de energía generada que la gasolina.

El sector energía considera emisiones provenientes de siete subsectores de consumo: agricultura, comercial, construcción, industria, residencial, transporte y generación eléctrica (transformación). En estos subsectores se agrupan todas las actividades, productivas o no, que consumen energía.

Figura 2. Evolución de emisiones de gases de efecto invernadero según energético 2005 y 2018



Con respecto al consumo de leña, de acuerdo con la Figura 2, se demuestra una reducción ($\approx 2\%$) en las emisiones provenientes de este energético desde el 2005 hasta el 2018. La mayor parte de este energético se consume en los hogares y, es utilizado para la cocción de alimentos, en menor medida se utiliza en la industria, comercio y transformación. Dado que la mayoría de la leña se consume en los hogares a través de tecnologías ineficientes, éste se asocia con la contaminación al interior de los hogares. De acuerdo con la World Health Organization (2006), esta contaminación al interior de los hogares se asocia con muertes infantiles, prematuras y enfermedades cardiopulmonares. Durante el 2018, en el país se identifica la emisión de aproximada 480 Gg de CO₂e que equivalen al 5% de las emisiones totales del sector energía para ese año.

Con respecto a los combustibles fósiles, el Kerosene, AV Jet, Carbón mineral y Coque de petróleo, la serie de tiempo indica que estos energéticos, durante el 2005, representaron poco más del 8% de la totalidad de emisiones de gases de efecto invernadero del país. En contraste, estos mismos energéticos, durante el 2018, contribuyeron aproximadamente con ≈ 1372 Gg de CO₂e, siendo el incremento en el Coque de petróleo el incremento más



significativo en comparación con el 2005. Adicionalmente, los subsectores de consumo donde estos energéticos se utilizan son: transporte, residencial, industrial, comercial y construcción.

Por otra parte, las emisiones del sector energía que provienen de la combustión de gasolina representaron, aproximadamente el 14 % de la totalidad de emisiones de este sector durante el 2005. Sin embargo, se ha identificado que, durante el 2018, este energético ha aumentado sus emisiones hasta un 24%, este incremento obedece principalmente a dos razones: primero al incremento del parque vehicular en el país y, como se mencionó previamente, a la sustitución de Fuel oil para generación de energía eléctrica. Como es de suponer, la mayoría de estas emisiones se generan por el consumo de este energético en el transporte y transformación en energía eléctrica. Sin embargo, una menor parte de este energético también es consumido en el subsector industria, comercial, construcción y agricultura.

En cuanto al Diésel, las emisiones provenientes de la combustión de este combustible se han mantenido en 32% desde el 2005 hasta el 2018. Tal como es de suponer, este energético se consume principalmente en el sector transporte. Esto se debe a que, similar a la gasolina, el transporte público, así como diversos vehículos particulares, utilizan Diésel como principal combustible para funcionar.

Finalmente, en Honduras el Fuel oil es utilizado principalmente en el proceso de generación eléctrica, en menor medida, también se utiliza en industria, construcción y comercial. En la actualidad, las emisiones de este energético representan el 18% del total de emisiones (1598 Gg CO₂e), marcando una clara tendencia hacia la reducción de las emisiones provenientes de este energético en comparación al 2005 (2512 Gg CO₂e).

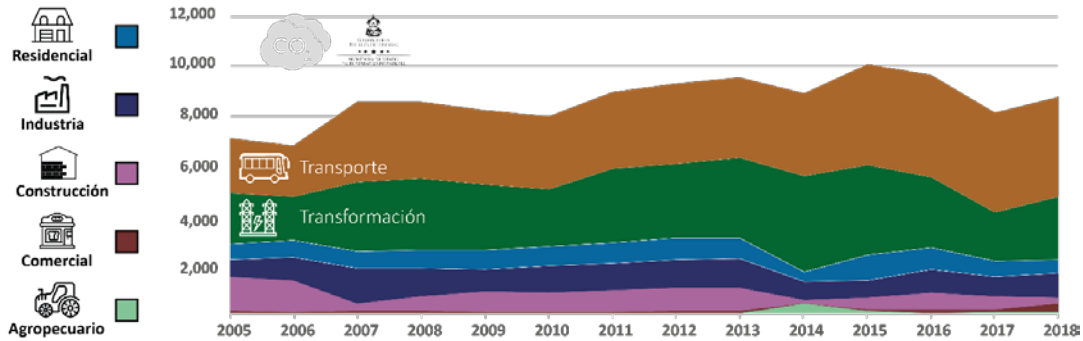
Desde el 2005 hasta el 2015 es evidente una tendencia hacia el incremento de las emisiones proveniente de la combustión de este combustible. Sin embargo, a partir del 2015 hasta la actualidad se denota un cambio de esta tendencia, pasando hacia una reducción marcada en la reducción de emisiones. Este cambio es particularmente evidente en el sector de generación eléctrica.



