

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“EVALUACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL  
DESARROLLO DEL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE  
EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR INDUSTRIAL”**

Presentada por:

**María del Carmen Paloma Oviedo Rodríguez**

Trabajo monográfico para optar el Título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Lima – Perú

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“EVALUACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL  
DESARROLLO DEL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE  
EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR INDUSTRIAL”**

Presentada por

**María del Carmen Paloma Oviedo Rodríguez**

Trabajo monográfico para optar el Título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

---

Ph. D. Sergio Pacsi Valdivia  
Presidente

---

Mg. Sc. Víctor Miyashiro Kiyán  
Miembro

---

Dra. Rosemary Vela Cardich  
Miembro

---

Mg. Sc. Armando Aramayo Bazzetti  
Asesor

*A mí, a todos y a nadie.*

## ÍNDICE GENERAL

ACRÓNIMOS Y SIGLAS .....	vi
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO PROBLEMA GLOBAL.....	3
2.1.1 Los gases de efecto invernadero y el calentamiento global .....	3
2.1.2 El cambio climático y sus impactos .....	4
2.1.3 Las respuestas frente al cambio climático .....	5
2.2 EL CONTEXTO INTERNACIONAL.....	6
2.2.1 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático .....	6
2.2.2 El Acuerdo de París .....	8
2.2.3 El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático .....	8
2.3 EL CONTEXTO NACIONAL .....	9
2.3.1 La Política Nacional del Ambiente .....	9
2.3.2 La Estrategia Nacional de Cambio Climático .....	10
2.3.3 Los compromisos asumidos por el Perú ante la CMNUCC .....	11
2.3.4 El Infocarbono .....	12
2.4 LOS INVENTARIOS NACIONALES DE GEI.....	14
2.4.1 Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero .....	14
2.4.2 Las directrices del IPCC para la elaboración de los INGEI .....	16
2.5 LAS DIRECTRICES DEL IPCC.....	17
2.5.1 El alcance de las GL2006 .....	17
2.5.2 Marco conceptual para la estimación de las emisiones de GEI .....	20
2.5.3 Metodología base de estimación de GEI .....	22
2.5.4 El alcance del sector Procesos Industriales y Uso de Productos .....	23
2.6 LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PERÚ .....	26
2.6.1 Las emisiones nacionales de GEI .....	26
2.6.2 Las emisiones de GEI del sector PIUP .....	28
2.6.3 La industria peruana y sus emisiones en el sector Procesos Industriales y Uso de Productos .....	29

III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
3.1 MATERIALES .....	31
3.2 MÉTODOS .....	31
IV. DESARROLLO DEL TEMA Y DISCUSIÓN .....	33
4.1 EVALUACIÓN DEL ALCANCE DE LAS METODOLOGÍAS DE LAS GL2006 PARA EL SECTOR PIUP .....	33
4.2 EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE LAS GL2006 EN EL SECTOR PIUP DEL INGEI 2012 DE PERÚ .....	37
4.3 COMPARACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS GL2006 PARA EL SECTOR PIUP EN LOS INGEI DE PERÚ, CHILE Y COLOMBIA .....	40
4.4 REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA PARA LA CATEGORÍA DE INDUSTRIA DE LOS MINERALES EN EL INGEI 2012 DE PERÚ .....	48
V. CONCLUSIONES .....	56
VI. RECOMENDACIONES .....	58
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
VIII. ANEXOS .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Categorías de Procesos Industriales y Uso de Productos y sus posibles emisiones de GEI .....	24
<b>Tabla 2.</b> Evaluación del alcance de las orientaciones metodológicas de las GL2006 en el sector PIUP .....	34
<b>Tabla 3.</b> Evaluación del alcance del INGEI 2012 de Perú .....	38
<b>Tabla 4.</b> Emisiones nacionales y del sector PIUP de Perú, Chile y Colombia en el año 2012.....	40
<b>Tabla 5.</b> Comparación de la aplicación de las GL2006 en el sector PIUP para la estimación del INGEI del año 2012 de Perú, Chile y Colombia .....	43
<b>Tabla 6.</b> Comparación del alcance de la estimación y los resultados del sector PIUP de los INGEI de Perú, Chile y Colombia .....	45
<b>Tabla 7.</b> Comparación del cumplimiento de los principios de calidad en el sector PIUP de los INGEI del año 2012 de Perú, Chile y Colombia .....	47
<b>Tabla 8.</b> Descripción de las subcategorías de la categoría de Industria de los Minerales del sector PIUP en base a las GL2006 .....	50
<b>Tabla 9.</b> Revisión de la información utilizada para la categoría Industria de los Minerales del sector PIUP en el INGEI 2012 de Perú .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Entidades competentes que elaboran el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero .....	13
<b>Figura 2.</b> Ciclo de desarrollo del Inventario .....	16
<b>Figura 3.</b> Contenido del Volumen 1 en las Directrices de 2006.....	18
<b>Figura 4.</b> Estructura general de los capítulos de orientación por sectores.....	19
<b>Figura 5.</b> Relación entre orientaciones generales y sectoriales .....	19
<b>Figura 6.</b> Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2012 .....	27
<b>Figura 7.</b> Tendencia de las emisiones en el Perú entre 2000 y 2012.....	27
<b>Figura 8.</b> Distribución de las emisiones del sector PIUP por subcategorías .....	28
<b>Figura 9.</b> Evolución de las emisiones de GEI por la producción de cemento versus PBI del sector Construcción.....	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Categorías de emisiones por fuentes y absorciones por sumideros para los INGEI de acuerdo con las GL2006.....	65
<b>Anexo B.</b> Contenido de las GL2006 por volúmenes y capítulos .....	67
<b>Anexo C.</b> Potenciales de Calentamiento Atmosférico por GEI .....	68
<b>Anexo D.</b> Producto Bruto Interno por sectores .....	69
<b>Anexo E.</b> Indicadores socioeconómicos de Perú, Chile y Colombia.....	70
<b>Anexo F.</b> Ecuaciones principales para el cálculo de las emisiones en la categoría Industria de los minerales .....	71

## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

<b>AFOLU</b>	Agricultura, Forestación y Otros Usos del Suelo
<b>AR5</b>	Quinto Informe de Evaluación del IPCC
<b>BaU</b>	Escenario “todo sigue igual” (del inglés <i>Business as Usual</i> )
<b>BCRP</b>	Banco Central de Reserva del Perú
<b>BUR</b>	Informe Bienal de Actualización (del inglés <i>Biennial Updated Report</i> )
<b>CKD</b>	Polvo de horno de clínker (del inglés <i>Clínker Kiln Dust</i> )
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés)
<b>COVDM</b>	Compuesto orgánico volátil distinto al metano
<b>DIGAAMI</b>	Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria (antes Dirección General de Asuntos Ambientales)
<b>DIGGAM</b>	Dirección General de Asuntos Ambientales (ahora Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria)
<b>ENCC</b>	Estrategia Nacional de Cambio Climático
<b>DRI</b>	Hierro Directamente Reducido
<b>EAF</b>	Horno de arco eléctrico (del inglés <i>Electric Arc Furnace</i> )
<b>FBUR</b>	Primer Informe Bienal de Actualización (del inglés <i>First Biennial Update Report</i> )
<b>FCM</b>	Factor de conversión en metano
<b>FE</b>	Factor de Emisión
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>GL1996</b>	Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero – Versión Revisada en 1996 (del inglés <i>Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories</i> )
<b>GL2006</b>	Directrices del IPCC 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (del inglés <i>2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories</i> )
<b>HFC</b>	Hidrofluorocarbonos
<b>INEI</b>	Instituto Nacional de Estadística e Informática
<b>INFOCARBONO</b>	Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
<b>INGEI</b>	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
<b>INGEI 2012</b>	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2012 del Perú
<b>INIQBF</b>	Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados

<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (del inglés Intergovernmental Panel on Climate Change)
<b>MINAM</b>	Ministerio del Ambiente
<b>MYPE</b>	Micro y Pequeña Empresa
<b>NDC</b>	Contribución Nacionalmente Determinada (del inglés Nationally Determined Contributions)
<b>OBP2000</b>	Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
<b>OBP2003</b>	Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura
<b>PBI</b>	Producto Bruto Interno
<b>PCA</b>	Potencial de Calentamiento Atmosférico
<b>PFC</b>	Perfluorocarbonos
<b>PIUP</b>	Procesos Industriales y Otros Usos de Productos
<b>PNA</b>	Política Nacional del Ambiente
<b>PRODUCE</b>	Ministerio de la Producción
<b>RAGEI</b>	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
<b>USCUSS</b>	Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (también como UTCUTS)

## RESUMEN

El aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera provoca un calentamiento global que afecta adversamente a los ecosistemas naturales y a la humanidad. Ante esto, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) reconoce la necesidad de la cooperación de todos los países. Siendo parte de la CMNUCC, el Perú se compromete a reportar periódicamente sus Inventarios Nacionales de GEI (INGEI). En este contexto, las metodologías de las “Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (GL2006) atribuyen las emisiones no energéticas de las actividades industriales al sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP). Este trabajo tiene como objetivo general evaluar la aplicación de las metodologías de las GL2006 en el sector PIUP del INGEI, incluyendo una comparación de la aplicación en Perú, Chile y Colombia y la revisión de los resultados y la información utilizada en el INGEI del año 2012 de Perú. Menos del 60 % de las posibles fuentes de emisión identificadas para PIUP cuenta con orientaciones metodológicas en las GL2006. De estas, el 15 % son estimadas en el INGEI del Perú. Entre las emisiones de Perú, Chile y Colombia se identificó a la industria de los minerales como la de mayor participación y como la estimada más exhaustivamente. Los resultados se ven afectados por cómo son aplicados los métodos. Además, no siempre la información requerida está disponible. Para mejorar el INGEI se recomienda evaluar: la pertinencia de cada fuente a nivel de emisiones; los informantes y generadores de información; la disponibilidad y el acceso a la información; y, la importancia de la fuente en la política nacional. Se recomienda priorizar las fuentes más significativas (como cemento) u otras que impliquen desarrollo para el país.

**Palabras claves:** *efecto invernadero, cambio climático, calentamiento global, industria de los minerales, procesos industriales*

## ABSTRACT

The increase of greenhouse gases in the atmosphere causes global warming that affects natural ecosystems and humanity. Given this, the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) recognizes the need for cooperation from all countries. Being part of the UNFCCC, Peru undertakes to periodically report its National GHG Inventories (INGEI). In this context, the methodologies of the "2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" (GL2006) attribute non-energy emissions from the industrial activities to the Industrial Processes and Use of Products (PIUP). The general objective of this work is to evaluate the application of the GL2006 methodologies in the sector PIUP of the INGEI, including a comparison of the applications in Peru, Chile and Colombia and the review of the results and the information used in the INGEI of the year 2012 from Peru. Less than 60% of the possible emission sources identified for PIUP have methodological guidelines in the GL2006. Of these, 15% are estimated in the INGEI of Peru. Among the emissions from Peru, Chile and Colombia, the minerals industry was identified as having the highest participation and as the most estimated one. The results are affected by how the methods are applied. In addition, the required information is not always available. To improve the INGEI, it is recommended to evaluate: the relevance of each source at the emission level; the informants and generators of information; the availability and access to information; and, the importance of the source in the national policy. It is recommended to prioritize the most significant sources (such as cement) or others that imply development for the country.

**Key words:** *greenhouse effect, climate change, global warming, mineral industry, industrial processes*

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo monográfico desarrolla la “Evaluación de las metodologías para el desarrollo del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero en el sector industrial” con el objetivo principal de evaluar la aplicación en los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de las metodologías contenidas en las “Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” para la estimación de las emisiones de las fuentes relacionadas con el sector denominado “Procesos Industriales y Uso de Productos”(PIUP). La finalidad del trabajo es comprender el alcance de las metodologías y su impacto en los INGEI, y proponer acciones para mejorar la calidad de los INGEI de Perú.

En este sentido, el alcance del presente trabajo está limitado a las metodologías de dichas directrices (en adelante GL2006)<sup>1</sup>, las cuales caracterizan las fuentes de emisión y los sumideros de GEI en sectores, categorías y subcategorías. Asimismo, la evaluación se limita al sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) que las GL2006 define como el sector que agrupa las emisiones de GEI provocadas por los procesos industriales, por el uso de GEI en los productos y por los usos no energéticos<sup>2</sup> del carbono contenido en los combustibles fósiles. Se atribuyen a este sector emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y otros gases halogenados. Además, las GL2006 subdividen a este sector en ocho categorías.

El Perú como parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) asumió el compromiso de reportar periódicamente sus Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). El más reciente inventario publicado corresponde al año 2012 (en adelante, INGEI 2012 de Perú) y fue presentado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) ante la CMNUCC en el año 2016 a través de

---

<sup>1</sup> Esta abreviatura proviene de MINAM (2016c).

<sup>2</sup> El uso energético del carbono se estima en el sector Energía de las GL2006.

la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Asimismo, en el marco del Infocarbono<sup>3</sup>, el MINAM mantiene a disposición de cualquier interesado el informe completo del INGEI 2012 de Perú, e información complementaria sobre los resultados, métodos aplicados y fuentes de información utilizadas<sup>4</sup>. De este modo al incrementar la transparencia de los inventarios nacionales también promueve la mejora de su calidad.

Si bien en el INGEI 2012 de Perú no se han evaluado completamente todas las categorías que propone el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), esto no invalida sus resultados. Dado que el Perú es un país No Anexo I, la elaboración de los INGEI se realiza a la medida de los recursos y las capacidades disponibles. Sin embargo, la reciente suscripción del Acuerdo de París y la puesta en marcha de las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés), exigen que el Perú avance en el desarrollo de sus inventarios y mejore la calidad de sus procesos. En este sentido, el Perú aún se encuentra en una etapa inicial para desarrollar un marco institucional de un sistema de información sobre gases de efecto invernadero, por tal motivo, se considera que este trabajo es de utilidad para promover el fortalecimiento de capacidades, la investigación y reforzar el proceso de mejora continua de los INGEI. Se espera que la identificación de oportunidades de mejora que desarrolla el presente trabajo sirva también en la planificación y el desarrollo de los próximos INGEI.

### **Objetivo general**

- Evaluar la aplicación de las metodologías de las GL2006 para el sector PIUP en el INGEI

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el alcance de las metodologías de las GL2006 para el sector PIUP
- Evaluar la aplicación de las GL2006 en el sector PIUP del INGEI 2012 de Perú
- Comparar la aplicación de las GL2006 para el sector PIUP en los INGEI de Perú, Colombia y Chile
- Revisar la información utilizada para la categoría industria de los minerales en el INGEI 2012 del Perú

---

<sup>3</sup> Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM

<sup>4</sup> <http://infocarbono.minam.gob.pe/>

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO PROBLEMA GLOBAL

#### 2.1.1 Los gases de efecto invernadero y el calentamiento global

Los Gases de Efecto Invernadero, son aquellos gases que remiten calor y provocan el efecto invernadero. La presencia de algunos GEI es parte de la composición natural de la atmósfera, sin embargo, también pueden tener origen antropogénico. El IPCC define a los GEI como componentes gaseosos de la atmósfera que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas emitida por la superficie de la tierra, por la propia atmósfera y por las nubes, ocasionando el efecto invernadero (IPCC, 2013c). Las Naciones Unidas en el texto oficial de la CMNUCC define como GEI a aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja. (Naciones Unidas, 1992). El IPCC menciona como gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre al ( $H_2O$ ), el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el óxido nitroso ( $N_2O$ ), el metano ( $CH_4$ ) y el ozono ( $O_3$ ) (IPCC, 2013c).

El efecto invernadero provocado por los GEI es el efecto radiativo infrarrojo que provocan al interactuar con la atmósfera y que se traduce en una repercusión en el flujo de radiación o en el índice de calentamiento (IPCC, 2013c). Los GEI emiten la radiación infrarroja en todas las direcciones pero la cantidad de energía emitida al espacio es generalmente menor de la que se habría emitido en ausencia sin GEI, por tanto, a mayor concentración de GEI es más intenso el efecto invernadero<sup>5</sup> (IPCC, 2013c). La modificación de la concentración de los gases de efecto invernadero debida a emisiones antropógenas contribuye a un aumento de la temperatura en la superficie (IPCC, 2013a).

El calentamiento global hace referencia al aumento gradual, observado o proyectado, de la temperatura global en superficie, como una de las consecuencias del forzamiento radiativo provocado por las emisiones antropógenas (IPCC, 2014).

---

<sup>5</sup> Conocido como efecto invernadero intensificado (IPCC, 2013c)

Al respecto, en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC se manifiesta que:

“en los últimos 800 000 años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado a niveles sin precedentes. Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo”(IPCC, 2013a).

El aumento sustancial de las concentraciones de GEI en la atmósfera es una preocupación global ya que se intensifica el efecto invernadero natural y provoca el calentamiento adicional de la superficie y la atmósfera pudiendo afectar adversamente a los ecosistemas naturales y a la humanidad (Naciones Unidas, 1992).

En el marco de la CMNUCC<sup>6</sup>, se entiende como “fuente” a cualquier proceso o actividad que libera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de invernadero en la atmósfera<sup>7</sup>. Además, define como “emisiones” a la referida liberación de gases en un área y un periodo de tiempo determinados (Naciones Unidas, 1992)<sup>8</sup>.

### **2.1.2 El cambio climático y sus impactos**

El IPCC (IPCC, 2013c) define al cambio climático como la “variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio y/o variabilidad de sus propiedades, que persisten durante largos periodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos”. El IPCC indica que puede deberse a procesos internos naturales, forzamientos externos o cambios antropógenos de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La CMNUCC establece una definición diferente en la cual se atribuye el cambio climático solo a las actividades humanas: “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la

---

<sup>6</sup> La CMNUCC es un tratado internacional conformado por 197 países para hacer frente al cambio climático (ver sección II.2.2.1)

<sup>7</sup> Los aerosoles y los precursores de gases de efecto invernadero también contribuyen con la intensificación del efecto invernadero.

<sup>8</sup> Estas definiciones son coherentes con las definiciones que establece el IPCC y se describen en la sección II.2.5.2 del presente trabajo.

variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Naciones Unidas, 1992).

Asimismo, se refiere a los efectos adversos del cambio climático como aquellos efectos nocivos significativos en los ecosistemas naturales o en los sistemas socioeconómicos que provoca el cambio climático al generar cambios en el medio ambiente (Naciones Unidas, 1992).

El Perú presenta siete de las nueve características reconocidas por la CMNUCC para calificar a un país como “particularmente vulnerable” frente al cambio climático. (República del Perú, 2015). Dicha vulnerabilidad está configurada por diversos factores como la pobreza, la baja articulación institucional, debilidades en la gobernanza del desarrollo, una base productiva afectada por factores climáticos, entre otros (MINAM, 2016a).

El IPCC afirma que “el calentamiento en el sistema climático es inequívoco, la atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado” (IPCC, 2013d).

### **2.1.3 Las respuestas frente al cambio climático**

La definición más actualizada del IPCC para el concepto de adaptación es:

El proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos. (IPCC, 2014)

La CMNUCC menciona que los ajustes pueden darse en los sistemas ecológicos, sociales o económicos, y que pueden ser procesos, prácticas o estructuras (UNFCCC, s. f.-c). Asimismo, en el marco de la CMNUCC se considera que la adaptación es un reto que enfrentan todos los países y que las acciones de adaptación se enfocarían en reducir la vulnerabilidad y construir la resiliencia en países en desarrollo, tomando en consideración la urgencia y las necesidades inmediatas de los países que son particularmente vulnerables (CMNUCC, 2011).

Por otro lado, el concepto de mitigación se define por el IPCC como:

Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero. En este informe<sup>9</sup> también se analizan las intervenciones humanas dirigidas a reducir las fuentes de otras sustancias que pueden contribuir directa o indirectamente a la limitación del cambio climático, entre ellas, por ejemplo, la reducción de las emisiones de partículas en suspensión que pueden alterar de forma directa el balance de radiación (p. ej., el carbono negro) o las medidas de control de las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes que pueden alterar la concentración de ozono troposférico, el cual tiene un efecto indirecto en el clima. (IPCC, 2014)

Sobre la mitigación, la CMNUCC comprometa a los países que participan en ella a adoptar políticas y tomar medidas de mitigación para limitar sus emisiones de GEI. Asimismo, señala que la mitigación implica que los países modifiquen las tendencias a largo plazo de sus emisiones (Naciones Unidas, 1992).

## **2.2 EL CONTEXTO INTERNACIONAL**

### **2.2.1 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – CMNUCC es un tratado internacional adoptado durante la Cumbre de la Tierra en el año 1992<sup>10</sup>, como respuesta a la preocupación de los efectos adversos del cambio climático (UNFCCC, s. f.-a). En el Artículo 2 del texto oficial de la CMNUCC (Naciones Unidas, 1992), se establece el siguiente objetivo:

El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes<sup>11</sup>, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que

---

<sup>9</sup> Esta nota al pie no es parte de la cita textual y su intención es indicar que por “informe” se refiere al Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

<sup>10</sup> Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo llevada a cabo en Río de Janeiro, Brasil.

<sup>11</sup> Esta nota al pie no es parte de la cita textual, pero tiene el propósito de definir “Conferencia de las Partes”. La Conferencia de las Partes es un órgano supremo de la CMNUCC que examina regularmente su aplicación y toma decisiones para promover su aplicación eficaz (Naciones Unidas, 1992)..

impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. (Naciones Unidas, 1992) (p.4)

La CMNUCC (Naciones Unidas, 1992), reconoce la naturaleza mundial del cambio climático y la necesidad de la cooperación más amplia posible de todos los países. Asimismo, reconoce la urgencia y la necesidad de acciones efectivas. En el Artículo 3, estableciendo como principio la precaución para minimizar las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos, hace un llamado de acción efectiva aún ante la falta total de certidumbre científica sobre los efectos del cambio climático.

Asimismo, reconoce que todos los países que participan en la CMNUCC tienen derecho al desarrollo sostenible y manifiesta la importancia de considerar las responsabilidades comunes pero diferenciadas, las capacidades y las condiciones sociales y económicas de los países (Naciones Unidas, 1992).

La CMNUCC establece compromisos para todos los países participantes (también llamados países partes). En tal sentido, diferenciando estos compromisos, la CMNUCC divide a los países en tres grupos principales (UNFCCC, s. f.-g):

- Partes Anexo I, que incluyen países desarrollados e industrializados y países con economías en transición.
- Partes Anexo II, que incluyen países desarrollados e industrializados, excluyendo países con economías en transición.
- Partes No Anexo I, que incluyen países en desarrollo.

Uno de los compromisos asumidos por las partes es el compromiso de informar sobre los inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlado por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que deben ser acordadas en las conferencias de las partes (Artículos 4 y 12) (Naciones Unidas, 1992).

En el Artículo 21 también se hace referencia al IPCC, indicando que se cooperará con él a fin de asegurar que pueda satisfacer la necesidad de asesoramiento científico y técnico objetivo (Naciones Unidas, 1992).

La CMNUCC entró en vigor en el año 1994 y a la fecha cuenta con la ratificación de 197 países, denominadas Partes de la Convención<sup>12</sup> (UNFCCC, s. f.-b). Siendo el Perú uno de ellos, pertenece al grupo de los países No Anexo I (UNFCCC, s. f.-d).

### **2.2.2 El Acuerdo de París**

El Acuerdo de París es un instrumento producto de las negociaciones de las Partes de la CMNUCC que tiene el fin de establecer metas y compromisos más exigentes para la implementación de los objetivos de la CMNUCC. Fue adoptado durante la Conferencia de las Partes 21 en París en el año 2015, mediante la Decisión 1/CP.21 (CMNUCC, 2016). Con el objetivo de fortalecer la respuesta global ante el cambio climático, el Acuerdo de París establece como meta: “mantener el aumento de la temperatura promedio mundial muy por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales” (CMNUCC, 2015).

Para alcanzar esta meta, se incorpora el concepto de Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) por las cuales cada parte asume una meta propia de reducción de emisiones. Las partes que ratifiquen el acuerdo deben comunicar y rendir cuentas sobre sus NDC, promoviendo la integridad ambiental, la transparencia, la exactitud, la exhaustividad, la comparabilidad y la coherencia y velar por que se evite el doble cómputo (CMNUCC, 2015). Asimismo, se mantendrá un registro público y transparente de las CND (UNFCCC, s. f.-e).

El Acuerdo de París entró en vigor en el año 2016. A la fecha<sup>13</sup>, ha sido ratificado por 160 de los 197 países parte de la CMNUCC (UNFCCC, s. f.-f).

### **2.2.3 El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático**

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se creó en el año 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), al reconocerse al cambio climático como un problema global (IPCC, 2006a). El IPCC es el principal órgano científico internacional para la evaluación del cambio climático tanto en relación con las causas

---

<sup>12</sup> En este contexto, también se le llama “la Convención” a la CMNUCC.

<sup>13</sup> 11 de setiembre de 2017

como con los efectos (IPCC, s. f.-a). En este sentido, brinda conocimiento científico que sirve de apoyo para las negociaciones de la CMNUCC (IPCC, 2013a).

Entre sus actividades, el IPCC incluye la preparación de metodologías para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero complementando el trabajo de la CMNUCC (IPCC, 2006a). Sus orientaciones metodológicas incluyen tres publicaciones que son de aplicación a todo el inventario<sup>14</sup>: las “Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996” (GL1996), la “Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (OBP2000) y las “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (GL2006), (IPCC, s. f.-c). De estas tres, las GL2006 es la más reciente.

Como resultado de las decisiones de la CMNUCC, las directrices metodológicas del IPCC son utilizadas por las partes para elaborar los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero que deben reportar periódicamente (CMNUCC, 2012).

Asimismo, el IPCC elabora regularmente Informes de Evaluación que se componen por información técnica y científica completa sobre el cambio climático (IPCC, s. f.-b). El último publicado es el Quinto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio Climático 2013 – 2014 (IPCC, 2013b).

## **2.3 EL CONTEXTO NACIONAL**

### **2.3.1 La Política Nacional del Ambiente**

La Política Nacional del Ambiente es un instrumento de política pública que da el marco de la planificación y de la gestión ambiental del Perú. Fue aprobada en el año 2009 por Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, convirtiéndose en el primer instrumento de planificación general en materia ambiental establecido por el MINAM (MINAM, 2016a). Teniendo en cuenta que las políticas de Estado deben integrar las políticas ambientales con las demás políticas públicas, la Política Nacional del Ambiente fue elaborada en

---

<sup>14</sup> El IPCC también ha publicado orientaciones metodológicas de menor alcance, para un subgrupo de fuentes y sumideros, como por ejemplo los asociados al uso del suelo y cambio de uso del suelo por silvicultura.

concordancia con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) (MINAM, 2009).

La política nacional del ambiente brinda lineamientos de política con el objetivo de:

...asegurar la viabilidad ambiental de las actividades productivas y mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo, relevando la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, así como el rol importante de la participación ciudadana y de las organizaciones públicas y privadas constituyen el marco para la planificación y gestión ambiental. (política nacional del ambiente, p. 11).

La Política Nacional del Ambiente se estructura en cuatro ejes temáticos, respecto a los cuales se establecen los lineamientos de política. Uno de ellos, el Eje de Política 1 “Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica”, plantea entre sus objetivos lograr la adaptación de la población frente al cambio climático y establecer medidas de mitigación, orientadas al desarrollo sostenible. En este sentido, son cinco los lineamientos específicos para la mitigación y la adaptación al cambio climático que incluyen tópicos como la promoción de medidas de adaptación y mitigación, el establecimiento de sistemas de respuesta ante desastres naturales, la promoción del uso de tecnologías para mitigar gases de efecto invernadero, entre otros (MINAM, 2009).

### **2.3.2 La Estrategia Nacional de Cambio Climático**

La Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC) fue aprobada por el MINAM a través del D. S. 011-2015-MINAM con la finalidad de ser el marco orientador para la gestión del cambio climático. En ella se plantea una visión al año 2021 en la cual el Perú su logra adaptar a los efectos adversos y aprovecha las oportunidades que impone el cambio climático, sentando las bases para un desarrollo sostenible bajo en carbono (MINAM, 2015).

Uno de los dos objetivos establecidos por la ENCC está relacionado a la gestión de las emisiones de GEI y se expresa de la siguiente manera: “la población, los agentes económicos y el Estado conserven las reservas de carbono y contribuyan a la reducción de las emisiones de GEI” (MINAM, 2015). Para este objetivo la ENCC plantea como

producto la “promoción de la información a través del diseño e implementación de un Sistema Nacional de Inventarios de GEI y un sistema de monitoreo de la reducción de emisiones de GEI, captura de carbono e incremento de reservas (MINAM, 2015).

El MINAM destaca la importancia de la ENCC en la Tercera Comunicación Nacional del Perú sobre Cambio Climático<sup>15</sup> (MINAM, 2016a) al mencionarla como el principal instrumento orientador para la gestión del cambio climático. Sin embargo, también menciona la necesidad de desarrollar un marco obligatorio al nivel de ley marco que dé continuidad y legitimidad a la ENCC, buscando asegurar compromisos a largo plazo (MINAM, 2016a).

### **2.3.3 Los compromisos asumidos por el Perú ante la CMNUCC**

En el año 1993, con la emisión de la Resolución Legislativa N ° 26185, el Perú aprobó la CMNUCC (Presidencia de la República, 1993). Como país en desarrollo el Perú pertenece a las partes No Anexo I y como tal, sus compromisos ante la CMNUCC están en función a las circunstancias y las capacidades nacionales, siendo un país en desarrollo. En el año 2016, el Perú ratificó el Acuerdo de París (Decreto Supremo N ° 058-2016-RE) comprometiéndose a asumir una meta de reducción en el marco de su Contribución Nacional Determinada.

La NDC peruana contempla una reducción del 30% respecto a las emisiones de GEI proyectadas para el año 2030, como parte de un escenario Business as Usual (BaU)<sup>16</sup>, siendo un 10% condicionado a la disponibilidad de financiamiento externo internacional (República del Perú, 2015).

El Perú como parte de la CMNUCC debe reportar periódicamente sobre sus avances en adaptación y mitigación y sobre sus emisiones. En tal sentido, se ha comprometido a presentar ante la CMNUCC sus Comunicaciones Nacionales y sus Reportes Bienales de Actualización (BUR, en sus siglas en inglés). Es través de estos reportes que el Perú

---

<sup>15</sup> La Tercera Comunicación Nacional sobre del Perú Cambio Climático es un reporte nacional que el Perú presentó en el año 2016 ante la CMNUCC como parte de sus obligaciones como país No Anexo I.

<sup>16</sup> Escenario BaU: literalmente “todo sigue igual”; proyección de un escenario inercial plausible, consistente entre pasado y futuro, construida con evidencia científica, datos históricos, a partir de supuestos extrapolados en el tiempo (Secretaría Técnica de la Comisión Multisectorial, 2015).

informa, entre otras cosas, sobre los resultados de sus INGEI (principalmente en los BUR, que se deben presentar cada dos años).

Asimismo, la ENCC también manifiesta el compromiso del Estado peruano de “actuar frente al cambio climático de forma integrada, transversal y multisectorial, cumpliendo con los compromisos internacionales asumidos por el Perú ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (MINAM, 2015).

#### **2.3.4 El Infocarbono**

Con Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM se aprobaron las “Disposiciones del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero” denominadas Infocarbono (MINAM, 2014). Tales disposiciones definen un conjunto de acciones para la recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y absorción de gases de efecto invernadero con el objeto de elaborar el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Perú. El Infocarbono servirá para la formulación de políticas, estrategias y planes de desarrollo que consideren la gestión de las emisiones de GEI, así como, para el cumplimiento de los compromisos asumidos por el Perú ante CMNUCC (MINAM, 2014). El Infocarbono responde también al producto de la ENCC sobre el establecimiento de un sistema nacional de inventarios.

El Infocarbono, organiza las estimaciones de emisiones y remociones de GEI por sectores de acuerdo con la categorización que utilizan las metodologías del IPCC<sup>17</sup>. En este marco, define un flujo de información donde entidades competentes<sup>18</sup> trabajan de manera coordinada para elaborar los informes denominados Reportes Anuales de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI), que son insumos para preparar el inventario nacional de gases de efecto invernadero del Perú. Entre las entidades competentes, seis son responsables de preparar los ocho RAGEI (establecidos en las orientaciones para el Infocarbono del MINAM)<sup>19</sup>: Ministerio de Agricultura y Riego, Ministerio de Energía y Minas,

---

<sup>17</sup> Por tanto, el concepto de sector en este trabajo hace referencia a lo establecido por el IPCC.

<sup>18</sup> Entre las entidades competentes, seis son responsables de preparar los RAGEI: Ministerio de Agricultura y Riego. Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Producción. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Ministerio de Transportes y Comunicaciones y Ministerio del Ambiente.

<sup>19</sup> El Ministerio del Ambiente administra y conduce el Infocarbono. Asimismo, brinda orientaciones en las Guías para la elaboración de los Reportes Anuales de GEI.

Ministerio de la Producción, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Ministerio de Transportes y Comunicaciones y Ministerio del Ambiente. (ver Figura 1).

Entidad Competente		Estructura IPCC		
		Sector	Categoría	
	Ministerio de Energía y Minas	Energía	Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas	
	Ministerio Transportes y Comunicaciones	Energía	Combustión Móvil	
	Ministerio de la Producción	Procesos Industriales y Uso de Productos	Industria de los Minerales	
			Industria Química	
	Ministerio de la Producción	Desechos	Industria de los Metales	
			Efluentes Industriales	
	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Desechos	Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas	
	Ministerio del Ambiente	Desechos	Disposición de Residuos Sólidos	
			Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (1)	Cambios de Biomasa y otros Stocks Leñosos
				Conversión de Bosques y Praderas
				Abandono de Tierras Cultivadas
				Emisiones y Absorciones en el Suelo
	Ministerio de Agricultura y Riego	Agricultura	Otros (gases no CO <sub>2</sub> )	
			Fermentación Entérica	
			Manejo del Estiércol	
			Cultivos de Arroz	
			Suelos Agrícolas	
			Quema de Sabanas (pastos)	
			Quema de Residuos Agrícolas	

(1) La elaboración de este reporte estará a cargo del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC) del Ministerio del Ambiente en forma colaborativa con el Servicio Nacional Forestal y Fauna Silvestre (SERFOR)

**Figura 1. Entidades competentes que elaboran el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero**

FUENTE: (MINAM, s. f.)

En concordancia con la “Guía N° 3: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero - Sector Procesos Industriales y Uso de Productos. Categorías: Industria de los Minerales, Industria Química e Industria de los Metales” y la “Guía N° 6: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero - Sector Desechos. Categoría: Efluentes Industriales”<sup>20</sup> del Infocarbono, el Ministerio de la Producción (PRODUCE) es responsable de la elaboración de dos RAGEI: (a) RAGEI de Efluentes Industriales y

<sup>20</sup> Aprobadas por el Ministerio del Ambiente con Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM (MINAM, 2016e)

(b) RAGEI de Procesos Industriales y Uso de Productos. El primero corresponde al sector del IPCC denominado Desechos<sup>21</sup> y el segundo corresponde al sector del IPCC denominado Proceso Industriales y Uso de Productos.

Cabe indicar que si bien para elaborar el INGEI del año 2012 de Perú (MINAM, 2016c)<sup>22</sup>, se articularon esfuerzos entre ministerios y otras entidades informantes, no se implementaron los arreglos institucionales que propone el Infocarbono.

## **2.4 LOS INVENTARIOS NACIONALES DE GEI**

### **2.4.1 Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero**

Un inventario de GEI es una base de datos que cuantifica los GEI, de manera transparente y detallada, en función a las emisiones antropogénicas por fuentes y las absorciones (o remociones)<sup>23</sup> por sumideros, para un espacio y periodo determinado. De acuerdo con las directrices del IPCC (IPCC, 2006a), los inventarios nacionales de GEI (INGEI) incluyen las emisiones y absorciones de GEI que se producen dentro de un territorio nacional y en otras áreas extraterritoriales sobre las cuales el país tiene jurisdicción. Asimismo, dichas emisiones y absorciones se estiman para por el año calendario durante el cual se llevan a cabo.

La CMNUCC, establece que la autoridad encargada de brindar lineamientos metodológicos para la elaboración de los INGEI es el IPCC. En este sentido, ha establecido principios que todo INGEI debe cumplir y que contribuye no solo a la calidad del inventario sino también a la comparabilidad de los inventarios entre países. Los principios son transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud. Las directrices GL2006 del IPCC (IPCC, 2006)<sup>24</sup> define los principios de la siguiente manera:

- a) **Transparencia:** existe suficiente documentación clara para que las personas o los grupos que no sean los compiladores del inventario entiendan cómo se compiló el

---

<sup>21</sup> El sector Desechos es un sector que integra efluentes industriales, residuos sólidos y aguas residuales domésticas.