4 Emisiones del sector energía según sectores de consumo

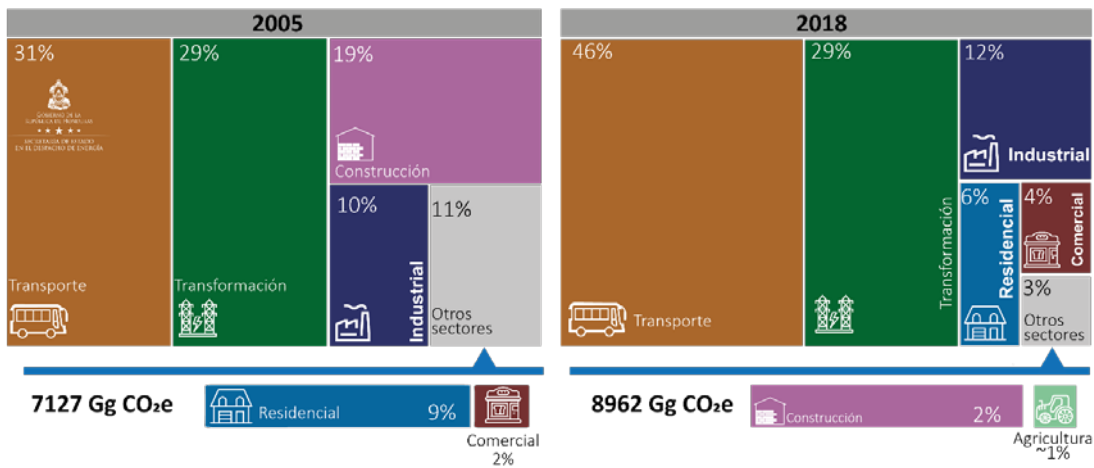
Tal como se mencionó previamente, los sectores en los que se consume la energía son siete: agricultura, comercial, industrial, residencial, transporte, construcción y transformación. De estos sectores, los que más contribuyen con las emisiones de gases de efecto invernadero son: transporte y transformación en electricidad⁷ (Figura 3).

Figura 3. Emisiones totales de gases de efecto invernadero según subsector de consumo



Cada uno de estos sectores es dinámico y cambia según las exigencias del mercado, en este sentido, las emisiones de éstos también fluctúan a través del tiempo. En este sentido, la Figura 4 muestra la proporción de emisiones de gases de efecto invernadero en el 2005 y 2018.

Figura 4. Evolución de emisiones de gases de efecto invernadero según sector de consumo 2005 y 2018



Es en esta figura, donde se aprecia que el sector de transformación mantiene la misma participación relativa desde el 2005 en comparación con el 2018. En términos absolutos, las emisiones en este sector han aumentado de 2091 a 2567 Gg de CO₂e en estos años, sin

⁷ Para fines de este capítulo, las emisiones provenientes de la generación eléctrica se agregan como un sector de consumo, sus factores de emisión específicos para cada energético. No obstante, debido a falta de información no considera la posible eficiencia de diferentes tecnologías.

embargo, este incremento es poco en comparación a las emisiones totales del sector energía. Parcialmente, esto se explica por la reducción en la generación eléctrica a partir de Fuel oil y por el incremento en el Diésel y Coque de Petróleo para esta generación. Por otra parte, en este sector el Fuel oil es el energético que más emisiones genera, además, desde el 2005 hasta el 2014 hay una clara tendencia hacia el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo, a partir de este año, se evidencia una tendencia hacia la reducción de emisiones en este sector, misma que aún se mantiene en la actualidad.

Por otra parte, el sector industrial muestra un crecimiento moderado entre el 2005 10% (700 Gg de CO₂e) y el 2018 12% (1012 Gg de CO₂e). Además, en este sector los energéticos que mayores emisiones tienen son Fuel oil y Diésel.

De manera similar al sector industrial, el sector comercial también muestra un incremento leve 2% (140 Gg de CO₂e) en el 2005 y 4% (360 Gg de CO₂e) en el 2018. En este sector se reporta que los energéticos de mayor consumo son el GLP y, a partir del 2014, la leña. Este es uno de los sectores de consumo que presentan más variabilidad en cuanto a sus emisiones interanuales. Por consiguiente, la DNPEPES verificará la información con las instituciones correspondientes para cerciorarse que esta variabilidad es correcta y no ocasionada por errores de información. En caso de no encontrar información suficiente, entonces se procederá a utilizar las técnicas de interpolación sugeridas por el IPCC.

13

El sector que ha mostrado mayor incremento es el transporte, que ha aumentado de representar el 31% (2203 Gg de CO₂e) en el 2005 a 46% (4057 Gg de CO₂e) en el 2018. Por lo tanto, en la actualidad, prácticamente la mitad de las emisiones que provienen del sector energía en el país son emitidas por el transporte, ya sea público y privado. En este sector de consumo, son el Diésel y las Gasolinas los energéticos que reportan la mayor cantidad de emisiones en este sector.

En contraste, el sector residencial ha disminuido la cantidad de emisiones generadas, de 9% (643 Gg de CO₂e) en el 2005 a 6% (549 Gg de CO₂e) en el 2018. Esta reducción es parcialmente explicada por una mejora en la eficiencia energética en equipos y tecnología, así como los esfuerzos del Estado y otros actores por reducir el consumo de leña en este sector. Además, en este sector los energéticos que reportan mayores emisiones son la Leña y el GLP, evidenciando una clara tendencia hacia el incremento de las emisiones desde el 2005, alcanzando su valor máximo en el 2015 excediendo la barrera de los mil gigagramos de CO₂e. A partir del 2015, comienza un proceso de reducción de las emisiones en este sector, tendencia que se ha mantenido en la actualidad.

En cuanto al sector de construcción, los energéticos que más emisiones proveen son Diésel y Gasolinas. Durante el 2018, se cuantifican 234 gigagramos de CO₂e emitidas por este sector. Similar que, con otros sectores de consumo, las actividades de construcción evidencian una marcada tendencia hacia la reducción de emisiones.



Con respecto al sector agrícola, es uno de los más dispersos a nivel nacional y, esta dispersión hace que la recolección de información sea compleja. En consecuencia, previo al 2015 no existía información sobre la cantidad y tipo de energía consumida por este sector. Durante el 2018, se cuantifica una emisión de 43 gigagramos de CO₂e provenientes de este subsector, siendo el Diésel el energético que más emite en este sector, parcialmente se debe al uso de maquinaria especializada para cultivos y cosechas, así como el funcionamiento de motores para irrigación.