<sup>22</sup> Realizado durante los años 2015 y 2016.

<sup>23</sup> El término usado en inglés por el IPCC es *removals*, que es traducida en sus directrices metodológicas como absorciones, pero para el caso de la presente guía se utiliza también remociones, como sinónimo.

<sup>24</sup> Capítulo 1 del Volumen 1 de las GL2006 (IPCC, 2006a).

inventario y puedan asegurarse de que cumple los requisitos de buenas prácticas para los inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero.

- b) **Exhaustividad:** se declaran las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros, y de gases. Se recomiendan las áreas geográficas comprendidas dentro del alcance del inventario nacional de gases de efecto invernadero. En los casos en los que falten elementos, se debe documentar claramente su ausencia junto con la respectiva justificación de la exclusión
- c) **Coherencia:** se realizan las estimaciones para diferentes años, gases y categorías de inventarios, de tal forma que las diferencias de resultados entre los años y las categorías reflejan las diferencias reales en las emisiones. Las tendencias anuales de los inventarios, en la medida de lo posible, deben calcularse por el mismo método y las mismas fuentes de datos en todos los años, y deben tener por objeto reflejar las fluctuaciones anuales reales de emisiones o absorciones, sin estar sujetas a los cambios resultantes de las diferencias metodológicas.
- d) **Comparabilidad:** Se emplea las categorías y subcategorías similares a otros países a fin de que permita su comparación internacional.
- e) **Exactitud:** el inventario nacional de gases de efecto invernadero no contiene estimaciones excesivas ni insuficientes, en la medida en la que pueda juzgarse. Esto significa empeñar todo el esfuerzo necesario para eliminar el sesgo de las estimaciones del inventario.

La Figura 2 presenta el esquema propuesto por el IPCC (IPCC, 2006a) del ciclo de desarrollo del inventario. Asimismo, dicho esquema brinda orientaciones para el uso de los volúmenes y capítulos de las “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (en adelante GL2006) que son las directrices metodológicas más completas y actualizadas para elaborar los INGEI, y se explicarán en la sección 2.5.



1996 (en adelante, GL1996)<sup>25</sup>, teniendo en cuenta el trabajo de la CMNUCC. Como resultado de la revisión de las GL1996, y de otros lineamientos metodológicos desarrollados por el IPCC<sup>26</sup>, se generaron las GL2006 que, en otras palabras, es la actualización del trabajo del IPCC<sup>27</sup> en relación con sus orientaciones sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006a).

Entre las mejoras, estas nuevas directrices cubren fuentes y gases nuevos, así como actualizaciones de los métodos, en la medida en la que ha mejorado el conocimiento científico y técnico (IPCC, 2006). En este sentido, las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GL2006) representan a la fecha los últimos lineamientos del IPCC para las estimaciones nacionales de los GEI<sup>28</sup> y son consideradas adecuadas para su uso mundial, dado que brinda metodologías por defecto de amplia aplicación (IPCC, 2006a).

En el presente trabajo utilizamos el término de “metodología” para referirnos a un conjunto de métodos y/o procedimientos para la estimación de emisiones y absorciones de GEI, como lo son las orientaciones de las directrices (tanto en su totalidad, como en cada una de sus divisiones). Se mantiene la coherencia con el significado en el Diccionario de la Real Academia Española que define “Metodología” como el conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal<sup>29</sup> (Real Academia Española, 2017).

## **2.5 LAS DIRECTRICES DEL IPCC**

### **2.5.1 El alcance de las GL2006**

Las GL2006 divide las estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en sectores, definiendo “sector” como un grupo de procesos, fuentes y

---

<sup>25</sup> Directrices elaboradas por el IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de GEI, que fueron adoptadas por la CMNUCC en el año 1997 (IPCC, 2006a).

<sup>26</sup> Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y la Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura.

<sup>27</sup> Específicamente, es la labor del Programa de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC.

<sup>28</sup> Con alcance para todo el INGEI. Al 11 de setiembre de 2017.

<sup>29</sup> Una exposición doctrinal, está relacionado con una exposición de enseñanzas o instrucciones.

sumideros relacionados (IPCC, 2006a). El anexo A presenta la categorización para el INGEI de acuerdo con las GL2006, indicando las categorías y subcategorías principales de cada sector. En coherencia con los sectores (energía; procesos industriales y uso de productos; agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; y desechos), las GL2006 presenta sus orientaciones en los siguientes volúmenes:

- Volumen 1: Orientación general y generación de informes
- Volumen 2: Energía
- Volumen 3: Procesos industriales y uso de productos (PIUP)
- Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)
- Volumen 5: Desechos

El IPCC (IPCC, 2006a) señala que en las GL2006 hace referencias cruzadas como máximo en dos volúmenes: el volumen 1 (Orientación general y generación de informes) y el volumen del sector correspondiente (Energía, PIUP, AFOLU o Desechos).

El volumen 1 brinda una orientación interdisciplinaria y transversal que desarrolla detalladamente por capítulos (ver Figura 3), mientras que los volúmenes del 2 a 5 contienen las orientaciones metodológicas para el sector respectivo, junto con otras recomendaciones específicas para dicho sector (ver Figura 4).

<b>Capítulos del Volumen 1</b>
1. Introducción a las Directrices de 2006
2. Método para la recopilación de datos
3. Incertidumbres
4. Opción metodológica e identificación de categorías principales
5. Coherencia de la serie temporal
6. Garantía de calidad / Control de calidad y verificación
7. Precusores y emisiones indirectas
8. Orientación y cuadros para la generación de informes

**Figura 3. Contenido del Volumen 1 en las Directrices de 2006**

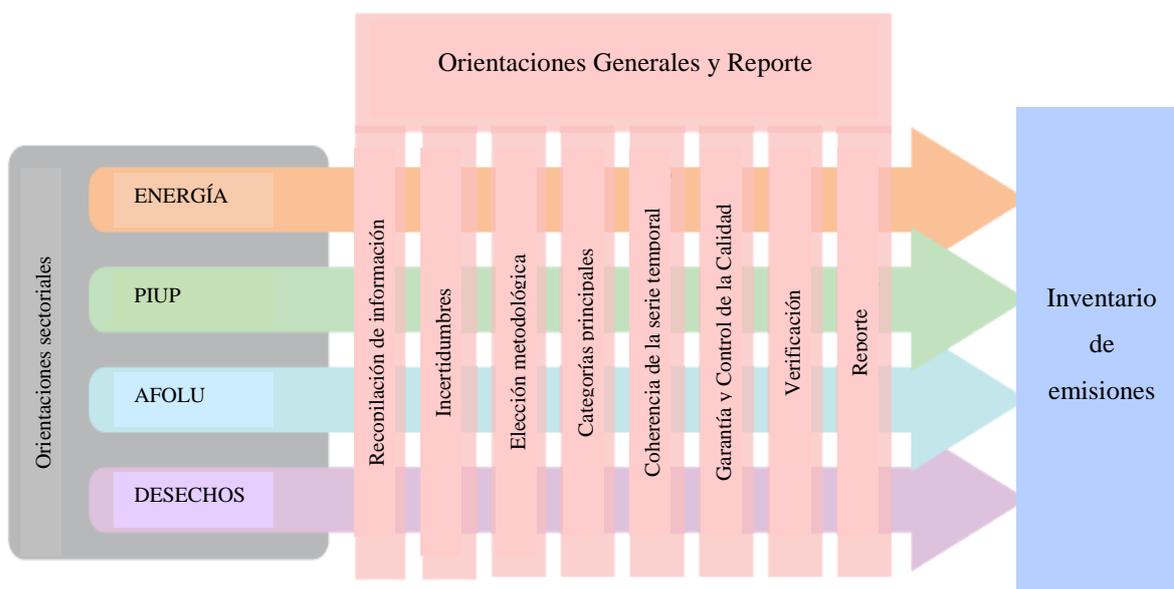
FUENTE: Adaptado de las GL2006 (IPCC, 2006a)

► <b>Cuestiones metodológicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elección del método, incluidos los árboles de decisiones y la definición de niveles</li> <li>• Elección del factor de emisión</li> <li>• Elección de los datos de la actividad</li> <li>• Exhaustividad</li> <li>• Desarrollo de una serie temporal coherente</li> </ul>
► <b>Evaluación de la incertidumbre</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertidumbres del factor de emisión</li> <li>• Incertidumbres de los datos de la actividad</li> </ul>
► <b>Garantía de calidad Control de calidad, generación de informes y documentación</b>
► <b>Hojas de trabajo</b>

**Figura 4. Estructura general de los capítulos de orientación por sectores**

FUENTE: Adaptado de las GL2006 (IPCC, 2006a)

La Figura 5 resume las relaciones entre las orientaciones generales y las orientaciones sectoriales.



Nota: AFOLU, corresponde a Agricultura, Forestación y Otros Usos de los Suelos

**Figura 5. Relación entre orientaciones generales y sectoriales**

FUENTE: Adaptado al español de las GL2006 (IPCC, 2008)

Asimismo, las GL2006 incluyen, entre otras cosas, métodos para identificar las categorías principales, estimar la incertidumbre y para garantizar la coherencia de la serie temporal.

Las **categorías principales** se determinan de acuerdo el Capítulo 4 del Volumen 1 de las GL2006. La determinación cuantitativa de las categorías principales incluye la evaluación del nivel absoluto y la evaluación de tendencia de emisiones y absorciones, y si hay información suficiente se puede determinar en función a las incertidumbres. En el método 1 propuesto por el IPCC. Las categorías principales son aquellas identificadas dentro del umbral del 95 % con mayor aporte al valor total de las evaluaciones de nivel y de tendencia (IPCC, 2006a).

Las GL2006 establecen que se debe **garantizar la coherencia de toda la serie temporal** en los INGEI y, por tanto, se debe actualizar los inventarios de años pasados, de tal modo que exista consistencia en la metodología aplicada que permite que los resultados anuales sean comparables entre sí. Por tanto, las GL2006 indica que, a la medida de lo posible se debe utilizar el mismo método y las mismas fuentes de información en todos los años por cada categoría evaluada. Asimismo, en algunos periodos puede ser necesario aplicar métodos para completar vacíos de información. En estos casos las GL2006 brinda algunas orientaciones en su Capítulo 5, Volumen 1 (IPCC, 2006a).

Asimismo, para desarrollar un **análisis de incertidumbre** de los resultados se aplican reglas de combinación de incertidumbres en base a valores de incertidumbre asociadas a los datos de actividad y factores de emisión utilizados (IPCC, 2006a). Las GL2006 brinda orientaciones para realizar este análisis en su Capítulo 3, Volumen 1 (IPCC, 2006a).

El contenido completo de las GL2006 se describe en el anexo B, indicando los volúmenes y sus capítulos.

## **2.5.2 Marco conceptual para la estimación de las emisiones de GEI**

Para comprender la evaluación que desarrolla el presente trabajo, es necesario entender las descripciones de las GL2006 para los siguientes conceptos importantes (IPCC, 2006a):

### ***Emisiones y absorciones***

Se denomina como emisiones de GEI a las liberaciones de gases de efecto invernadero y/o de sus precursores en la atmósfera, en una zona y por un período

determinado<sup>30</sup>. Aquellas que son resultado de las actividades humanas son emisiones antropogénicas<sup>31</sup>.

### ***Absorciones***

Absorción de los gases de efecto invernadero y/o de sus precursores de la atmósfera, por medio de un sumidero<sup>32</sup>.

### ***Fuentes***

Todo proceso o actividad que libere a la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero. (CMNUCC, Artículo 1.9). La notación en las etapas finales de la generación de informes es el signo más (+)<sup>33</sup>.

### ***Sumidero***

Todo proceso, actividad o mecanismo que elimine de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero. (CMNUCC, Artículo 1.8) La notación en las etapas finales de la generación de informes es el signo menos (-)<sup>34</sup>.

### ***Sectores, categorías y subcategorías***

Cada sector comprende categorías individuales y subcategorías. Los países crean un inventario a partir del nivel de la subcategoría porque así están establecidas las metodologías del IPCC y calculadas las emisiones totales por sumatoria. Se calcula el total nacional sumando las emisiones y absorciones correspondientes a cada gas<sup>35</sup>.

---

<sup>30</sup> Anexo 3: Glosario, GL2006 (IPCC, 2006a)

<sup>31</sup> Volumen 1, Capítulo 1, GL2006 (IPCC, 2006a)

<sup>32</sup> Anexo 3: Glosario, GL2006 (IPCC, 2006a)

<sup>33</sup> Anexo 3: Glosario, GL2006 (IPCC, 2006a)

<sup>34</sup> Anexo 3: Glosario, GL2006 (IPCC, 2006a)

<sup>35</sup> Volumen 1, Capítulo 1, GL2006 (IPCC, 2006a)

### ***Niveles (del método)***

Representa un nivel de complejidad metodológica. En general, se presentan tres niveles. El Nivel 1 es el método básico, el Nivel 2, el intermedio, y el Nivel 3 es el más exigente en cuanto a la complejidad y a los requisitos de los datos<sup>36</sup>.

### ***Datos de la actividad***

Datos relativos a la magnitud de una actividad humana que produce emisiones o absorciones y que tiene lugar durante un período dado<sup>37</sup>.

### ***Datos por defecto***

Son valores por defecto provistos por las GL2006 que suele aplicarse en los métodos de nivel 1 o nivel 2. Los métodos del Nivel 1 para todas las categorías están concebidos para utilizar las estadísticas disponibles, en combinación con los factores de emisión y otros parámetros por defecto. provistos y, por lo tanto, son viables para todos los países<sup>38</sup>.

## **2.5.3 Metodología base de estimación de GEI**

La metodología base más común que se usa para la estimación de las emisiones de GEI, consiste en combinar la información sobre cierto proceso donde tiene lugar una actividad humana (denominado *datos de actividad* o AD, del inglés *activity data*) con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria, a los que se les denomina *factores de emisión* (EF, del inglés, *emission factors*) (IPCC, 2006a). La ecuación básica de estimación de las emisiones de GEI es la siguiente:

### **Ecuación A. Ecuación básica de estimación de emisiones**

$$\text{Emisiones} = \text{AD} \cdot \text{EF}$$

Cabe indicar que en algunos casos la ecuación básica es modificada para incluir otros parámetros de estimación diferentes de los factores de emisión.

---

<sup>36</sup> Volumen 1, Capítulo 1, GL2006 (IPCC, 2006a)

<sup>37</sup> Anexo 3: Glosario, GL2006 (IPCC, 2006a)

<sup>38</sup> Volumen 1, Capítulo 1, GL2006 (IPCC, 2006a)

Con el objetivo de expresar las emisiones de GEI en unidades homogéneas se utiliza el índice de Potencial de calentamiento global (PCM) o Potencial de calentamiento atmosférico (PCA)<sup>39</sup>. De acuerdo con las GL2006 (IPCC, 2006a), dicha conversión se expresa con la siguiente ecuación:

**Ecuación B. Conversión de emisiones de GEI diferentes a CO<sub>2</sub> a emisiones de CO<sub>2</sub> eq**

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ eq} = \text{Emisiones de GEI} \times \text{Potencial de Calentamiento Atmosférico}$$

El potencial de calentamiento global (o atmosférico) es el índice basado en las propiedades radiativas de GEI, que mide el forzamiento radiativo obtenido de los impulsos de emisión en la atmósfera actual, de una unidad de masa de cierto gas de efecto invernadero, integrado a lo largo de un plazo de tiempo dado, en comparación con el causado por el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El anexo C presenta los valores de los potenciales de calentamiento atmosférico por tipo de GEI.

#### **2.5.4 El alcance del sector Procesos Industriales y Uso de Productos**

De acuerdo a las GL2006, el sector PIUP aborda las emisiones de GEI provocadas por los procesos industriales, por el uso de GEI en los productos y por los usos no energéticos<sup>40</sup> del carbono contenido en los combustibles fósiles (IPCC, 2006a)<sup>41</sup>.

Las GL2006 señalan que las principales fuentes de emisión para el sector PIUP son las descargas provenientes de los procesos industriales que transforman materias por medios químicos o físicos (IPCC, 2006a). Asimismo, atribuyen al sector PIUP emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub> y otros gases halogenados, dependiendo de la fuente identificada. La Tabla 1 describe el alcance del sector PIUP y la disponibilidad de orientaciones metodológicas.

---

<sup>39</sup> Se refieren al mismo parámetro.

<sup>40</sup> El uso energético del carbono se estima en el sector Energía de las GL2006.

<sup>41</sup> Capítulo 1, Volumen 3 de las GL2006 (IPCC, 2006a).