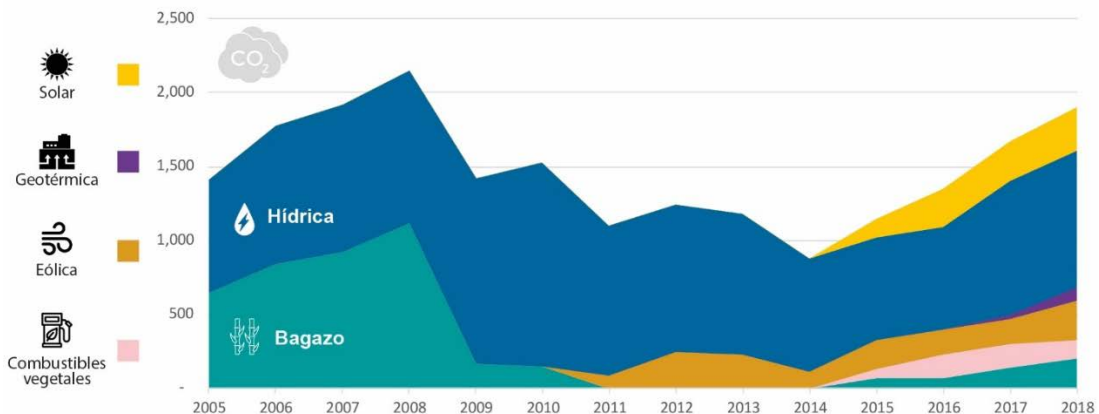
5 Emisiones evitadas

Este apartado analiza las emisiones evitadas como resultado del fomento de las energías renovables para la generación eléctrica y desplazar la combustión de combustibles fósiles para la generación de este energético. Por lo tanto, este apartado ilustra cómo los esfuerzos del Estado han conducido hacia una reducción sostenida de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energía. No obstante, esta reducción de emisiones ya se ha considerado en las emisiones históricas discutidas en los apartados anteriores, por lo tanto, todos los datos discutidos en este apartado no son contabilizadas de en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. Por consiguiente, este apartado tiene una **finalidad ilustrativa y no afecta los cálculos y estimaciones desarrolladas previamente**.

Esta reducción sostenida de las emisiones ha sido incentivada por el Estado a través de diversas leyes, tales como la Ley General de la Industria Eléctrica y la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables y sus reformas, entre otras. Como resultado, la matriz energética se ha diversificado con la inclusión de generación eólica, solar y geotérmica. Al mismo tiempo, la generación hídrica se ha incrementado, siendo en la actualidad la fuente de generación eléctrica renovable más importante del país.

Para cuantificar estas emisiones, se utilizó un promedio ponderado de los factores de emisión acorde con los combustibles fósiles utilizados para generación eléctrica: Fuel oil, Diésel, Coque de petróleo, Kerosene y Gasolinas. Este factor de emisión es multiplicado por la cantidad de combustible fósil que es dejado de utilizar por estas fuentes renovables.

Figura 5. Emisiones de gases de efecto invernadero evitadas



Tal como se aprecia en la Figura 5, históricamente, la mayor cantidad de emisiones evitadas se reportan en el 2008 con más de dos mil gigagramos de CO₂e. Sin embargo, estas emisiones evitadas dependieron únicamente de dos energéticos: hidroenergía y bagazo. En ambos casos, son energéticos fluctuantes, es decir que dependen de factores externos tales como la producción de caña de azúcar, temperaturas y lluvias. Por lo tanto, si a esta situación se agrega que el cambio climático ha evidenciado modificación de los patrones de temperaturas y



lluvias, afectando, de esta manera, la potencial producción energética generada por estos energéticos. Las fluctuaciones ocasionadas por el cambio y variabilidad climática, así como el incremento en la demanda energética del sector industrial a partir del 2008 generaron una reducción sostenida en las emisiones evitadas para el periodo 2008 – 2014, pasando de más de 2000 Gg de CO₂e, hasta menos de 900 Gg de CO₂e, este cambio refleja una reducción del más de la mitad en emisiones evitadas en un periodo de siete años.

En vista de esta situación, el Estado de Honduras ha diseñado y aprobado leyes, estrategias e incentivos que fomentan la generación eléctrica a través de energías renovables. Como resultado, a partir del 2010 se inicia la participación de energía eólica, en el 2014 inicia la generación eléctrica a partir de biocombustibles y fotovoltaica. Finalmente, a partir del 2016 se comienza la generación eléctrica a partir de geotermia. En la actualidad, a raíz de esta diversificación, se han incrementado de forma sostenida las emisiones evitadas hasta aproximadamente 1700 gigagramos de CO₂e, representando así, un incremento aproximado al doble en comparación al 2014. Además, la tendencia en el incremento de emisiones evitadas es constante desde el 2014, por lo que se espera que, en próximos años, estas emisiones evitadas incrementen en la misma medida.

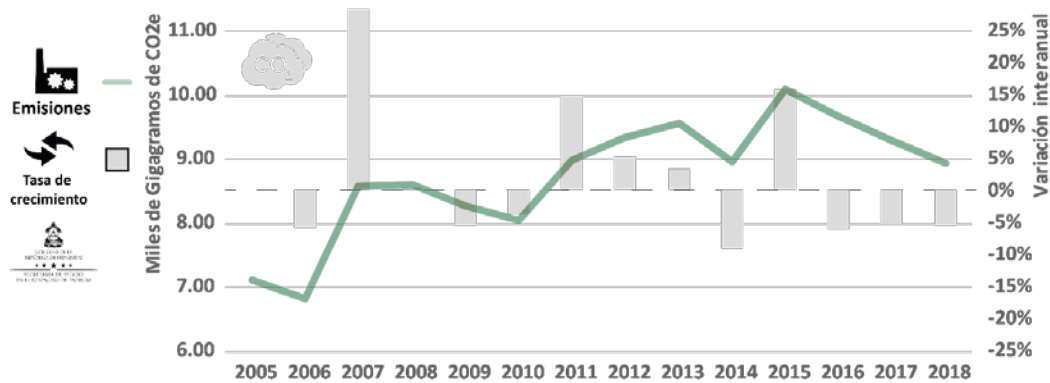
De esta manera, el Estado de Honduras enfoca sus esfuerzos no solo hacia la reducción sostenida de las emisiones de gases de efecto invernadero, cumpliendo así con los compromisos del país ante el Acuerdo de París, sino que también estos esfuerzos representan avances con respecto al cumplimiento de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible.



6 Emisiones totales del sector energía en Honduras

Desde el 2005 se identifica una clara tendencia hacia el incremento de las emisiones de efecto invernadero, alcanzando su máximo histórico en el 2015, superando la barrera de los 10 mil gigagramos de CO₂e. Sin embargo, a partir de ese año, es claro un proceso de reducción en las emisiones generadas por este sector. Se estima que durante el año 2018 se emitieron 8800 Gg de CO₂e. Además, al finalizar el 2018, se identifica una reducción del 13% de las emisiones de este sector en comparación al 2015 (Figura 6).

Figura 6. Emisiones históricas de GEI del sector energía 2005 – 2018



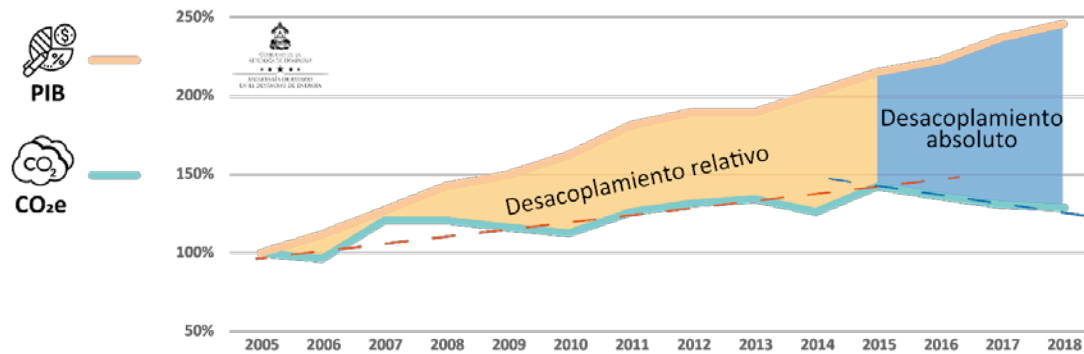
17

Por otra parte, de acuerdo con The World Bank (2019), las emisiones de gases de efecto invernadero están íntimamente asociadas con el crecimiento económico y con las actividades productivas de un país, por consiguiente, es clave desarrollar políticas e incentivos que “desacoplen” el crecimiento económico de un país y sus emisiones de gases de efecto invernadero. De manera tal que, se promueva el crecimiento de la economía y una mejora sostenible de los medios de vida, al mismo tiempo que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por lo tanto, uno de los indicadores más utilizados a nivel internacional para identificar el crecimiento económico de un país es el Producto Interno Bruto que, en este caso, se asocia con la variación en las emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, la Figura 7 muestra la relación entre el PIB y las emisiones de CO₂e. Para hacer esta comparación, se utiliza como base el año 2005 y, a partir de este año, se cuantifica el crecimiento porcentual anual del PIB y de las emisiones. Como resultado de este proceso es posible identificar las tendencias en el crecimiento de ambas variables en términos relativos.



Figura 7. Crecimiento del PIB y de emisiones de CO₂e para el periodo 2005 – 2018



En este caso particular y a manera general, es evidente que el PIB en Honduras tiene un crecimiento positivo pronunciado. Similar que el PIB, las emisiones hasta el 2015 muestran un incremento sostenido a través del tiempo (línea punteada naranja), sin embargo, la tendencia no es tan pronunciada como en el caso del PIB. Esta diferencia en las tendencias, muestra que hasta el 2015, en términos generales, existe lo que se conoce como “*desacoplamiento relativo*”, es decir que, tanto el PIB como las emisiones crecen pero no a la misma velocidad (Sustainable Energy Authority of Ireland, 2018).

No obstante, desde el 2015 hasta la actualidad (línea punteada azul), es evidente una tendencia hacia la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, esto a pesar de que el PIB ha mantenido su crecimiento. Acorde con la literatura, a este efecto se le conoce como “*desacoplamiento absoluto*” (Sustainable Energy Authority of Ireland, 2018).

Esta situación demuestra los esfuerzos integrales e incluyentes sostenidos por el Estado, cooperación internacional, empresas privadas y academia para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero sin detrimento de la mejora sostenible de la economía del país.

De acuerdo con el crecimiento en la demanda energética y los escenarios eléctricos provistos por el Operador del Sistema y la Secretaría de Energía, así como otros esfuerzos como la reducción del consumo de leña a nivel residencial, mejora y fortalecimiento de la eficiencia energética, así como diversas iniciativas enfocadas en el cumplimiento de la Agenda 2030 y el Acuerdo de París, es probable que en el futuro se mantenga esta tendencia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el país, manteniendo así su efecto de desacoplamiento absoluto logrado desde el 2016.