**Tabla 1. Categorías de Procesos Industriales y Uso de Productos y sus posibles emisiones de GEI**

Código GL2006	Categorías	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Otros gases halogenados
<b>2</b>	<b>Procesos Industriales y uso de productos</b>							
<b>2A</b>	<b>Industria de los minerales</b>							
2A1	Producción de Cemento	X	*					
2A2	Producción de Cal	X	*					
2A3	Producción de Vidrio	X	*					
2A4	Otros usos de Carbonatos							
2A4a	Cerámicas	X	*					
2A4b	Otros usos de la Ceniza de Sosa	X	*					
2A4c	Producción de Magnesio no metalúrgica	X	*					
2A4d	Otros	X	*					
2A5	Otros	X	*	*				
<b>2B</b>	<b>Industria química</b>							
2B1	Producción de Amoníaco	X	*	*				
2B2	Producción de Ácido Nítrico	*	*	X				
2B3	Producción de Ácido Adípico	*	*	X				
2B4	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	*	*	X				
2B5	Producción de Carbuos	X	X	*				
2B6	Producción de Dióxido de Titanio	X	*	*				
2B7	Producción de Ceniza de Sosa	X	*	*				
2B8	Producción petroquímica y de negro de humo							
2B8a	Metanol	X	X	*				
2B8b	Etileno	X	X	*				
2B8c	Dicloruro de etileno y monómero cloruro de vinilo	X	X	*				
2B8d	Óxido de etileno	X	X	*				
2B8e	Acrilonitrilo	X	X	*				
2B8f	Negro de humo	X	X	*				
2B9	Producción fluoroquímica							
2B9a	Emisiones de productos derivados				X	X	X	X
2B9b	Emisiones fugitivas				X	X	X	X
2B10	Otros	*	*	*	*	*	*	*
<b>2C</b>	<b>Industria de los metales</b>							
2C1	Producción de Hierro y Acero	X	X	*				
2C2	Producción de Ferroatleaciones	X	X	*				
2C3	Producción de Aluminio	X	*			X		
2C4	Producción de Magnesio	X			X	X	X	X
2C5	Producción de Plomo	X						
2C6	Producción de Zinc	X						
2C7	Otros	*	*	*	*	*	*	*
<b>2D</b>	<b>Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes</b>							
2D1	Uso de lubricantes	X						
2D2	Uso de la cera de parafina	X	*	*				
2D3	Uso de solventes							
2D4	Otros	*	*	*				

**Tabla 1. Categorías de Procesos Industriales y Uso de Productos y sus posibles emisiones de GEI (continuación)**

Código GL2006	Categorías	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Otros gases halogenados
<b>2</b>	<b>Procesos Industriales y uso de productos</b>							
<b>2E</b>	<b>Industrial electrónica</b>							
2E1	Circuitos integrados o semiconductores	*		*	X	X	X	X
2E2	Pantalla plana tipo TFT				X	X	X	X
2E3	Productos fotovoltaicos / células fotovoltaicas				X	X	X	X
2E4	Fluidos de transferencia térmica							X
2E5	Otros	*	*	*	*	*	*	*
<b>2F</b>	<b>Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono</b>							
2F1	Refrigeración y aire acondicionado							
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado estacionario	*			X	X		*
2F1b	Aire acondicionado móvil	*			X	X		*
2F2	Agentes espumantes	*			X	*		*
2F3	Protección contra incendios	*			X	X		*
2F4	Aerosoles				X	X		*
2F5	Solventes				X	X		*
2F6	Otras aplicaciones	*	*	*	X	X		*
<b>2G</b>	<b>Manufactura y utilización de otros productos</b>							
2G1	Equipos eléctricos							
2G1a	Manufactura de equipos eléctricos					X	X	*
2G1b	Uso de equipos eléctricos					X	X	*
2G1c	Eliminación de equipos eléctricos					X	X	*
2G2	SF <sub>6</sub> y PFC del uso de otros productos							
2G2a	Aplicaciones militares					*	X	*
2G2b	Aceleradores					*	X	*
2G2c	Otros					X	X	*
2G3	N <sub>2</sub> O del uso de productos							
2G3a	Aplicaciones médicas			X				
2G3b	Propulsor para productos presurizados y aerosoles			X				
2G3c	Otros			X				
2G4	Otros	*	*		*			*
<b>2H</b>	<b>Otros</b>							
2H1	Industria de la pulpa y del papel	*	*					
2H2	Industria de la alimentación y la bebida	*	*					
2H3	Otros	*	*	*				

Notas:

- (1) «X» denota los gases para los cuales se ofrecen orientaciones metodológicas en el volumen 3 de las GL2006
- (2) «\*» denota los gases que pueden ocasionar emisiones, pero para los cuales no se dan orientaciones metodológicas en el volumen 3 de las GL2003.
- (3) Las celdas sombreadas en gris oscuro indican que el IPCC no ha identificado fuentes de emisión o sumideros alguno o no son significativos.
- (4) La tabla original incluye más notas que no se han considerado aquí ya que no son pertinentes a la presente evaluación

FUENTE: Cuadro 1.1., Capítulo 1, Volumen 3 de las GL2006 (IPCC, 2006a).

## 2.6 LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PERÚ

### 2.6.1 Las emisiones nacionales de GEI

De acuerdo con el documento presentado a la CMNUCC de la Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de la República del Perú (República del Perú, 2015); el Perú es un país de bajas emisiones per cápita y totales, con un porcentaje de participación mundial de solo 0.3% sobre el total de emisiones, de las cuales aproximadamente la mitad se originan en el sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS).

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Perú del año 2012<sup>42</sup> (MINAM, 2016c) es el último elaborado por el Perú y sus resultados fueron comunicados a la CMNUCC a través de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (MINAM, 2016a). El INGEI 2012 de Perú indica que las emisiones netas<sup>43</sup> totales para el año 2012 en el Perú fueron de 171,309.57 Gg CO<sub>2</sub> eq. De los cuales, el 50.63 % corresponde al sector USCUSS (86,741.95 Gg CO<sub>2</sub> eq), el 26.05 % al sector Energía (44,637.81 Gg CO<sub>2</sub> eq), el 15.20 % al sector Agricultura (26,043.68 Gg CO<sub>2</sub> eq), el 4.57 % al sector Desechos (7,822.59 Gg CO<sub>2</sub> eq), y el 3.54% al sector PIUP (6,063.54 Gg CO<sub>2</sub> eq)<sup>44</sup>. La Figura 6 presenta la distribución de las emisiones por sectores, donde claramente el sector USCUSS es el de mayor participación.

Asimismo, el INGEI 2012 de Perú, incluyó la actualización de las estimaciones para los años 2000, 2005 y 2010<sup>45</sup> (ver Figura 7). Los sectores diferentes a USCUSS presentan un crecimiento del 41.77 % del año 2000 al 2012, se excluye USCUSS porque la tendencia de su comportamiento no se define con claridad (MINAM, 2016a).

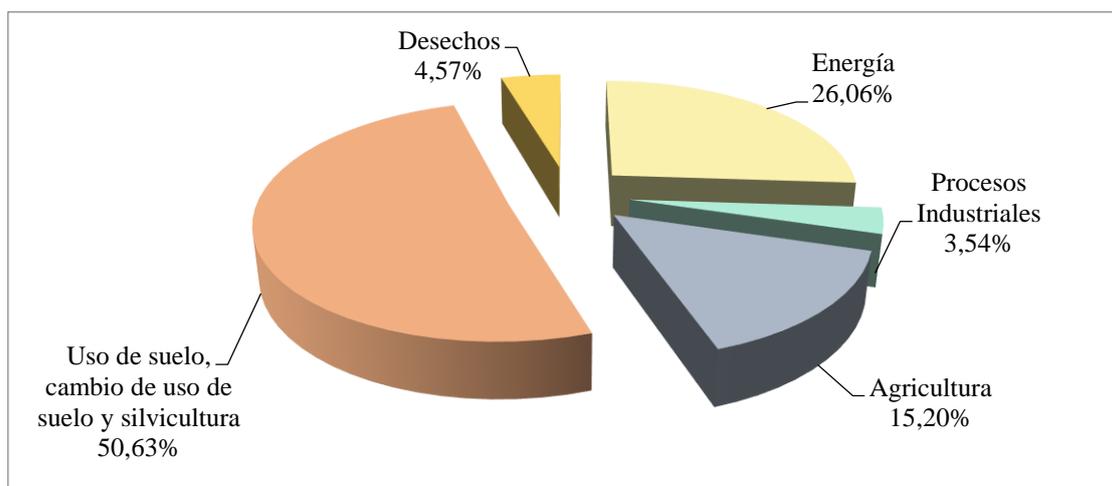
---

<sup>42</sup> En este documento se hace referencia a este inventario como el INGEI 2012 de Perú.

<sup>43</sup> Incluye emisiones y absorciones

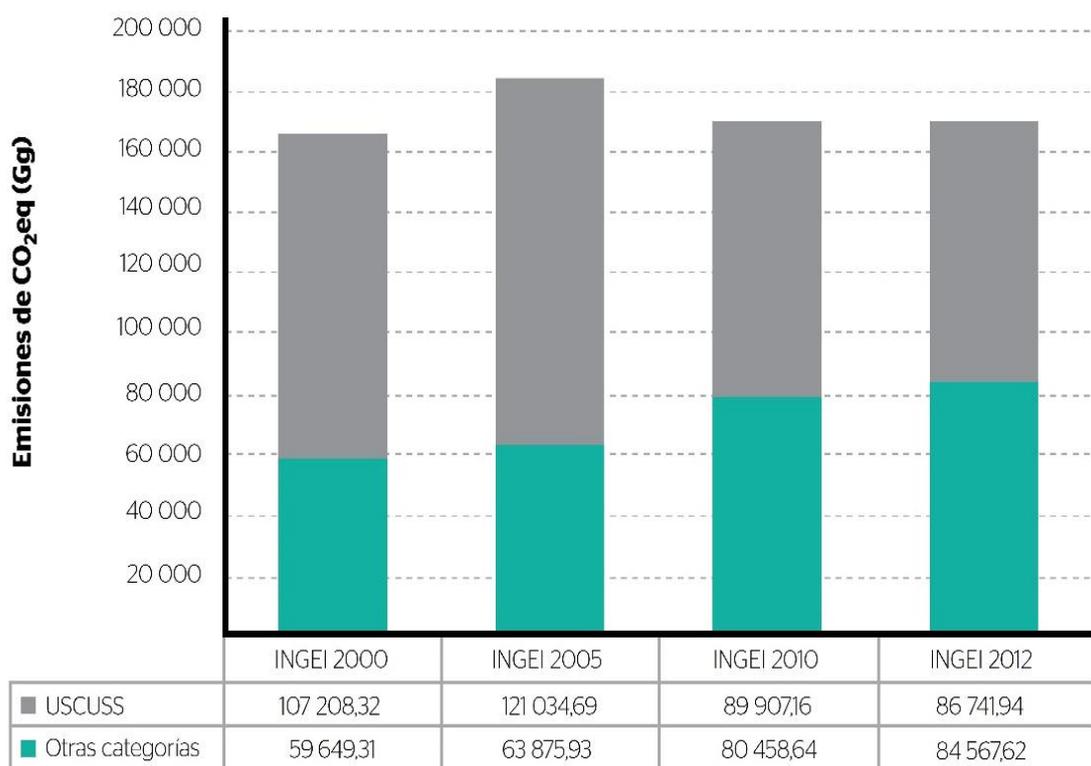
<sup>44</sup> El INGEI 2012 aplicó la metodología las GL2006 para los sectores Energía y PIUP. Por otro lado, aplicó las GL1996 para Agricultura, USCUSS y Desechos. Por eso no se presenta el sector AFOLU que, en las GL2006, integra USCUSS con Agricultura.

<sup>45</sup> Inventarios realizados previamente, la actualización permite la mejora de la calidad de los inventarios a la medida que se van generando capacidades e información.



**Figura 6. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2012**

FUENTE: (MINAM, 2016c)



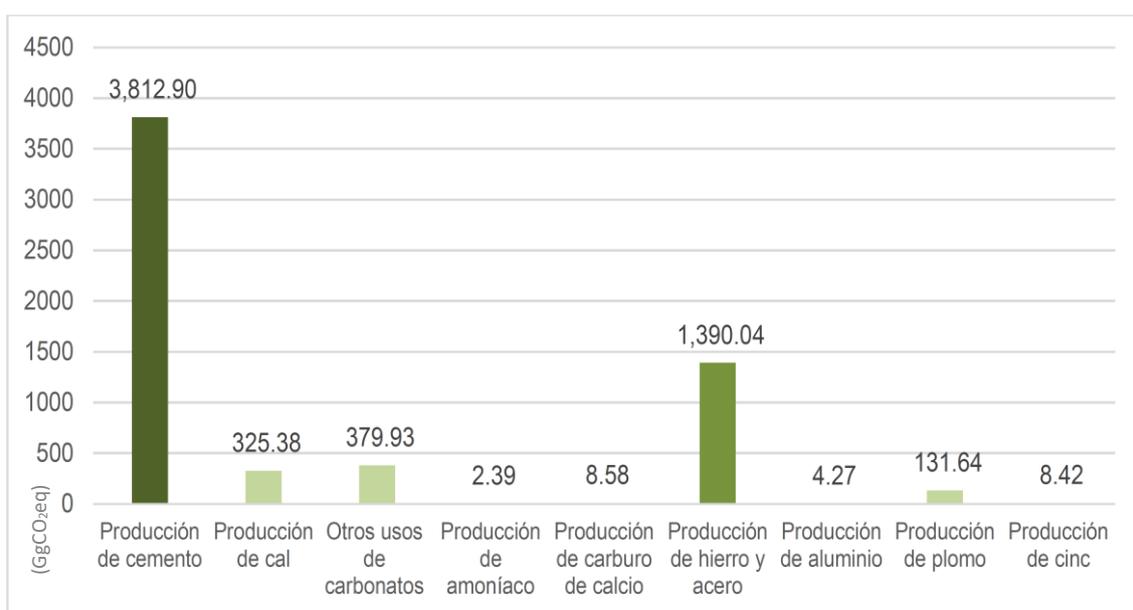
**Figura 7. Tendencia de las emisiones en el Perú entre 2000 y 2012**

FUENTE: (MINAM, 2016a)

Cabe señalar que los GEI que se consideran en el INGEI 2012 de Perú son dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), sin estimar otros, y que en el caso del sector PIUP, solo se estimaron emisiones de CO<sub>2</sub> (MINAM, 2016c), por tanto, para este caso, es indistinto el uso de CO<sub>2</sub> eq o CO<sub>2</sub> simplemente. Los valores de potencial de calentamiento global (o atmosférico) utilizados en el INGEI 2012 de Perú son los indicados Segundo Reporte del grupo de trabajo I del IPCC por GEI en un horizonte de tiempo de 100 años<sup>46</sup>.

## 2.6.2 Las emisiones de GEI del sector PIUP

El sector PIUP en el año 2012 emitió 6,063.54 Gg CO<sub>2</sub> eq, de los cuales se atribuye el 74.51% a la industria de los minerales (4,518.2 Gg CO<sub>2</sub> eq) (MINAM, 2016c). La Figura 8 describe las emisiones distribuidas en subcategorías de fuentes (de acuerdo con la metodología GL2006 del IPCC utilizada para el sector PIUP).



**Figura 8. Distribución de las emisiones del sector PIUP por subcategorías**

FUENTE: (MINAM, 2016c)

<sup>46</sup> PCA del CO<sub>2</sub> = 1; PCA del CH<sub>4</sub> = 21 y PCA del N<sub>2</sub>O = 310

Asimismo, se identifica a la Producción de Cemento como una (sub)categoría principal<sup>47</sup> y la única identificada para el sector PIUP mediante el análisis de categorías principales que establece las GL2006 (MINAM, 2016a). La producción de cemento representa el 62.88 % de las emisiones de GEI (3 812,90 Gg CO<sub>2</sub> eq) del sector PIUP y el 84.39 % de la categoría de Industria de los Minerales (MINAM, 2016c).

### **2.6.3 La industria peruana y sus emisiones en el sector Procesos Industriales y Uso de Productos**

En el año 2016, el Producto Bruto Interno (PBI) del sector manufactura participó con el 12.78 % del PBI nacional, en el año 2012 (año de estimación del último INGEI de Perú publicado) dicho porcentaje de participación era del 15.13 % (BCRP, 2017), aunque a niveles absolutos el PBI de manufactura ha seguido creciendo, se puede identificar una desaceleración en los últimos años. El “Anuario Estadístico de MYPE e Industria, 2015” (PRODUCE, 2016) indica que los principales factores que afectan el desempeño de la producción manufacturera están relacionados con el comportamiento del sector externo, el comportamiento del sector interno, el comportamiento del sector construcción y otros factores extraeconómicos. El desempeño del sector externo se ve afectado positivamente por el crecimiento del mercado externo (representado por el PBI de la economía mundial) y a la inversión privada. Asimismo, el desempeño se ve afectado por el comportamiento de la demanda de bienes para exportaciones. Por otro lado, el sector interno se caracteriza por el consumo y demanda interna, la inversión privada y la diversificación de productos. Entre los factores extraeconómicos se encuentran la disponibilidad de materia prima y su dependencia con los factores climáticos (PRODUCE, 2016).

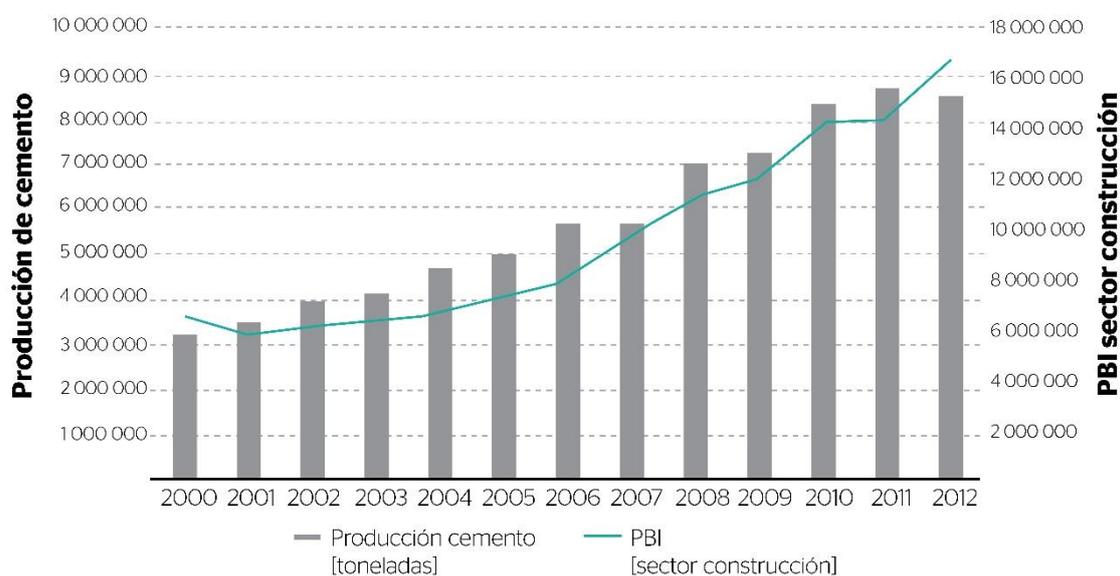
El comportamiento del sector económico construcción afecta el desempeño manufacturero de las actividades vinculadas a dicho sector. Este comportamiento se caracteriza por factores como la ejecución de proyectos de infraestructura, que se vincula directamente con la producción de cemento, y la inversión privada en el sector minero. Un aumento en estos factores significa el aumento en la demanda de productos. Las principales actividades no primarias orientadas al sector construcción son: cemento, cal y yeso; productos de plástico; muebles; pinturas y barnices; materiales de construcción;

---

<sup>47</sup> Una categoría principal es aquella fuente o sumidero que aporta significativamente en el nivel absoluto de las emisiones o en la tendencia (puede ser también referida a una subcategoría como es este caso).

artículos de hormigón y cemento; estructuras metálicas; maquinaria para explotación minera.

En relación con PIUP, las estimaciones realizadas en el marco de los inventarios nacionales solo abarcan determinadas industrias y procesos (industria de los minerales, industria química e industria de los metales, siguiendo las GL2006), siendo la producción de cemento la fuente más significativa de emisiones de GEI. Tal como se menciona líneas arriba, esta actividad es vinculada al sector construcción. En la siguiente Figura 9 se puede comparar la evolución de las emisiones de GEI por la producción de cemento con el PBI del sector construcción, donde se puede identificar similitudes en la tendencia.