6.1 Análisis estocástico de las emisiones del sector energía en Honduras

Hasta este momento, las emisiones de gases de efecto invernadero han sido estimadas siguiendo procedimiento estándar del IPCC y, bajo un enfoque determinístico. Este mismo método de análisis es el que utiliza la mayoría de los países en vías de desarrollo para elaborar y someter sus comunicaciones nacionales y los informes bianuales de actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés).

Sin embargo, tal como lo menciona el Intergovernmental Panel on Climate Change (2019b), es necesario analizar la incertidumbre en el proceso de estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional. Esto es un aspecto clave a considerar, ya que, los factores de emisión utilizados en la metodología *Tier 1* del IPCC, no fueron desarrollados en Honduras y, por consiguiente, tienen errores que deben ser tomados en cuenta al momento del análisis. En consecuencia, la Secretaría de Energía ha desarrollado una simulación Monte Carlo para considerar el error asociado con cada factor de emisión. El Intergovernmental Panel on Climate Change (2019b) publica valores de factores de emisión, incluyendo intervalos con valores mínimos y máximos para cada factor en cuestión.

La simulación de Monte Carlo es un método matemático ampliamente utilizado a nivel internacional para desarrollar optimizaciones, pronósticos y análisis de incertidumbre, entre otros. Este método ha sido utilizado en ciencias médicas, sociales y económicas, por supuesto este método también ha sido utilizado en investigaciones energéticas (Arnold & Yildiz, 2015; Baležentis & Streimikiene, 2017; Dufo-López, Pérez-Cebollada, Bernal-Agustín, & Martínez-Ruiz, 2016). De manera gráfica, el proceso que desarrolla la simulación de Monte Carlo se aprecia en la Figura 8.

Para utilizar este método es necesario conocer ciertas características propias de los factores de emisión, en este caso, la Secretaría de Energía utiliza algunos supuestos para desarrollar esta simulación:

- a) Todos los factores de emisión tienen una distribución triangular, donde el valor más probable, que es el factor de emisión comúnmente utilizado por todos los países para sus cálculos, es utilizado como la moda. Además, los valores máximos y mínimos los provee el IPCC en sus diferentes publicaciones⁸. Al ser el valor probable utilizado como moda en la distribución triangular, se logra que los valores orbiten alrededor de éste. Se decide utilizar esta distribución ya que no se cuenta con información suficiente como para aplicar otro tipo de distribuciones (normal, beta o PERT, entre otras)
- b) En la literatura actual, no hay un consenso de cuántas iteraciones son necesarias para lograr un reflejo apegado a la realidad de los países. Sin embargo, si se sabe que entre

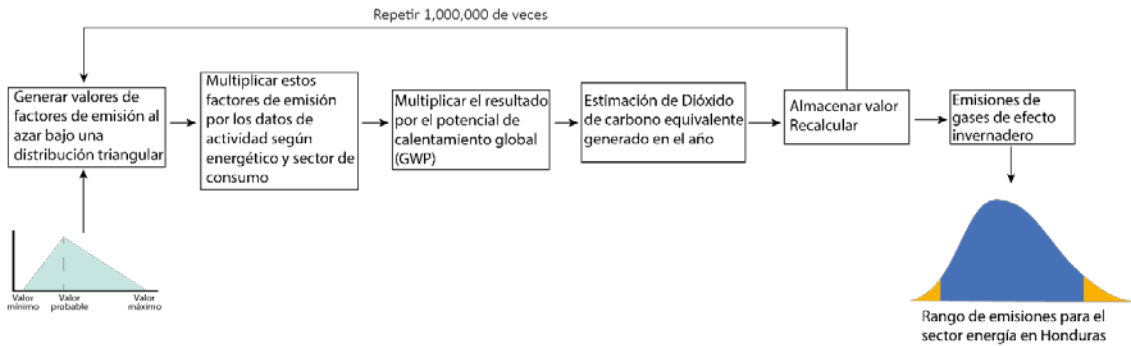
⁸ Los números de los cuadros y números de páginas donde esta información se encuentra son mencionados en la sección de metodología de este documento



más iteraciones se desarrollen, mayor será la fidelidad de la simulación. Por lo tanto, esta simulación se condujo con un millón de iteraciones (*trials*). Es probable que esta cantidad sea más que suficiente para un país relativamente pequeño como Honduras, pero la Secretaría de Energía, apegada con la literatura científica, ha decidido reducir el posible error generado a su mínima expresión a través de la conducción de esta cantidad de iteraciones.

En palabras simples, lo que la simulación de Monte Carlo hace es que, por cada iteración, genera valores al azar para cada factor de emisión, basándose en la distribución asignada para cada uno de éstos, así como sus valores, mínimo, máximo y valor más probable. Con el cambio en cada factor de emisión se genera un cambio en la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero que, en este caso, son emitidos por el sector energía. Luego, esta acción es repetida la cantidad de veces que sea necesario para obtener información de las emisiones totales del país, establecer intervalos de confianza y certeza sobre las emisiones del sector. Por lo tanto, tal como se explicó previamente, esta Secretaría condujo un total de un millón de iteraciones, que son suficientes para generar una distribución sobre el comportamiento de las emisiones totales de este sector, considerando la incertidumbre asociada con cada factor de emisión y posibles errores en la metodología.