**Figura 9. Evolución de las emisiones de GEI por la producción de cemento (en toneladas) versus PBI del sector Construcción (en Soles)**

FUENTE: (MINAM, 2016a)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES

La lista completa de documentos revisados se presenta en la sección VII que corresponde a las referencias bibliográficas. Los documentos utilizados para el desarrollo de la evaluación fueron:

- Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006a)
- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012 de Perú (MINAM, 2016c)
- Planilla de cálculo del sector Procesos Industriales y Uso de Productos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012 (MINAM, 2016d)
- Segundo Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile, Serie 1990-2013 (Versión 2.0) de Chile (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2017)
- Primer Informe Bienal De Actualización Ante La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de Colombia (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería de Colombia, 2015)

Por otro lado, para el procesamiento de la información y la redacción del presente documento se utilizaron computadoras con el sistema operativo *Windows 10* y programas informáticos de *Microsoft Office 365 Personal (2016)*. Asimismo, fue necesario el acceso a la *internet*.

#### 3.2 MÉTODOS

La evaluación partió de la revisión bibliográfica de los documentos oficiales más actualizados relacionados al tema central del trabajo. Para cada objetivo específico se plantearon diferentes enfoques de revisión y análisis. En este sentido, los métodos de la evaluación se describen de manera detallada al inicio de las secciones 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4. Los documentos utilizados para la evaluación son los enlistados en la sección anterior.

En casi todos los casos, fue posible acceder a los documentos de manera digital a través de la *internet*. En este trabajo, se considera que la fecha de cierre de la revisión de la bibliografía es el 14 de setiembre del 2017.

Para garantizar la calidad de la información utilizada se recurrió a los informantes oficiales y a sus respectivas páginas *web*. Entre ellas, se destaca la página web del Infocarbono (<http://infocarbono.minam.gob.pe/>) donde se publican los informes y planillas de los INGEI de Perú.

## **IV. DESARROLLO DEL TEMA Y DISCUSIÓN**

### **4.1 EVALUACIÓN DEL ALCANCE DE LAS METODOLOGÍAS DE LAS GL2006 PARA EL SECTOR PIUP**

El sector PIUP incluye una gran variedad de actividades industriales, y además los GEI que pueden producirse en ellas son diversos. En este marco, el IPCC en sus GL2006 ha identificado las fuentes posibles de emisión para el sector PIUP (Volumen 3 de las GL2006), aunque no ha establecido orientaciones metodológicas para la estimación de todas ellas. Esto se ve reflejado en la Tabla 1 de la sección 2.5.4 del presente documento que corresponde al Cuadro 1.1. del Volumen 3 de las GL2006 que presenta las “Categorías de Procesos Industriales y Uso de Productos y sus posibles emisiones de GEI”. Cabe indicar que también pueden existir actividades no identificadas o por definir, que podrían ser denominadas como “Otros”. Asimismo, se observa que las actividades no producen los mismos gases.

Al analizar la mencionada tabla (Tabla 1 de la sección 2.5.4) se observa que las GL2006 subdivide el sector PIUP en ocho categorías. Siete de ellas definidas y una de ellas abierta denominada como “Otros” (código 2H), que, a diferencia de las seis primeras, no cuenta con orientaciones metodológicas. Cada categoría está dividida en subcategorías, y para algunas subcategorías se subdivide en procesos y/o actividades. Considerando que las estimaciones se realizan por cada GEI y para cada fuente identificada, se evaluó el alcance de las GL2006 para el sector PIUP (en base a la Tabla 1 de la sección 2.5.4), determinando cuántas fuentes se identifican por subcategoría y por GEI en comparación con cuántas fuentes cuentan con orientaciones metodológicas por subcategoría y por GEI.

La evaluación realizó la contabilidad de fuentes a nivel de subcategorías, integrando subdivisiones de fuentes dentro de ellas. En este sentido, se ha considerado que una subcategoría cuenta con orientaciones metodológicas cuando alguna o todas las fuentes identificadas en sus subdivisiones contaban con orientaciones. En la contabilidad, no se han considerado las subcategorías denominadas como “Otros” que no están definidas. La Tabla 2 presenta los resultados de esta evaluación.

**Tabla 2. Evaluación del alcance de las orientaciones metodológicas de las GL2006 en el sector PIUP**

Categoría	Número de subcategoría	Número de subcategorías por GEI que emiten (Número de subcategorías con orientaciones metodológicas por GEI)							
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Otros gases halogenados	Total
<b>2A: Industria de los minerales</b>	4	4 (4)	4 (0)	0	0	0	0	0	8 (4)
<b>2B: Industria química</b>	9	8 (5)	8 (2)	8 (3)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	28 (14)
<b>2C: Industria de los metales</b>	6	6 (6)	3 (2)	2 (0)	1 (1)	2 (2)	1 (1)	1 (1)	16 (13)
<b>2D: Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes</b>	2	2 (2)	1 (0)	1 (0)	0	0	0	0	6 (2)
<b>2E: Industrial electrónica</b>	4	1 (0)	0	1 (0)	3 (3)	3 (3)	3 (3)	4 (4)	15 (13)
<b>2F: Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono</b>	5	3 (0)	0	0	5 (5)	5 (4)	0	5 (0)	18 (9)
<b>2G: Manufactura y utilización de otros productos</b>	3	0	0	1 (1)	0	2 (2)	2 (2)	2 (0)	7 (5)
<b>2H: Otros</b>	2	2 (0)	2 (0)	0	0	0	0	0	4 (0)
<b>Total</b>	35	26 (17)	18 (4)	15 (4)	10 (10)	13 (12)	7 (7)	13 (6)	102 (60)

Notas:

- (1) Esta tabla muestra a nivel de subcategorías, integrando subdivisiones de fuentes dentro de ellas.
- (2) El “número de subcategorías por GEI que emiten” indica el número de subcategorías, dentro de la categoría correspondiente señalada en la primera columna, que se han identificado en las GL2006 que tienen una vinculación a una emisión de determinado GEI.
- (3) El "número de subcategorías con orientaciones metodológicas por GEI" indica el número de subcategorías, dentro de la categoría correspondiente señalada en la primera columna, que cuentan con orientaciones metodológicas en las GL2006.
- (4) En la contabilidad, no se han considerado las subcategorías denominadas como “Otros” que son fuentes indefinidas.
- (5) Se ha considerado que una subcategoría cuenta con orientaciones metodológicas, incluso cuando algunas de fuentes no contaban con orientaciones y otras sí, porque el análisis es a nivel de subcategorías.

FUENTE: Elaboración propia a partir de IPCC (2006b)

En total el sector PIUP tiene 35 subcategorías, sin incluir las denominadas como “Otros” que no son indefinidas, aunque incluyendo dos subcategorías dentro de la categoría

“Otros”<sup>48</sup>. Si se multiplica cada subcategoría por los GEI que podría emitir y los resultados de todas se suman, se obtiene un total de 102 posibles fuentes de emisiones. Las GL2006 solo brindan orientaciones metodológicas para 60 de ellas.

De las 60 fuentes de GEI que cuentan con orientaciones, 25 corresponden a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), u óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Con respecto al CO<sub>2</sub>, se identifican 26 fuentes de emisión de las cuales 17 tienen orientaciones en las GL2006. Con respecto al CH<sub>4</sub>, de las 18 fuentes identificadas, 4 tienen orientaciones metodológicas. Para N<sub>2</sub>O de las 15 fuentes identificadas, 4 tienen orientaciones metodológicas.

En la categoría “Industria de los minerales” solo se identifican emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. En esta categoría, 4 de las 8 fuentes identificadas cuentan con orientaciones metodológicas. Sin embargo, solo hay orientaciones para CO<sub>2</sub>.

En la categoría “Industria química” se identifican emisiones para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFC, SF<sub>6</sub> y otros gases halogenados, pero 8 de sus 9 subcategorías están vinculadas exclusivamente a emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, siendo la excepción la subcategoría de producción fluoroquímica que se asocia a las emisiones de HFC, PFC, SF<sub>6</sub> y otros gases halogenados. En esta categoría, 14 de las 28 fuentes identificadas cuentan con orientaciones metodológicas.

En la categoría “Industria de los metales” se identifican emisiones para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub> y otros gases halogenados, pero el gas más recurrente es el CO<sub>2</sub> que se presenta en todas las subcategorías. En esta categoría, 13 de las 16 fuentes identificadas cuentan con orientaciones metodológicas.

En la categoría “Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes” se identifican emisiones para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O. En esta categoría, 2 de las 6 fuentes identificadas cuentan con orientaciones metodológicas, y ambas corresponden a emisiones de CO<sub>2</sub>.

En la categoría “Industrial electrónica” se identifican emisiones para CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub> y otros gases halogenados. En esta categoría, 13 de las 15 fuentes identificadas cuentan con orientaciones metodológicas, y corresponden a emisiones de HFC, PFC, SF<sub>6</sub>

---

<sup>48</sup> El IPCC identifica como subcategorías en la categoría “Otros” a la Industria de la pulpa y del papel y la Industria de la alimentación y la bebida, pero no tiene orientaciones metodológicas.

y otros gases halogenados. Las fuentes identificadas para CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O (ambas correspondientes a la subcategoría de circuitos integrados o semiconductores), no cuentan con orientaciones metodológicas.

En la categoría “Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono” se identifican emisiones para CO<sub>2</sub>, HFC, PFC y otros gases halogenados. En esta categoría, 9 de las 18 fuentes identificadas cuentan con orientaciones metodológicas, y corresponden a emisiones de HFC y PFC.

En la categoría “Manufactura y utilización de otros productos” se identifican emisiones para N<sub>2</sub>O, PFC, SF<sub>6</sub> y otros gases halogenados. En esta categoría, 5 de las 7 fuentes identificadas cuentan con orientaciones metodológicas, y corresponden a emisiones de N<sub>2</sub>O, PFC, SF<sub>6</sub>.

Finalmente, en la categoría “Otros”, si bien se han identificado 2 subcategorías, estas no cuentan con orientaciones metodológicas. Cabe recordar que no se han considerado en la contabilidad las subcategorías denominadas como “Otros” para ninguna categoría.

## **4.2 EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE LAS GL2006 EN EL SECTOR PIUP DEL INGEI 2012 DE PERÚ**

De acuerdo con lo aplicado en el INGEI 2012 del Perú (MINAM, 2016c) y lo que indica la Guía para la elaboración del RAGEI del sector PIUP del Infocarbono (MINAM, 2016b), el alcance del sector PIUP en los INGEI del Perú solo considera tres de las categorías del sector PIUP: Industria de los Minerales (código: 2A), Industria Química (código: 2B), Industria de Metales (código: 2C). Aunque cabe indicar que dentro de ellas no todas las subcategorías son atendidas.

Para evaluar el alcance cubierto por el INGEI 2012 de Perú, se ha utilizado como objeto de análisis la misma tabla referida en la sección anterior (Tabla 1 de la sección 2.5.4) y se han incluido los resultados de las estimaciones del mencionado INGEI. El resultado es la Tabla 3 que presenta dicha integración de información solo considerando industria de los minerales, industria química e industria de los metales. Cuando no se ha realizado la estimación habiendo orientaciones metodológicas en las GL2006, se ha incluido la notación “NE” de “No Estimado”. La notación “\*” significa que no hay orientaciones metodológicas para la estimación en las GL2006 y las celdas sombreadas en gris oscuro sin información, significan que no se han identificado emisiones para determinado GEI y determinada actividad y/o proceso<sup>49</sup>.

El INGEI 2012 señala a las emisiones no calculadas como “No Estimadas (NE)”, esto puede significar dos cosas: que la actividad ocurre y no se ha estimado o que la actividad no ocurre y no se ha estimado. Asimismo, puede ocurrir que las emisiones no estimadas no sean significativas y, por tanto, su estimación no sea prioritaria. Sin embargo, el INGEI 2012, no profundiza sobre las razones de la “no estimación”.

Si consideramos la contabilidad a nivel de subcategorías como se hizo en la sección anterior, queda pendiente estimar 51 fuentes de emisión del sector PIUP que cuentan con orientaciones metodológicas, siendo de 22 de ellas, de las categorías de Industria de los minerales, Industria Química, Industria de Metales.

---

<sup>49</sup> Que pueden clasificarse como categoría, subcategoría o fuente de emisión.

**Tabla 3. Evaluación del alcance del INGEI 2012 de Perú**

Categorías y subcategorías		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Otros gases halogenados
<b>2</b>	<b>Procesos Industriales y uso de productos</b>	6,063.54						
2A	<b>Industria de los minerales</b>	4,518.20						
2A1	Producción de Cemento	3,812.90	*					
2A2	Producción de Cal	325.38	*					
2A3	Producción de Vidrio	NE	*					
2A4	Otros usos de Carbonatos	379.93						
2A4a	Cerámicas	352.98	*					
2A4b	Otros usos de la Ceniza de Sosa	26.95	*					
2A4c	Producción de Magnesio no metalúrgica	NE	*					
2A4d	Otros	NE	*					
2A5	Otros	NE	*	*				
<b>2B</b>	<b>Industria química</b>	10.97						
2B1	Producción de Amoníaco	2.39	*	*				
2B2	Producción de Ácido Nítrico	*	*	NE				
2B3	Producción de Ácido Adípico	*	*	NE				
2B4	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	*	*	NE				
2B5	Producción de Carburos	8.58	NE	*				
2B6	Producción de Dióxido de Titanio	NE	*	*				
2B7	Producción de Ceniza de Sosa	NE	*	*				
2B8	Producción petroquímica y de negro de humo							
2B8a	Metanol	NE	NE	*				
2B8b	Etileno	NE	NE	*				
2B8c	Dicloruro de etileno y monómero cloruro de vinilo	NE	NE	*				
2B8d	Óxido de etileno	NE	NE	*				
2B8e	Acilonitrilo	NE	NE	*				
2B8f	Negro de humo	NE	NE	*				
2B9	Producción fluoroquímica							
2B9a	Emisiones de productos derivados				NE	NE	NE	NE
2B9b	Emisiones fugitivas				NE	NE	NE	NE
2B10	Otros	*	*	*	*	*	*	*
<b>2C</b>	<b>Industria de los metales</b>	1,534.37						
2C1	Producción de Hierro y Acero	1,390.04	NE	*				
2C2	Producción de Ferroaleaciones	NE	NE	*				
2C3	Producción de Aluminio	4.27	*			NE		
2C4	Producción de Magnesio	NE			NE	NE	NE	NE
2C5	Producción de Plomo	131.64						
2C6	Producción de Zinc	8.42						
2C7	Otros	*	*	*	*	*	*	*

Notas:

- (1) «\*» denota los gases que pueden ocasionar emisiones, pero para los cuales no se dan orientaciones metodológicas en el volumen 3 de las GL2003.
- (2) Las celdas sombreadas en gris oscuro indican que el IPCC no ha identificado fuentes de emisión o sumideros alguno o no son significativos.

FUENTE: Elaboración propia a partir del informe del INGEI 2012 de Perú (MINAM, 2016c)

Los GEI que se consideran en el INGEI 2012 de Perú son CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O. En el caso del sector PIUP, en el INGEI solo se estiman emisiones de CO<sub>2</sub> (MINAM, 2016c). En total estima diez fuentes de emisión considerando dos subdivisiones en la subcategoría de Otros Usos de Carbonatos (cerámicas y otros usos de ceniza de sosa)<sup>50</sup>. A nivel de subcategorías, comparando la Tabla 3 con Tabla 2, se puede identificar que el alcance del INGEI se limita en la estimación del 15 % de las fuentes de PIUP que cuenta con orientaciones metodológicas. La categoría que se ha estimado de manera más completa, de acuerdo con la disponibilidad de orientaciones metodológicas, es la Industria de los Minerales que, de sus cuatro subcategorías, se atienden tres (sin considerar denominadas como “Otros”). Sin embargo, que se estimen las emisiones de más fuentes no significa que las emisiones sean más significativas.

---

<sup>50</sup> En este caso, si se está contabilizando las subdivisiones dentro de la subcategoría. En el análisis anterior solo se contabilizaba a nivel de subcategorías.

### 4.3 COMPARACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS GL2006 PARA EL SECTOR PIUP EN LOS INGEI DE PERÚ, CHILE Y COLOMBIA

Para llevar a cabo una evaluación mediante la comparación de la aplicación de las GL2006 para PIUP en los INGEI de Perú, Chile y Colombia, se ha revisado la información oficial publicada de los tres países sobre sus emisiones de GEI en el año 2012. Los documentos analizados fueron el INGEI del año 2012 de Perú (MINAM, 2016c), el Segundo Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile serie 1990-2013 (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2017) y la sección sobre el INGEI de Colombia reportado en su Primer Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC (IDEAM et al., 2015). A modo de introducción, en la Tabla 4 se caracterizan las emisiones de Perú comparadas con Chile y Colombia, y se incluye la información de las emisiones que corresponden al sector de PIUP, para el año 2012. Asimismo, los anexos D y E complementan esta evaluación con información sobre el PBI y otros indicadores.

**Tabla 4. Emisiones nacionales y del sector PIUP de Perú, Chile y Colombia en el año 2012**

	<b>Perú</b>	<b>Chile</b>	<b>Colombia</b>
Emisiones nacionales totales (Gg CO <sub>2</sub> eq)	171,309.57	74,899.87	178,258.00
Emisiones nacionales per cápita (ton CO <sub>2</sub> eq/ Hab.)	5.68	4.29	3.80
Emisiones del sector PIUP (Gg CO <sub>2</sub> eq)	6,063.54	7,214.87	9,865.40
Participación de PIUP en el total nacional (porcentaje del total nacional, %)	3.54%	9.63%	5.53%
Emisiones de PIUP per cápita (ton CO <sub>2</sub> eq/ Hab.)	0.20	0.41	0.21

FUENTE: Elaboración propia a partir de MINAM (2016c), Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú (2017), Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2017), Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (2017), IDEAM et al., (2015), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2017)

La decisión de comparar Perú con Chile y Colombia se llevó a cabo habiéndose revisado la información disponible de varios países que son No Anexo I en la CMNUCC. En este sentido, se encontró que Chile, Colombia y Perú presentaban documentación

suficientemente transparente sobre la metodología aplicada en sus inventarios, que permitía el análisis<sup>51</sup>. Además, todos aplicaron las GL2006 para el sector PIUP.