Figura 8. Ilustración simple de la simulación Monte Carlo conducida



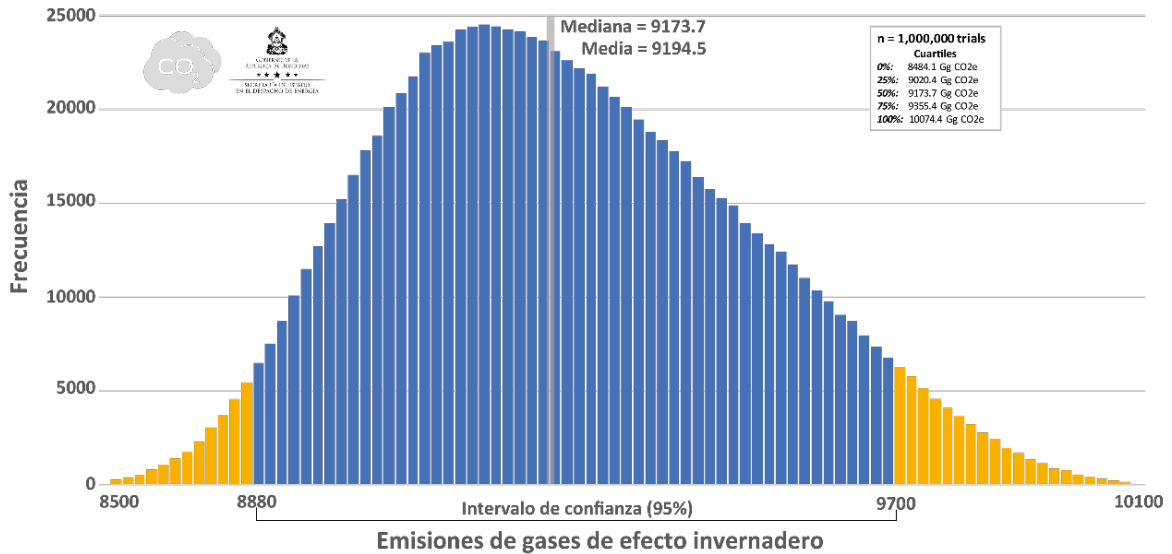
De este proceso de simulación, se obtienen dos resultados básicos, el primero de éstos es la construcción de una función de densidad de probabilidad que, muestra el comportamiento probable de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector energía en Honduras (Figura 9).

Dado este primer resultado, es posible comparar los resultados de esta función de densidad de probabilidad con respecto al valor calculado previamente. Es en tal sentido que, el apartado anterior muestra que las emisiones del sector energía en Honduras es de 8962 Gg de CO₂e, sin embargo, tal como se refleja en la figura anterior, la probabilidad que las emisiones del país realmente sean iguales a este monto es inferior al 5%. Por otra parte, como primer resultado de la simulación, se estima con un 95% de certeza que las emisiones del sector energético oscilan en un rango entre 8794 – 9678 Gg de CO₂e, donde, el valor más probable oscila entre 9170 - 9195 Gg de CO₂e. Esto representa una diferencia de al menos



200 Gg de CO₂e con respecto al valor inicial, demostrando así la importancia de considerar la incertidumbre en el proceso de cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero⁹.

Figura 9. Función de densidad de probabilidad de emisiones de gases de efecto invernadero del sector energía



El segundo resultado de esta simulación es el análisis de sensibilidad, que indica cuáles son los factores de emisión que más variabilidad aportan a la simulación. Este análisis está influenciado no solo por los factores de emisión, sino que también por la cantidad de energía generada y/o consumida por cada energético y sector de consumo en cuestión.

21

En este sentido, de acuerdo con la Figura 10, el factor de emisión que aporta más a la varianza capturada por la simulación Monte Carlo es la emisión de CH₄ y N₂O por parte de la combustión de leña en el sector residencial (~85% del total de variabilidad calculado por la simulación). Sin duda alguna, esto se debe a la cantidad de leña que es consumida anualmente en los hogares del país. Por consiguiente, esta variable está íntimamente relacionado con la meta de reducción del 39% consumo de leña residencial establecida en la NDC de Honduras, remitida a la CMNUCC en el 2015.

Por otra parte, poco menos del 15% de la variabilidad capturada por el modelo está explicada por seis factores de emisión: CO₂ proveniente de la generación eléctrica a partir del Coque de Petróleo, N₂O y CO₂ proveniente del uso de Gasolinas en el sector Transporte, CO₂ proveniente del uso de Coque de Petróleo en la Industria y el N₂O proveniente de la quema de Bagazo en la industria.

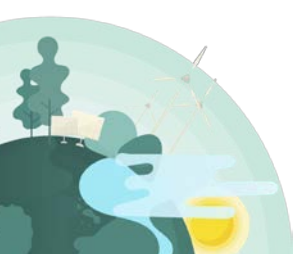
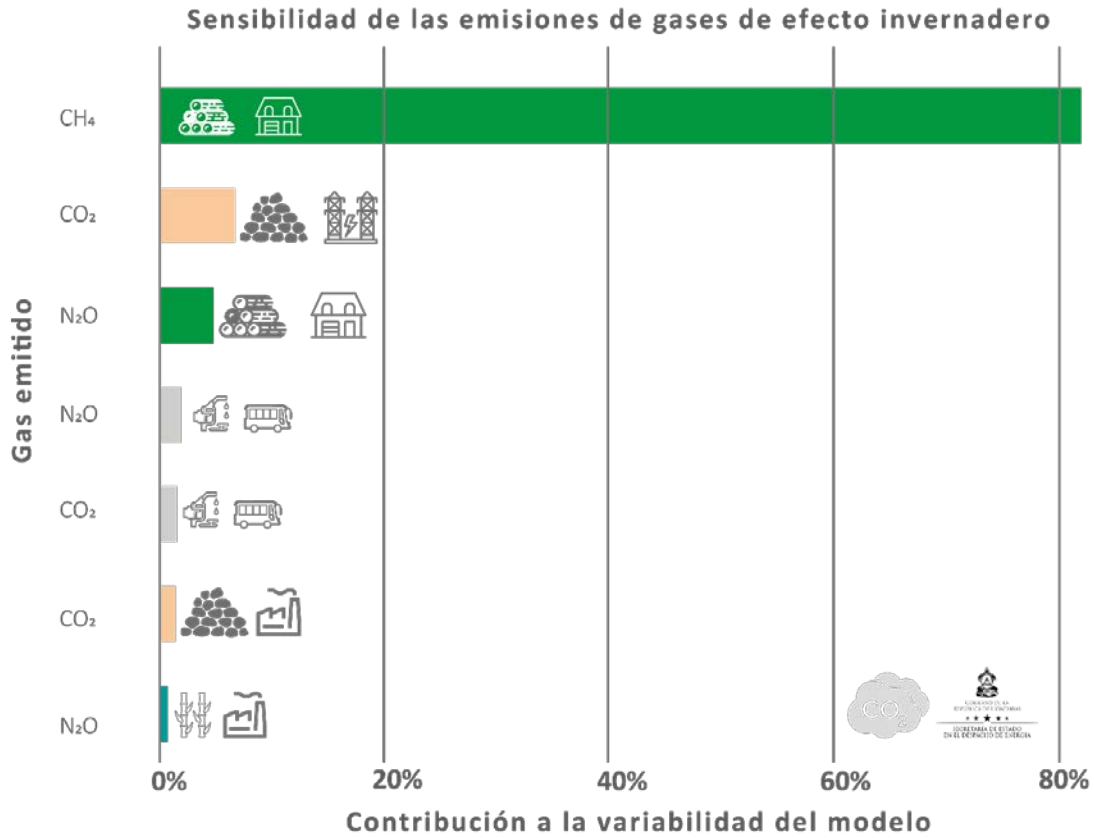
Como resultado de este análisis de la variabilidad del modelo, se estima que, a medida se cumpla con el cumplimiento de la NDC del país, de manera paralela, también se reducirá la

⁹ En el caso del sector Energía, el incremento en las emisiones luego de la simulación Monte Carlo no es tan grande, sin embargo, en otros sectores cuya incertidumbre es mayor, por ejemplos LULUCF, desarrollar este tipo de simulaciones es clave.



variabilidad total del modelo, obteniendo así, estimaciones de gases de efecto invernadero con menor volatilidad.

Figura 10. Análisis de sensibilidad de los factores de emisión utilizados



7 Vinculación del sector energía con la NDC y Agenda 2030 en Honduras

La NDC sometida por Honduras ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC), tiene tres metas: a) reducción del 15% de las emisiones totales del país; b) reducción del 39% en el consumo de leña y; c) forestación y reforestación de un millón de hectáreas a nivel nacional. Sin embargo, esta NDC está en proceso de revisión y se espera, en el primer semestre del 2020, enviar a la UNFCCC una versión mejorada y con una ambición fortalecida con respecto a la reducción de emisiones en el país hasta el 2030.

Para el cumplimiento de esta NDC, el rol que juega la Secretaría de Energía es crucial ya que, el consumo de leña a nivel nacional es utilizado, en su mayoría, para la generación energética destinada a la cocción de alimentos en el hogar y, por consiguiente, los esfuerzos de esta Secretaría para alcanzar la reducción del 39% de leña es vital. Al mismo tiempo, al ser uno de los sectores que más emiten en el país, es clave trabajar con este sector para alcanzar la meta de la reducción del 15% de emisiones con respecto al escenario “*Business as usual*” (BAU) del país.

También, la SEN además de combatir el cambio climático, tiene su vista puesta en conducir esfuerzos para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). En este sentido, la energía se vincula directamente con el objetivo 7: asegurar acceso energía sostenible, moderna, confiable y asequible para todos. No obstante, a pesar de su íntima relación con el objetivo mencionado, este sector también tiene relación indirecta con otros 13 objetivos de las ODS. De esta manera, el sector energía se vincula directa e indirectamente con 14 de los 17 objetivos de desarrollo sostenible.

En este sentido, la SEN está desarrollando diversas iniciativas que se enmarcan en el cumplimiento de ambas agendas, tanto de ODS como del Acuerdo de París, en el corto, mediano y largo plazo. Entre estas iniciativas destacan: diseñar y construir una política energética sectorial que permita el desarrollo inclusivo y sostenible del sector energía; incrementar la cobertura y acceso a la energía eléctrica; mejorar la eficiencia energética, tanto a nivel público como residencial; introducción de combustibles bajos en azufre y; sustitución de energéticos tradicionales por energéticos más limpios, entre otras.

Brevemente, el sector energía se vincula con los objetivos de desarrollo sostenible de la siguiente manera:

- a) **Diseñar y construir una política energética sectorial:** dado que esta política busca dar los lineamientos básicos para orientar el desarrollo sostenible, integral e inclusivo del sector energía en Honduras, este objetivo se asocia con las siguientes metas: ODS 9. Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación; ODS 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles y; ODS 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.