En la Tabla 5 se realiza la comparación de la aplicación de las GL2006 en las estimaciones del sector PIUP en los inventarios de Perú, Chile y Colombia. Dado que se ha utilizado el INGEI 2012 de Perú como documento central, esta comparación no abarca gases diferentes a CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O; ni las categorías 2E, 2F, 2G, 2H. La pregunta “¿Se estimó?” pregunta si dicha subcategoría (o fuente de emisión) ha sido estimada en los respectivos inventarios. En el caso de Chile, que es el único país de los tres que en su documento de inventario diferencia las fuentes que “No Ocurren” con las fuentes No estimadas<sup>52</sup>, una respuesta negativa a dicha pregunta significa ambos casos, es decir, que la fuente no ha sido estimada o que la fuente no ocurre. El objetivo de la tabla es servir para evaluar el impacto del alcance de las estimaciones en los resultados (ver Tabla 6).

Además, se evaluó el cumplimiento de los principios de calidad que establecen las GL2006 para elaborar los inventarios (ver sección 2.4.2). Para ello se revisaron los tres documentos de los países referidos al inicio de la presente sección y, para cada principio (transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud) se establecieron criterios para evaluar los INGEI de los tres países, específicamente en el sector PIUP. La Tabla 7 presenta los resultados de esta evaluación comparativa.

La transparencia fue evaluada en base a cómo se puede acceder a la información y cuán detallada se encuentra. La coherencia se evalúa en relación con los años de la serie temporal evaluados y las metodologías aplicadas. La comparabilidad en relación con la metodología usada para el año 2012 para el sector PIUP en los tres países. La exhaustividad se evalúa en función al alcance de las estimaciones y cuanto no se ha estimado. Cabe notar que, para describir la exhaustividad, a diferencia de la tabla anterior, se han considerado los seis GEI directos (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub>) y el total de categorías y subcategorías del sector PIUP que cuentan con orientaciones metodológicas

---

<sup>51</sup> En el caso de Colombia, existe un documento más actual sobre sus emisiones de GEI con información del año 2012 (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería de Colombia, 2016), sin embargo, no detalla los métodos usados, por lo que, para poder comparar las metodologías aplicadas, se ha optado por utilizar el Primer Informe Bienal dado que presenta información de manera más completa.

<sup>52</sup> Son diferentes conceptos, se usa No Estimado cuando no se ha atendido la fuente, pero esto no significa que la fuente ocurra.

(excepto 2H y “Otros”). Finalmente, el nivel de cálculo hace referencia al principio de exactitud, ya que mientras más alto es el nivel es más exacta la estimación.

Los tres países son partes No Anexo I y los tres aplican la metodología más actual del IPCC, es decir las GL2006. Los resultados de las estimaciones se ven afectados por el alcance de la aplicación de las metodologías.

En los tres países se evidencia que las emisiones del sector PIUP no son muy significativas porcentualmente con las emisiones nacionales. Pues representa el 3.54 % en Perú, el 9.63 % en Chile y el 5.53 % en Colombia. Al analizar la cobertura de los cálculos se puede apreciar que hay diferencias y en ningún caso se completan las categorías. Las categorías que son atendidas por los tres países (aunque de manera parcial) son industria de los minerales, industria química e industria de los metales. De estas tres, la que se aborda de manera más completa es industria de los minerales. Asimismo, comparando con los resultados, es la que tiene mayor participación en el sector PIUP. Sin embargo, que algunas fuentes de emisión no se hayan estimado no quiere decir necesariamente que en todos esos casos se afecte el resultado, ya que existe la posibilidad de que algunas de las fuentes no estimadas, no sean significativas o que las emisiones ni siquiera ocurren, pudiendo haber una relación entre disponibilidad de información y magnitud de la fuente.

Chile es el único país de los tres que en su documento de inventario especifica alguna de las fuentes como “No Ocurren”. Asimismo, es el país que tiene una serie de tiempo más extensa (14 años) y el más exhaustivo en sus estimaciones.

En relación con la transparencia, Perú a través de la página web de Infocarbono es el país que tiene mayor transparencia pues no solo publica el reporte final del INGEI, sino también las planillas de cálculo.

En los tres países se aplica predominantemente el nivel 1 del método de cálculo con algunas excepciones principalmente en la subcategoría de Industria de los Minerales. Cabe destacar que los tres países estiman las emisiones de la producción de cemento con un método de cálculo de nivel 2, y que es la fuente de emisión más importante de PIUP en los tres casos.

**Tabla 5. Comparación de la aplicación de las GL2006 en el sector PIUP para la estimación del INGEI del año 2012 de Perú, Chile y Colombia**

Categorías	Perú						Chile						Colombia					
	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método
<b>2A</b>	<b>Industria de los minerales</b>																	
2A1	Sí	2					Sí	2					Sí	2				
2A2	Sí	1					Sí	2					Sí	1				
2A3	No	-					Sí	2					No	-				
2A4																		
2A4a	Sí	1					No	-					No	-				
2A4b	Sí	1					No	-					Sí	1				
2A4c	No	-					No	-					No	-				
2A4d	No	-					No	-					No	-				
2A5	No	-					No	-					No	-				
<b>2B</b>	<b>Industria química</b>																	
2B1	Sí	1					No	-					Sí	1				
2B2					No	-					Sí	1					Sí	1
2B3					No	-					No	-					No	-
2B4					No	-					No	-					Sí	1
2B5	Sí	1	No	-			No	-	No	-			No	-	No	-		
2B6	No	-					No	-					Sí	1				
2B7	No	-					No	-					No	-				
2B8																		
2B8a	No	-	No	-			Sí	1	Sí	1			No	-	No	-		
2B8b	No	-	No	-			Sí	1	Sí	1			No	-	No	-		
2B8c	No	-	No	-			No	-					No	-	No	-		
2B8d	No	-	No	-			No	-					No	-	No	-		
2B8e	No	-	No	-			No	-					No	-	No	-		
2B8f	No	-	No	-			No	-					Sí	1	Sí	1		

**Tabla 5. Comparación de la aplicación de las GL2006 en el sector PIUP para la estimación del INGEI del año 2012 de Perú, Chile y Colombia (continuación)**

Categorías	Perú						Chile						Colombia					
	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método	¿Se estimó?	Nivel del método
2B9	Producción fluorquímica																	
2B9a	Emisiones de productos derivados																	
2B9b	Emisiones fugitivas																	
2B10	Otros																	
<b>2C</b>	<b>Industria de los metales</b>																	
2C1	Producción de Hierro y Acero	Sí	1	No	-		Sí	1	No	-		Sí	1	No	-			
2C2	Producción de Ferroaleaciones	No	-	No	-		Sí	1	No	-		Sí	1	No	-			
2C3	Producción de Aluminio	Sí	1				No	-				No	-					
2C4	Producción de Magnesio	No	-				No	-				No	-					
2C5	Producción de Plomo	Sí	1				No	-				No	-					
2C6	Producción de Cinc	Sí	1				No	-				No	-					
2C7	Otros																	
<b>2D</b>	<b>Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes</b>																	
2D1	Uso de lubricantes	No	-				Sí	1				Sí	1					
2D2	Uso de la cera de parafina	No	-				Sí	1				Sí	1					
2D4	Otros																	

Notas:

- (1) Las celdas con líneas en diagonal hacen referencia a fuentes de emisión que no tienen orientaciones metodológicas para la estimación en la GL2006.
- (2) Las celdas sombreadas y vacías indican que no hay fuente de emisión significativa.
- (3) Las celdas sombreadas que indican "No" o "- ", corresponden a fuentes de emisión que, si bien cuentan con orientaciones metodológicas para la estimación en las GL2006, no han sido estimadas. Las razones pueden ser diversas, pero no han sido evaluadas (por ejemplo, pueden ser que no ocurran en el país, que no se cuente con información, que no hubo recursos suficientes para realizarlo, entre otros).
- (4) En la comparación, no se consideran las categorías 2E, 2F, 2G para los cuales ninguno de los tres países reporta CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O.
- (5) En la comparación, no se consideran otros gases diferentes a CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O.

FUENTE: Elaboración propia a partir de MINAM (2016), Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2017) e IDEAM et al. (2015)

Asimismo, en la Tabla 6 se comparan los alcances de las estimaciones de los INGEI con los resultados obtenidos para PIUP.

Tabla 6. Comparación del alcance de la estimación y los resultados del sector PIUP de los INGEI de Perú, Chile y Colombia

Categorías		Perú				Chile				Colombia			
		Emisiones de GEI en Gg CO <sub>2</sub> eq	Participación porcentual en PIUP (%)	Subcategorías consideradas	GEI considerado	Emisiones de GEI en Gg CO <sub>2</sub> eq	Participación porcentual en PIUP (%)	Subcategorías consideradas	GEI considerado	Emisiones de GEI en Gg CO <sub>2</sub> eq	Participación porcentual en PIUP (%)	Subcategorías consideradas	GEI considerado
2A	Industria de los minerales	4,518.20	74.51%	(1) Producción de cemento, (2) Producción de cal, (3) Otros usos de carbonatos (cerámicas y otros usos de ceniza de sosa)	CO <sub>2</sub>	2,645.50	36.67%	(1) Producción de cemento, (2) Producción de cal, (3) Producción de vidrio	CO <sub>2</sub>	5,186.00	52.57%	(1) Producción de cemento, (2) Producción de cal, (3) Otros usos de carbonatos (otros usos de la ceniza de sosa)	CO <sub>2</sub>
2B	Industria química	10.97	0.18%	(4) Producción de amoníaco, (5) Producción de carburos	CO <sub>2</sub>	1,437.00	19.92%	(3) Producción de ácido nítrico, (4) Producción petroquímica y de negro de humo (metileno y etileno)	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	766.50	7.77%	(4) Producción de amoníaco, (5) Producción de ácido nítrico, (6) Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico, (7) Producción de Dióxido de Titanio, (8) Producción petroquímica y de negro de humo (negro de humo)	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O

**Tabla 6. Comparación del alcance de la estimación con los resultados del sector PIUP de los INGEI de Perú, Chile y Colombia (continuación)**

Categorías		Perú				Chile				Colombia			
		Emisiones de GEI en Gg CO <sub>2</sub> eq	Participación porcentual en PIUP (%)	Subcategorías consideradas	GEI considerado	Emisiones de GEI en Gg CO <sub>2</sub> eq	Participación porcentual en PIUP (%)	Subcategorías consideradas	GEI considerado	Emisiones de GEI en Gg CO <sub>2</sub> eq	Participación porcentual en PIUP (%)	Subcategorías consideradas	GEI considerado
2C	Industria de los metales	1,534.37	25.30%	(6) Producción de hierro y acero, (7) Producción de aluminio, (8) Producción de plomo, (9) Producción de cinc	CO <sub>2</sub>	2,066.30	28.64%	(5) Producción de hierro y acero, (6) Producción de ferroaleaciones	CO <sub>2</sub>	2,903.10	29.43%	(9) Producción de hierro y acero, (10) Producción de ferroaleaciones	CO <sub>2</sub>
2D	Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes	–	–	–	–	633.80	8.78%	(7) Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes (uso de lubricantes y uso de la cera de parafina)	CO <sub>2</sub>	2.60	0.03%	(11) Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes (uso de lubricantes y uso de la cera de parafina)	CO <sub>2</sub>

FUENTE: Elaboración propia a partir de MINAM (2016), Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2017) e IDEAM et al. (2015)

**Tabla 7. Comparación del cumplimiento de los principios de calidad en el sector PIUP de los INGEI del año 2012 de Perú, Chile y Colombia**

<b>Principio</b>	<b>Perú</b>	<b>Chile</b>	<b>Colombia</b>
<b>Transparencia</b> (en función a la disponibilidad de información en internet)	- Informe completo (2016) (321 páginas)  - Planillas completas disponibles  - Plataforma web exclusiva para INGEI	- Informe completo (2017) (517 páginas)  - Plataforma web exclusiva para INGEI	- Informe como parte del reporte nacional ante la CMNUCC (2015) (225 páginas, pero incluye otros temas).
<b>Exhaustividad</b> (subcategorías con estimaciones, GEI directos emitidos, total de fuentes de emisión diferentes)	9 subcategorías con estimaciones  1 gas emitido: CO <sub>2</sub>  En total 10 fuentes de emisión estimadas en 9 subcategorías (2 de ellas son subdivisiones de la subcategoría 2A4, pero el mismo GEI)  <i>No se especifica si el resto de fuente. No Ocurren, o si solo son No estimadas</i>	13 subcategorías con estimaciones  6 gases emitidos: CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFC, PFC y SF <sub>6</sub>  En total 16 fuentes de emisión estimadas (en 13 subcategorías) y 28 fuentes de emisión que no ocurren (en 17 subcategorías)  <i>Sí se especifica cuando las emisiones No Ocurren o son No Estimadas.</i>	14 subcategorías con estimaciones  4 gases emitidos: CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFC  En total 15 fuentes de emisión estimadas en 14 subcategorías, (2 de ellas son de la emisión de dos GEI distintos en la subcategoría 2B8)  <i>No se especifica si el resto No Ocurren, son solo No estimadas</i>
<b>Coherencia</b> (años de la serie)	1994 (GL1996)  2000, 2005, 2010 y 2012 (GL2006)	1999 - 2013 (GL2006)	1990, 1994, 2000, 2004 (GL1996)  2010 y 2012 (GL2006)
<b>Comparabilidad</b> (metodología usada)	GL2006 del IPCC	GL2006 del IPCC	GL2006 del IPCC
<b>Exactitud</b> (nivel del método de cálculo)	Nivel 1 para todas excepto Producción de cemento que es Nivel 2	Nivel 1 para todas excepto Producción de cemento, cal y vidrio que son Nivel 2	Nivel 1 para todas excepto Producción de cemento que es Nivel 2

FUENTE: Elaboración propia a partir de MINAM (2016), Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2017) e IDEAM et al. (2015)

#### **4.4 REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA PARA LA CATEGORÍA DE INDUSTRIA DE LOS MINERALES EN EL INGEI 2012 DE PERÚ**

La categoría Industria de los minerales se refiere a los procesos que usan materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales (IPCC, 2006a). Como se ha podido desarrollar previamente, la categoría Industria de los minerales está compuesta por las siguientes subcategorías: producción de cemento, producción de cal y producción de vidrio, y otros usos de carbonatos. En la Tabla 8 se presentan las definiciones de las GL2006 (IPCC, 2006a) sobre estas categorías. Posteriormente en la Tabla 9 se evalúan los métodos aplicados para la Industria de los Minerales en el INGEI y la información utilizada comparándola con las GL2006. Adicionalmente como apoyo, se puede revisar el anexo F con las ecuaciones principales para la estimación de GEI de dichas subcategorías.

En la evaluación se identifica que no siempre la información que se requiere para aplicar los métodos de cálculo está disponible en el país. Algunas veces la información se presenta con diferentes nombres, unidades o debe ser calculada aplicando factores de conversión adicionales. Es necesario revisar también la información utilizada a profundidad, no solo sobre la fuente de donde se obtiene sino también de las características de los datos y de la representatividad de la muestra. Al revisar las planillas de cálculo se identificaron algunas imprecisiones en los enunciados, lo que puede provocar un error, que quizás en el INGEI 2012 de Perú no es evidente, sin embargo, a la medida que se repita el trabajo de estimación en futuros INGEI puede significar un mayor error si no se corrige, además dificulta el proceso de estimación cuando es realizado por un equipo profesional diferente al original. Ante esto, es necesario incrementar la transparencia de los datos y las actividades de aseguramiento de calidad.

Se identificaron posibles mejoras en producción de cemento y producción de cerámicas (dentro de otros usos de carbonatos) que no necesariamente implican grandes diferencias en los resultados. En producción de cemento la mejora está relacionada con la transparencia del inventario. En el segundo caso, la mejora corregiría un error en la interpretación de las GL2006.

La información de cemento es provista por empresas, sin embargo, esta información fue brindada a solicitud y no es obligatorio, ni parte de un reporte periódico.

No se ha realizado estimación de las emisiones de producción de vidrio, esto puede incluirse en futuros INGEI, si es que no se cuenta con información de la masa de vidrio producida, la opción recomendada es recurrir a las empresas principales.

Esta revisión se ha realizado para el año 2012, pero se debe recordar que también para el INGEI 2012 de Perú se ha actualizado la serie temporal. Si se revisara la serie de tiempo podría ocurrir que en algunos datos la información necesaria para el cálculo no está disponible para todos los años deseados, en ese caso se las GL2006 indican aplicar métodos para completar vacíos.