- b) **Mejorar la eficiencia del sector público y residencial:** en esta iniciativa la SEN está promoviendo la sustitución hacia combustibles más limpios, uso y adopción y de ecofogones y sustitución de bombillos LED para reducir consumo energético en las horas de mayor demanda. En este sentido, de esta iniciativa se derivan acciones y externalidades que influyen en diversas metas de los ODS: ODS 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades; Meta 4. Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos; ODS 5. Lograr la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas y; ODS 6. Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos.
- c) **Promover y mejorar el acceso y cobertura eléctrica:** esta iniciativa se refiere a conducir esfuerzos para facilitar acceso de energía eléctrica a todos los rincones del país. Por consiguiente, esta iniciativa se asocia con las siguientes metas: ODS 1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo; ODS 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible; ODS 6. Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos; ODS 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos; ODS 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles; ODS 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una ordenación sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica y; ODS 17. Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.
- d) **Fomentar la transición hacia energías más limpias:** esta iniciativa busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como para reducir la presión sobre los ecosistemas terrestres y la provisión de servicios ecosistémicos. Esta iniciativa de la SEN se correlaciona con las metas siguientes: ODS 9. Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación; ODS 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles y; ODS 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una ordenación sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.

8 Literatura citada

- Arnold, U., & Yildiz, Ö. (2015). Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures - A Monte Carlo Simulation approach. *Renewable Energy*, 77(1), 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.059>
- Baležentis, T., & Streimikiene, D. (2017). Multi-criteria ranking of energy generation scenarios with Monte Carlo simulation. *Applied Energy*, 185(January), 862–871. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.10.085>
- Dufo-López, R., Pérez-Cebollada, E., Bernal-Agustín, J. L., & Martínez-Ruiz, I. (2016). Optimisation of energy supply at off-grid healthcare facilities using Monte Carlo simulation. *Energy Conversion and Management*, 113, 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.01.057>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019a). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Geneva, Switzerland.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019b). *Guidelines for Greenhouse Gases National Inventories*. Geneva, Switzerland.
- IPCC. (2014). *AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Geneva, Switzerland.
- Le Quéré, C., Andrew, R. M., Friedlingstein, P., Sitch, S., Hauck, J., Pongratz, J., ... Zheng, B. (2018). Global Carbon Budget 2018. *Earth System Science Data*, 10(4), 2141–2194. <https://doi.org/10.5194/essd-10-2141-2018>
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente. (2019). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2015*. Tegucigalpa, Honduras.
- Sustainable Energy Authority of Ireland. (2018). *CO2 Emissions in Sustainable Energy Authority of Ireland. Energy related emissions - ireland*. Dublin, Ireland.
- The World Bank. (2019). World Bank Open Data. Retrieved October 4, 2019, from <https://data.worldbank.org/>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2011). *Fact sheet: Climate change science*. Bonn, Germany. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9388.1992.tb00046.x>
- World Health Organization. (2006). *Fuel for life: Household Energy and Health*. Paris, France. Retrieved from <http://www.who.int/indoorair/publications/fuelforlife.pdf>



Anexo 1. Elementos informativos

Emisiones (Gg)	2005				2006				2007				2008							
	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e				
Ítems de Memo																				
Bunkers internacionales	7.07	0.00	0.00	7.07	29.18	0.00	0.00	29.18	18.49	0.00	0.00	18.49	96.29	0.00	0.00	96.29				
1.A.3.a.i - Aviación internacional	7.07	0.00	0.00	7.07	29.18	0.00	0.00	29.18	18.49	0.00	0.00	18.49	96.29	0.00	0.00	96.29				
1.A.3.d.i - Navegación internacional				-				-				-				-				-
CO ₂ proveniente de la combustión de biomasa para fines energéticos	7,938			7,938	8,387			8,387	8,971			8,971	8,808			8,808				
Emisiones (Gg)	2009				2010				2011				2012							
Categorías	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e				
Ítems de Memo																				
Bunkers internacionales	89.16	0.00	0.00	89.16	4.35	0.00	0.00	4.35	116.75	0.00	0.00	116.75	114.39	0.00	0.00	114.39				
1.A.3.a.i - Aviación internacional	89.16	0.00	0.00	89.16	1.98	0.00	0.00	1.98	114.82	0.00	0.00	114.82	112.78	0.00	0.00	112.78				
1.A.3.d.i - Navegación internacional				-	2.37	0.00	0.00	2.37	1.92	0.00	0.00	1.92	1.61	0.00	0.00	1.61				
CO ₂ proveniente de la combustión de biomasa para fines energéticos	8,774			8,774	8,861			8,861	10,034			10,034	10,548			10,548				
Emisiones (Gg)	2013				2014				2015				2016				2017			
Categorías	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2	CH4	N2O	CO2e
Ítems de Memo																				
Bunkers internacionales	112.62	0.00	0.00	112.62	149.44	0.00	0.00	149.44	190.55	0.00	0.01	190.55	236.39	0.01	0.01	236.39	372.76	0.02	0.01	372.76
1.A.3.a.i - Aviación internacional	111.55	0.00	0.00	111.55	148.84	0.00	0.00	148.84	171.45	0.00	0.00	171.45	127.76	0.00	0.00	127.76	152.90	0.00	0.00	152.90
1.A.3.d.i - Navegación internacional	1.07	0.00	0.00	1.07	0.60	0.00	0.00	0.60	19.10	0.00	0.00	19.10	108.63	0.01	0.00	108.63	219.86	0.02	0.01	219.86
CO ₂ proveniente de la combustión de biomasa para fines energéticos	10,364			10,364	4,367			4,367	11,214			11,214	11,121			11,121	9,022			9,022

Emisiones (Gg)	2018			
Categorías	CO2	CH4	N2O	CO2e
Ítems de Memo				
Bunkers internacionales	249.96	0.01	0.01	252.1
1.A.3.a.i - Aviación internacional	150.97	0.00	0.00	152.1
1.A.3.d.i - Navegación internacional	99.00	0.01	0.00	100.04
CO ₂ proveniente de la combustión de biomasa para fines energéticos	9,667.81			9,667.8