**Tabla 8. Descripción de las subcategorías de la categoría de Industria de los Minerales del sector PIUP en base a las GL2006**

Subcategoría y breve definición <sup>53</sup>	Descripción de las emisiones de GEI de la subcategoría <sup>54</sup>
<p><b>Producción de cemento</b></p> <p>La subcategoría 2A1 correspondiente a la producción de cemento, se define como las emisiones vinculadas a procesos de la producción de diversos tipos de cemento.</p>	<p>En la fabricación del cemento, el CO<sub>2</sub> se genera durante la producción de clínker, un producto intermedio constituido de nódulos, que luego se somete a una molturación fina conjuntamente, con una pequeña proporción de sulfato de calcio [yeso (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) o anhídruo (CaSO<sub>4</sub>)], para formar el cemento hidráulico (generalmente, el cemento portland).</p> <p>En la producción del clínker, se calienta o calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), para producir cal (CaO) y CO<sub>2</sub> como productos derivados. El CaO reacciona entonces con la sílice (SiO<sub>2</sub>), la alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), y el óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) presentes en las materias primas, para formar minerales de clínker (principalmente silicatos de calcio). La proporción de otros carbonatos diferentes del CaCO<sub>3</sub> en las materias primas es en general muy pequeña.</p> <p>El cemento puede fabricarse completamente a partir de clínker importado, en cuyo caso la planta de producción de cemento puede ser considerada libre de toda emisión de CO<sub>2</sub> relacionada con el proceso de fabricación. Durante la fabricación de clínker puede generarse polvo de horno de cemento (CKD, del inglés Cement Kiln Dust). En la estimación de las emisiones, para los niveles 2 y 3, deben tomarse en cuenta las emisiones asociadas al CKD, si se cuenta con la suficiente información para su estimación.</p>

<sup>53</sup> Definición de las GL2006, Volumen 1, Capítulo 8, pp. 8.19 - 8.27, Cuadro 8.2 (IPCC, 2006)

<sup>54</sup> Descripción de las GL2006, Volumen 3, Capítulos 2 (IPCC, 2006)

**Tabla 8. Descripción de las subcategorías de la categoría de Industria de los Minerales del sector PIUP en base a las GL2006 (continuación)**

Subcategoría y breve definición <sup>55</sup>	Descripción de las emisiones de GEI de la subcategoría <sup>56</sup>
<p><b>Producción de cal</b></p> <p>La subcategoría 2A2 se define como las emisiones vinculadas a procesos de la producción de diversos tipos de cal.</p>	<p>El óxido de calcio (CaO o cal viva) se forma al calentar la piedra caliza para descomponer los carbonatos. Este proceso, se hace generalmente en hornos (por ejemplo: rotatorios a altas temperaturas) y se libera CO<sub>2</sub>. Según los requerimientos del producto (por ejemplo, metalurgia, pulpa y papel, materiales de construcción, tratamiento de efluentes, ablandamiento de aguas, control del pH y estabilización de suelos), se utiliza principalmente la piedra caliza con fuerte proporción de calcio (calcita). La dolomita y las piedras calizas dolomíticas (con fuerte proporción de magnesio) pueden también procesarse a altas temperaturas para obtener cal dolomítica (y liberar CO<sub>2</sub>).</p> <p>La producción de cal se realiza en una serie de etapas, incluida la extracción de las materias primas, la trituración y el calibrado, la calcinación de las materias primas para producir cal y (si se requiere) la hidratación de la cal para obtener hidróxido de calcio. En algunos casos, el consumo de cal como producto puede no resultar en emisiones netas de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera. El uso de la cal hidratada para ablandar las aguas, por ejemplo, resulta en que el CO<sub>2</sub> reaccione con la cal para volver a formar carbonato de calcio, lo cual no produce emisiones de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera. De manera similar, el carbonato de calcio precipitado que se usa en la industria del papel, así como en otras aplicaciones industriales, es un producto derivado de la reacción entre el CO<sub>2</sub> y la cal viva con fuerte proporción de calcio.</p>

<sup>55</sup> Definición de las GL2006, Volumen 1, Capítulo 8, pp. 8.19 - 8.27, Cuadro 8.2 (IPCC, 2006)

<sup>56</sup> Descripción de las GL2006, Volumen 3, Capítulos 2 (IPCC, 2006), parcialmente adaptada.

**Tabla 8. Descripción de las subcategorías de la categoría de Industria de los Minerales del sector PIUP en base a las GL2006 (continuación)**

Subcategoría y breve definición <sup>57</sup>	Descripción de las emisiones de GEI de la subcategoría <sup>58</sup>
<p><b>Producción de vidrio</b></p> <p>La subcategoría 2A3 se define como las emisiones vinculadas a procesos de la producción de diversos tipos de vidrio.</p>	<p>La mayor parte del vidrio comercial se encuentra en las categorías de recipientes, vidrios planos (ventanas) constituidas casi enteramente de vidrio de cal sodada, que está compuesto de sílice (SiO<sub>2</sub>), sosa (Na<sub>2</sub>O) y cal (CaO), con pequeñas cantidades de alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y otros álcalis y tierras alcalinas, además de algunos ingredientes menores. Los fabricantes individuales aplican composiciones propias patentadas, pero son variaciones menores de la composición básica. Las principales materias primas del vidrio que emiten CO<sub>2</sub> durante el proceso de fundición son: la piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>), la dolomita Ca Mg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y la ceniza de sosa (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Estos materiales, representan una producción primaria de CO<sub>2</sub> y deben incluirse en las estimaciones de emisiones. Las materias primas menores del vidrio que emiten CO<sub>2</sub> son el carbonato de bario (BaCO<sub>3</sub>), la ceniza de hueso (3CaO<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + XCaCO<sub>3</sub>), carbonato de potasio (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) y el carbonato de estroncio (SrCO<sub>3</sub>). Además, el carbón pulverizado de antracita y otros materiales orgánicos pueden agregarse para crear condiciones reductoras en el vidrio fundido, que se combinarán con el oxígeno disponible en el fundido de vidrio para producir CO<sub>2</sub>. La acción de estos carbonatos en la fusión del vidrio constituye una reacción química compleja a altas temperaturas y no debe compararse directamente con la calcinación de carbonatos para producir cal viva o cal de dolomita quemada. Sin embargo, esta fusión (en la región de los 1500°C) tiene los mismos efectos netos desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub>. En la práctica, los fabricantes de vidrio no producen vidrio sólo a partir de materias primas, sino que algunos emplean una cierta cantidad de chatarra de vidrio reciclada (o cullet, del inglés).</p>

<sup>57</sup> Definición de las GL2006, Volumen 1, Capítulo 8, pp. 8.19 - 8.27, Cuadro 8.2 (IPCC, 2006)

<sup>58</sup> Descripción de las GL2006, Volumen 3, Capítulos 2 (IPCC, 2006), parcialmente adaptada.

**Tabla 8. Descripción de las subcategorías de la categoría de Industria de los Minerales del sector PIUP en base a las GL2006 (continuación)**

Subcategoría y breve definición <sup>59</sup>	Descripción de las emisiones de GEI de la subcategoría <sup>60</sup>
<p><b>Otros usos de carbonatos</b></p> <p>La subcategoría 2A4 comprende dos fuentes identificadas</p> <p>Cerámicas - 2A4a: se define como las emisiones vinculadas de procesos de la producción de ladrillos y tejas, tuberías de arcilla vitrificada, productos refractarios, productos de arcilla expandida, azulejos y pavimentos, vajillas y ornamentos cerámicos, sanitarios, cerámicas técnicas y abrasivos inorgánicos vinculadas a procesos de la producción de diversos tipos de cemento.</p> <p>Cerámicas - 2A4a: se define como las emisiones por el uso de cenizas de sosa que no se incluyeron en ningún otro lugar (la ceniza de sosa usada para la producción de vidrio debe declararse en 2A3).</p>	<p>Las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con los procesos de las cerámicas provienen principalmente de la calcinación de los carbonatos usados como materias primas o aditivos (particularmente de la arcilla, de los esquistos, de la piedra caliza, de la dolomita y de la witherita o carbonato de bario y de la piedra caliza como fundentes). Los carbonatos se calientan a altas temperaturas en un horno, lo que produce óxidos y CO<sub>2</sub>. La mayoría de los productos cerámicos se fabrican a partir de uno o más tipos de arcilla (p. ej., esquistos, arcilla refractaria y arcilla plástica).</p>

FUENTE: Elaboración propia a partir de GL2006 (IPCC, 2006a).

<sup>59</sup> Definición de las GL2006, Volumen 1, Capítulo 8, pp. 8.19 - 8.27, Cuadro 8.2 (IPCC, 2006)

<sup>60</sup> Descripción de las GL2006, Volumen 3, Capítulos 2 (IPCC, 2006), parcialmente adaptada.

**Tabla 9. Revisión de la información utilizada para la categoría Industria de los Minerales del sector PIUP en el INGEI 2012 de Perú**

Subcategorías / Fuente	GEI	Nivel del método	Dato de Actividad de acuerdo con las GL2006 (mínimos requeridos para el nivel)	Dato nacional utilizado según el INGEI 2012 (como se indica en su planilla)			Comentario (resultado de la revisión de la planilla del INGEI 2012 y las GL2006)
				Dato nacional	Fuente de información	Uso de la información	
2A4 Producción de cemento	CO <sub>2</sub>	2	Masa de clínker producido, toneladas	Producción de clínker en toneladas	Empresas cementeras del Perú (reportado para el INGEI 2012)	- El porcentaje de CaCO <sub>3</sub> es usado para estimar el % de CaO, y con este se estima el factor de emisión por la producción de clínker (FE <sub>cl</sub> en tCO <sub>2</sub> / t <sub>cl</sub> ). El FE <sub>cl</sub> se estima para cada tipo de cemento y empresa cementera. - La cantidad de clínker producida es multiplicada por su respectivo factor de emisión	Se identificó una incoherencia en la planilla en el dato nacional de las empresas, referente a la composición de CaCO <sub>3</sub> , pues se menciona que éste se encontraría en el clínker y no en la harina mezcla (como debería ser pues es parte de la materia prima), las descripciones de algunos datos son imprecisos. Se recomienda utilizar composición de CaO en el clínker para evitar conversiones adicionales y revisar las descripciones de los datos.
Contenido de CaO en clínker o contenido de CaCO <sub>3</sub> en la harina mezcla (porcentaje)			Composición del clínker (% CaCO <sub>3</sub> )				
2A2 Producción de cal	CO <sub>2</sub>	1	Producción de cal por tipo de cal (cal con fuerte proporción de calcio, cal de dolomita), toneladas	Producción de cal en toneladas	Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (reportado por el Ministerio de la Producción)	La cantidad de cal es multiplicada por el factor de emisión por defecto.	El cálculo es coherente con las GL2006. Sin embargo, es una limitación de las estadísticas que la información utilizada no considera cal que se puede producir como producto intermedio dentro de una empresa. Se recomienda revisar la fuente de información del Ministerio de la Producción en lugar de acceder al INEI y consultar fuentes complementarias de información.
2A3 Producción de vidrio	CO <sub>2</sub>	1	Masa del vidrio producido, toneladas Proporción de cullet (vidrio reciclado) para el proceso, fracción			(no estimado en el INGEI 2012)	

**Tabla 9. Revisión de la información utilizada para la categoría Industria de los Minerales del sector PIUP en el INGEI 2012 de Perú (continuación)**

Subcategorías / Fuente	GEI	Nivel del método	Dato de Actividad de acuerdo con las GL2006 (mínimos requeridos para el nivel)	Dato nacional utilizado según el INGEI 2012 (como se indica en su planilla)			Comentario (resultado de la revisión de la planilla del INGEI 2012 y las GL2006)
				Dato nacional	Fuente de información	Uso de la información	
2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos							
2A4a Cerámicas	CO <sub>2</sub>	1	Masa del carbonato (calcita o dolomita) consumido en los procesos, toneladas	Cantidad extraída de caliza/dolomita	Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI	- Se estima la cantidad de caliza/dolomita destinada a la producción de ladrillo (a partir del total extraído nacional y el porcentaje estimado para uso en ladrillos). - La cantidad de caliza/dolomita destinada a la producción de ladrillos se multiplica por el factor de emisión por defecto.	Se revisó el nivel de actividad utilizado y se identificó que no era el adecuado pues se utilizó el dato de extracción de caliza y dolomita nacional, cuando las cerámicas provienen principalmente de arcillas. Se propone cambiar el dato de nivel de actividad podría usarse producción de cerámicos con estadísticas del INEI y usar pesos promedios a través de criterio experto.
			Proporción de caliza /dolomita de los carbonatos utilizados	Fracción de caliza /dolomita extraída, que es usada en la fabricación de ladrillos			
2A4b Otros usos de la ceniza de sosa	CO <sub>2</sub>	1	Masa de ceniza de sosa consumida en los procesos, toneladas	Cantidad importada y fiscalizada de ceniza de sosa (se asume que el 100% de la ceniza de sosa es consumida)	Diagnóstico Situacional sobre cuatro insumos químicos controlados de mayor uso en la fabricación de drogas en el Perú - PRODUCE	La cantidad importada de ceniza de sosa (asumiendo que se consume el 100%) se multiplica por el factor de emisión por defecto.	El uso de la información es coherente con el método de las GL2006. Sin embargo, se debe notar que no hay dato directo para el año 2012 y obtuvo se aplicando una proyección a partir de un dato del año 2010.

FUENTE: Elaboración propia a partir de la revisión de las planillas del INGEI 2012 (MINAM, 2016d) y las GL2006 (IPCC, 2006a)

## V. CONCLUSIONES

1. El sector PIUP es un sector amplio, por lo tanto, requiere de investigación para desarrollar métodos estadísticamente confiables que puedan ser aplicables internacionalmente. Las GL2006 no brindan orientaciones metodológicas para estimar las emisiones de todas las fuentes de emisión que ha identificado, es decir, no cubren todo el alcance del sector. Sin embargo, no se puede afirmar que las fuentes de emisión no atendidas sean significativas. Asimismo, que el número de metodologías en un sector no significa que sea más emisor, solo que es más diverso y amplio.
2. La aplicación de las GL2006 para el sector PIUP también exige recursos que deben ser planificados y priorizados considerando que no todas las fuentes de emisión pueden ser significativas. El INGEI 2012 de Perú solo estima 9 subcategorías y solo las emisiones de dióxido de carbono que se distribuyen en tres categorías: industrias de los minerales, industria química e industria de metales. Aún existe una brecha de estimación, pero que existan metodologías en las GL2006, no significa que sea necesario estimar todo. Sucederá en algunos casos, que la actividad no ocurre o que no es significativa.
3. Si bien en el INGEI 2012 de Perú, no se han evaluado completamente todas las categorías que propone el IPCC, esto no invalida sus resultados. Dado que el Perú es un país No Anexo I, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático recomienda la elaboración de los INGEI a la medida de los recursos y las capacidades disponibles.
4. Las emisiones del sector PIUP no son las más significativas porcentualmente con las emisiones nacionales. Representan el 3.54 % en Perú, el 9.63 % en Chile y el 5.53 % en Colombia. La industria de los minerales en los INGEI del año 2012 de Perú, Chile y Colombia es la que tiene mayor aporte en el sector PIUP y que se suele estimar con mayor exhaustividad. Aunque el único GEI que puede estimarse con las GL2006 en dicha categoría es el dióxido de carbono.
5. Los resultados de las estimaciones se ven afectados por la exhaustividad con que se desarrollan. Aunque los resultados pueden ser similares entre países, es

importante analizar los métodos aplicados, la información utilizada y el alcance de las estimaciones para comprender cuán comparables son los INGEI.

6. Se puede identificar que no siempre la información que se requiere para aplicar los métodos de cálculo está disponible en el país. Además, la información se presenta a veces con diferentes nombres, unidades o debe ser calculada aplicando factores de conversión adicionales.
7. El Acuerdo de París y la puesta en marcha de las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) exigen que el Perú avance en el desarrollo de sus inventarios y mejore la calidad de sus procesos ya que el INGEI es un elemento de información para dar seguimiento al cumplimiento de la NDC. La revisión y actualización de los INGEI no solo permite la mejora de la calidad de las estimaciones sino también genera y fortalece capacidades.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un diagnóstico de las fuentes de emisión identificadas en las GL2006 para el sector PIUP para determinar un plan de mejoras en función:  
(a) pertinencia de la fuente en el Perú (si la actividad se realiza o no se realiza);  
(b) informantes y actores involucrados en la generación de información sobre la actividad; (c) disponibilidad y canales de acceso; (d) significancia de la fuente. Estos criterios deben irse evaluando en paralelo y en función a los recursos disponibles, considerando que el Perú no es un país que emite significativamente, los recursos deben priorizarse en aquellas subcategorías más significativas (como cemento) o en aquellas de interés para el desarrollo (lo es residuos sólidos en el sector Desechos).
2. Es necesario revisar también la información utilizada a profundidad, no solo la fuente de donde se obtiene sino también las características de los datos (su *metadata*, el alcance y la representatividad del dato, y si el dato corresponde al proceso industrial objeto del análisis). Es recomendable que el archivo de los documentos de respaldo y medios de verificación sea transparente, de tal modo que permitan la trazabilidad y la mejora continua de la calidad de los inventarios. Complementando lo que publica el Infocarbono (informes y planillas), podrían incluirse también los archivos o los enlaces de los medios de verificación. Esto promovería la mejora no solo de parte de las entidades gubernamentales sino también del sector académico.
3. Dado que la producción de cemento es la fuente más significativa del sector PIUP, se recomienda evaluar los métodos para mejorar el nivel de cálculo, es decir pasar del nivel 2 al nivel 3.
4. Debido a la gran magnitud del sector PIUP se recomienda priorizar los esfuerzos de estimación, aplicando mejoras progresivamente. Sin embargo, para que esto sea sostenible se recomienda que, en el marco del Infocarbono, se establezcan vínculos permanentes entre informantes y generadores de los RAGEI y de los INGEI, de ser posible de carácter obligatorio. Siendo la producción de cemento

una categoría principal, es importante establecer mecanismos para asegurar que las empresas cementeras brinden la información necesaria.

5. Se recomienda evaluar la inclusión de producción de vidrio en la estimación de las emisiones de dióxido de carbono, y si no hubiera información sobre las masas de vidrio a nivel nacional, acudir a las principales empresas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BCRP. (2017). BCRPData. Banco Central de Reserva del Perú. PBI por sectores. Recuperado 12 de septiembre de 2017, a partir de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/pbi-por-sectores>
- CMNUCC. (2011). *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 16º período de sesiones, celebrado en Cancún del 29 de noviembre al 10 de diciembre de . Adición. Segunda Parte.* Recuperado a partir de <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/spa/07a01s.pdf#page=2>
- CMNUCC. (2012). *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 17º período de sesiones, celebrado en Durban del 28 de noviembre al 11 de diciembre de 2011. Adición. Segunda parte. Medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes en su 17º período de sesiones.* Durban, Sudáfrica. Recuperado a partir de <http://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/spa/09a01s.pdf#page=>
- CMNUCC. (2015). Acuerdo de París. Recuperado a partir de [http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf)
- CMNUCC. (2016). *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 21er período de sesiones, celebrado en París del 30 de noviembre al 13 de diciembre de 2015. Adición. Segunda parte: Medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes en su 21er período de sesiones.* París, Francia: Naciones Unidas. Recuperado a partir de <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2017). Base de Datos CEPALSTAT Estadísticas e indicadores: Demográficos y sociales. Económicos. Sector real. Cuentas Nacionales. Anuales. En dólares. Recuperado 17 de septiembre de 2017, a partir de [http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp](http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2017). La población proyectada de Colombia al 31 de diciembre del 2012. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de <http://www.dane.gov.co/reloj/>

- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería de Colombia. (2015). *Primer Informe Bienal De Actualización Ante La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Bogotá D.C., Colombia.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería de Colombia. (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero - Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Recuperado a partir de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Población estimada y proyectada por sexo y tasa de crecimiento, según años calendarios Población. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>
- Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. (2017). Demográficas y Vitales. Demografía. Actualización de población 2002-2012 y proyecciones 2013-2020. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de <http://www.ine.cl/estadisticas/demograficas-y-vitales>
- IPCC. (s. f.-a). Intergovernmental Panel on Climate Change. Organization. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>
- IPCC. (s. f.-b). Publications and Data. Recuperado 4 de septiembre de 2017, a partir de [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml#1](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1)
- IPCC. (s. f.-c). Task Force on National Greenhouse Gas Inventories Reports and software. Publications Reports. Recuperado 4 de septiembre de 2017, a partir de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/index.html>
- IPCC. (2006a). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japón: IGES.
- IPCC. (2006b). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumen III: Industrial Processes and Product Use*. (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). Japón: IGES.
- IPCC. (2008). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories - A primer*, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. (eds). Japón: IGES. Recuperado a partir de <http://www.ipcc->

nggip.iges.or.jp/support/Primer\_2006GLs.pdf

- IPCC. (2013a). Ficha informativa del IPCC: ¿Qué es el IPCC? Recuperado a partir de [https://www.ipcc.ch/news\\_and\\_events/docs/factsheets/FS\\_what\\_ipcc\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/factsheets/FS_what_ipcc_es.pdf)
- IPCC. (2013b). *Fifth Assessment Report - AR5*. Recuperado a partir de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- IPCC. (2013c). Glosario. En S. Planton, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, ... P. M. Midgley (Eds.), *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (pp. 1-5). Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.
- IPCC. (2013d). Resumen para responsables de políticas. En T. F. Stocker, Q. D., G.-K. Plattner, T. M., S. K. Allen, J. Boschung, ... P. M. Midgley (Eds.), *Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). Anexo II: Glosario. En K. J. Mach, S. Planton, C. von Stechow, R. K. Pachauri, & L. A. Meyer (Eds.), *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (pp. 127-141). Ginebra, Suiza.
- MINAM. (s. f.). Infocarbono ¿quiénes participan? Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de <http://infocarbono.minam.gob.pe/acerca-de-infocarbono-quienes-participan/>
- MINAM. (2009). *Política Nacional del Ambiente. Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM*. Perú: MINAM. Recuperado a partir de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Política-Nacional-del-Ambiente.pdf>
- MINAM. (2014). Aprueban disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO). Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM. MINAM.
- MINAM. (2015). *Estrategia Nacional ante el Cambio Climático*. Perú. Recuperado a partir de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCC-FINAL-250915-web.pdf>

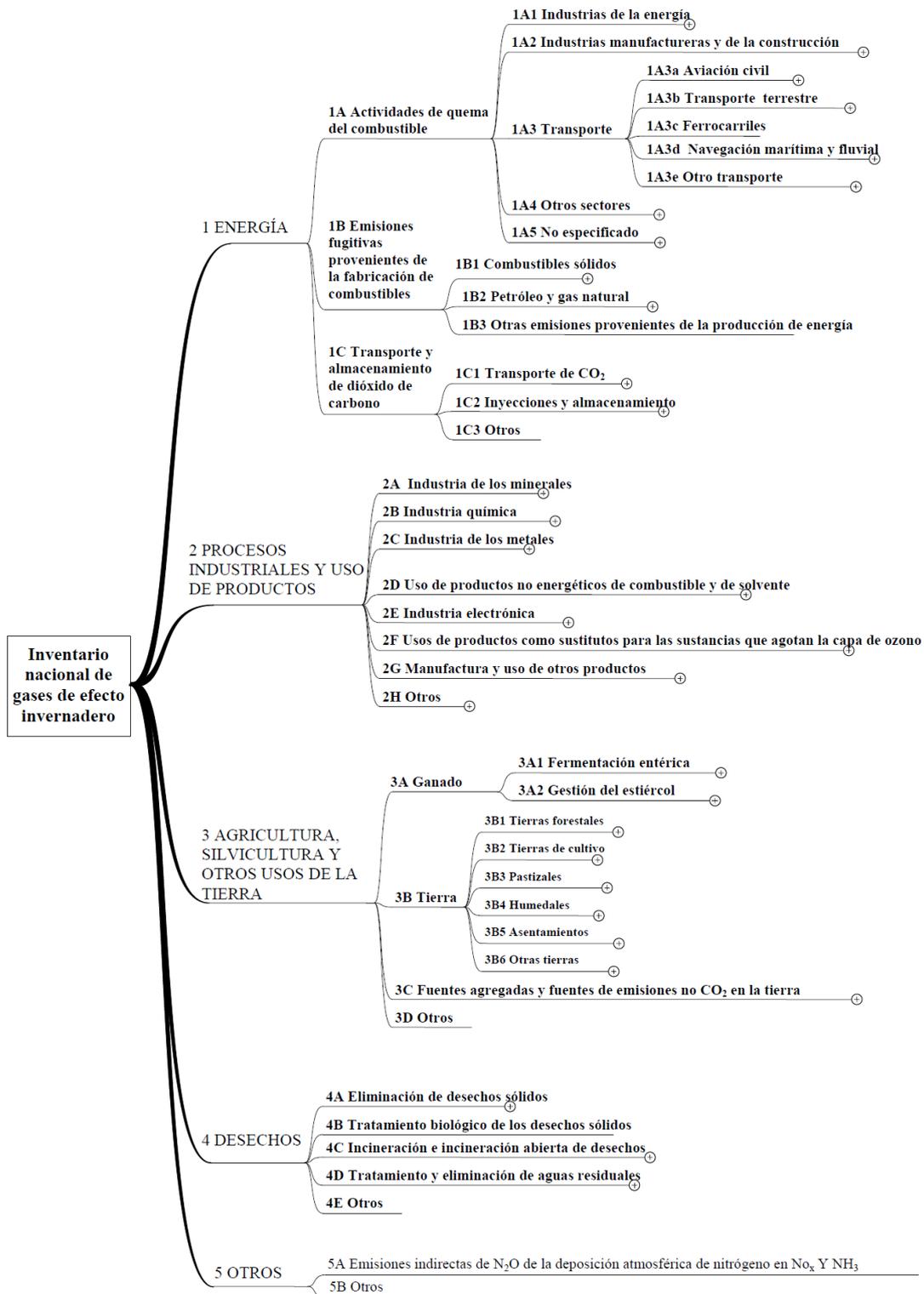
- MINAM. (2016a). *El Perú y el Cambio Climático. Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Lima, Perú.
- MINAM. (2016b). *Guía N° 3: Elaboración de Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero. Sector Proceso Industriales y Uso de Productos*. Lima, Perú: Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos. Recuperado a partir de [http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Guia-03\\_Portada-Original.pdf](http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Guia-03_Portada-Original.pdf)
- MINAM. (2016c). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012*. Lima, Perú. Recuperado a partir de <http://infocarbono.minam.gob.pe/annios-inventarios-nacionales-gei/ingei-2012/>
- MINAM. (2016d). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012 - Planilla Proceso Industriales y Uso de Productos*. MINAM. Recuperado a partir de <http://infocarbono.minam.gob.pe/reportes-sectoriales/reporte-sectorial-de-gases-efecto-invernadero/piup/>
- MINAM. (2016e). Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM. Perú.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2017). *Segundo Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile, Serie 1990-2013 (Versión 2.0)*. Santiago, Chile. Recuperado a partir de [www.snichile.cl](http://www.snichile.cl)
- Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el ...* Nueva York, Estados Unidos. Recuperado a partir de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Presidencia de la República. (1993). *Aprueban la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Resolución Legislativa N ° 26185. Perú.
- PRODUCE. (2016). *Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2015*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2013). *Informe sobre Desarrollo Humano 2013. El ascenso del Sur: Progreso humano en un mundo diverso*. Nueva York, Estados Unidos. Recuperado a partir de <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/HDR/2013GlobalHDR/Spanish/HDR2013 Report Spanish.pdf>
- Real Academia Española. (2017). Significado de «metodología» en el Diccionario Usual de la RAE. Recuperado 17 de septiembre de 2017, a partir de

<http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=metodología>

- República del Perú. (2015). *Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de la República del Perú*. Recuperado a partir de [http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Peru First/iNDC Perú castellano.pdf](http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Peru%20First/iNDC%20Peru%20castellano.pdf)
- Secretaría Técnica de la Comisión Multisectorial. (2015). *Informe Final Comisión Multisectorial (Resolución Suprema N° 129-2015-PCM)*. Recuperado a partir de [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Informe-Técnico-Final-CM-\\_R-S-129-2015-PCM\\_Secretaría-Técnica-18-09-2015-vf.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Informe-Técnico-Final-CM-_R-S-129-2015-PCM_Secretaría-Técnica-18-09-2015-vf.pdf)
- UNFCCC. (s. f.-a). Essential Background. Background on the UNFCCC: The international response to climate change. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de [http://unfccc.int/essential\\_background/items/6031.php](http://unfccc.int/essential_background/items/6031.php)
- UNFCCC. (s. f.-b). First steps to a safer future: Introducing The United Nations Framework Convention on Climate Change. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de [http://unfccc.int/essential\\_background/convention/items/6036.php](http://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php)
- UNFCCC. (s. f.-c). FOCUS: Adaptation. Recuperado 15 de septiembre de 2017, a partir de <http://unfccc.int/focus/adaptation/items/6999.php>
- UNFCCC. (s. f.-d). List of Non-Annex I Parties to the Convention. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de [http://unfccc.int/parties\\_and\\_observers/parties/non\\_annex\\_i/items/2833.php](http://unfccc.int/parties_and_observers/parties/non_annex_i/items/2833.php)
- UNFCCC. (s. f.-e). NDC Registry. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de [http://unfccc.int/focus/ndc\\_registry/items/9433.php](http://unfccc.int/focus/ndc_registry/items/9433.php)
- UNFCCC. (s. f.-f). Paris Agreement. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de [http://unfccc.int/paris\\_agreement/items/9485.php](http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php)
- UNFCCC. (s. f.-g). Parties & Observers. Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de [http://unfccc.int/parties\\_and\\_observers/items/2704.php](http://unfccc.int/parties_and_observers/items/2704.php)

## **VIII. ANEXOS**

## Anexo A. Categorías de emisiones por fuentes y absorciones por sumideros para los INGEI de acuerdo con las GL2006



FUENTE: (IPCC, 2006a).

## Anexo B. Contenido de las GL2006 por volúmenes y capítulos

Volúmenes	Capítulos
1 - Orientación general y generación de informes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción a las Directrices de 2006</li> <li>2. Métodos para la recopilación de datos</li> <li>3. Incertidumbres</li> <li>4. Opción metodológica e identificación de categorías principales</li> <li>5. Coherencia de la serie temporal</li> <li>6. Garantía de calidad / Control de calidad y verificación</li> <li>7. Precursores y emisiones indirectas</li> <li>8. Orientación y cuadros para la generación de informes</li> </ol>
2 - Energía	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción</li> <li>2. Combustión estacionaria</li> <li>3. Combustión móvil</li> <li>4. Emisiones fugitivas</li> <li>5. Transporte, inyección y almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub></li> <li>6. Método de referencia</li> </ol>
3 - Procesos industriales y uso de productos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción</li> <li>2. Emisiones de la industria de los minerales</li> <li>3. Emisiones de la industria química</li> <li>4. Emisiones de la industria de los metales</li> <li>5. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente</li> <li>6. Emisiones de la industria electrónica</li> <li>7. Emisiones de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono</li> <li>8. Manufactura y utilización de otros productos</li> </ol>
4 - Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción</li> <li>2. Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra</li> <li>3. Representación coherente de las tierras</li> <li>4. Tierras forestales</li> <li>5. Tierras de cultivo</li> <li>6. Pastizales</li> <li>7. Humedales</li> <li>8. Asentamientos</li> <li>9. Otras tierras</li> <li>10. Emisiones resultantes del manejo del ganado y del estiércol</li> <li>11. Emisiones de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados y emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la aplicación de cal y urea</li> <li>12. Productos de madera recolectada</li> </ol>
5 - Desechos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción</li> <li>2. Datos de generación, composición y gestión de desechos</li> <li>3. Eliminación de desechos sólidos</li> <li>4. Tratamiento biológico de los desechos sólidos</li> <li>5. Incineración e incineración abierta de desechos</li> <li>6. Tratamiento y eliminación de aguas residuales</li> </ol>

FUENTE: (IPCC, 2006a)

## Anexo C. Potenciales de Calentamiento Atmosférico por GEI

<b>Valores de potencial de calentamiento atmosférico por gas de efecto invernadero (horizonte de tiempo de 100 años)</b>		
<b>Gases de Efecto Invernadero</b>	<b>Descripción</b>	<b>PCA</b>
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Gas natural liberado como producto de la combustión de combustibles fósiles, algunos procesos industriales y cambios en el manejo de los diversos usos del suelo.	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	Gas emitido en la minería de carbón, rellenos sanitarios, ganadería, extracción de gas y petróleo, y de cualquier fuente de descomposición anaeróbica de residuos orgánicos.	21
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	Gas producido durante la elaboración de fertilizantes y la combustión de combustibles fósiles, cuyo contribuyente más significativo es el sector transporte.	310
Hidrofluorocarbonos (HFC)	Se emiten en algunos procesos industriales y se usa con frecuencia en refrigeración y equipos de aire acondicionado.	140 - 11,700
Perfluorocarbonos (PFC)	Desarrollados e introducidos como una alternativa para reemplazar algunos gases que destruían la capa de ozono; estos gases son emitidos en una variedad de procesos industriales.	6,500 - 9,200
Hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )	Este gas, considerado el más potente de los GEI, es emitido durante la producción de magnesio y se aplica en algunos equipos eléctricos.	23,900

FUENTE: "IPCC Second Assessment Report" citado en (MINAM, 2016b)

#### Anexo D. Producto Bruto Interno por sectores

<b>Año</b>	<b>Producto bruto interno por sectores productivos (millones S/ 2007) - Manufactura</b>	<b>Producto bruto interno por sectores productivos (millones S/ 2007) - Construcción</b>	<b>Producto bruto interno por sectores productivos (millones S/ 2007) – Nacional</b>
2007	52,807.00	16,317.00	319,693.00
2008	57,354.00	19,061.00	348,923.00
2009	53,502.02	20,360.00	352,584.02
2010	59,255.00	23,993.00	382,380.00
2011	64,329.99	24,848.00	407,051.98
2012	65,264.99	28,779.00	431,272.99
2013	68,507.77	31,356.22	456,448.72
2014	66,047.14	31,960.10	467,432.80
2015	65,079.33	30,100.82	482,837.30
2016	64,176.51	29,154.36	502,147.87

FUENTE: (BCRP, 2017)

### Anexo E. Indicadores socioeconómicos de Perú, Chile y Colombia

Indicador	Perú	Chile	Colombia
Población (Hab.), año 2012	30,135,875.00	17,444,799.00	46,852,896.00
Índice de Desarrollo Humano, año 2012	0.741	0.819	0.719
Producto Bruto Interno total anual por habitante a precios constantes en dólares, año 2012 (dólares por habitante)	5,519.00	13,926.90	6,789.50
Producto Bruto Interno anual por actividad económica a precios constantes en dólares - Industrias manufactureras (millones de dólares)	25,179.70	27,005.70	38,389.90
Producto Bruto Interno anual por actividad económica a precios constantes en dólares - Industrias manufactureras, año 2012 (porcentaje del PBI nacional, %)	15.12%	11.07%	12.06%
Producto Bruto Interno anual por actividad económica a precios constantes en dólares - Construcción, año 2012 (millones de dólares)	11,034.00	14,512.30	23,759.40
Producto Bruto Interno anual por actividad económica a precios constantes en dólares - Construcción, año 2012 (porcentaje del PBI nacional, %)	6.63%	5.95%	7.46%
Producto Bruto Interno total anual a precios constantes en dólares (millones de dólares)	166,492.90	243,950.50	318,302.90

FUENTE: Elaboración propia a partir de Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú (2017), Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (2017), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2017), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2017), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2013).

## **Anexo F. Ecuaciones principales para el cálculo de las emisiones en la categoría Industria de los minerales**

### ***Producción de cemento***

#### **Ecuación 1. Emisiones de CO<sub>2</sub>, Nivel 2 - Subcategoría Producción de Cemento**

NIVEL 2: EMISIONES BASADAS EN LOS DATOS SOBRE PRODUCCIÓN DE CLÍNKER

$$\text{Emisiones de CO}_2 = M_{cl} \times EF_{cl} \times CF_{ckd}$$

Donde:

Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de la producción de cemento, toneladas

M<sub>cl</sub> = peso (masa) de clínker<sup>61</sup> producido, toneladas.

EF<sub>cl</sub> = factor de emisión para el clínker, toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de clínker.

CF<sub>ckd</sub> = factor corrector de las emisiones para el polvo de horno de cemento (CKD, por sus siglas en inglés), sin dimensión.

FUENTE: Adaptado de las GL2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.10. Ecuación 2.2 (IPCC, 2006a)

### ***Producción de cal***

#### **Ecuación 2. Emisiones de CO<sub>2</sub>, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Cal**

$$\text{Emisiones de CO}_2 = EF_{cal} \times M_{cal}$$

Donde:

Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de la producción de cal, toneladas

M<sub>cal</sub> = peso (masa) de cal producida, toneladas

EF<sub>cal</sub> = factor de emisión para la cal, toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de cal

FUENTE: Adaptado de las GL2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.24 (IPCC, 2006a)

---

<sup>61</sup> Las GL2006 traducidas al español dicen cal, pero las originales en inglés dicen clínker que es lo correcto para el cálculo.

## ***Producción de vidrio***

### **Ecuación 3. Emisiones de CO<sub>2</sub>, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Vidrio**

NIVEL 1: EMISIONES BASADAS EN LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO

$$\text{Emisiones de CO}_2 = M_g \times EF_g \times (1 - CR)$$

Donde:

Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de la producción de vidrio, toneladas

M<sub>g</sub> = masa del vidrio producido, toneladas

EF<sub>g</sub> = factor de emisión por defecto para la fabricación del vidrio, toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de vidrio

CR = proporción de *cullet* para el proceso (promedio nacional o valor por defecto), fracción

FUENTE: Adaptado de las GL2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.32. Ecuación 2.10 (IPCC, 2006a)

## ***Otros usos de carbonatos***

### **Ecuación 4. Emisiones de CO<sub>2</sub>, Nivel 1 - Subcategoría Otros usos de carbonatos**

NIVEL 1: EMISIONES BASADAS EN LA MASA DE LOS CARBONATOS CONSUMIDOS

$$\text{Emisiones de CO}_2 = M_c \times (0.85 \times EF_{ls} + 0.15 \times EF_d)$$

Donde:

Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de otros usos de carbonatos en los procesos, toneladas

M<sub>c</sub> = masa de carbonato consumido<sup>62</sup>, toneladas

EF<sub>ls</sub> o EF<sub>d</sub> = factor de emisión para la calcinación de la piedra caliza, de la dolomita o ceniza de sosa toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de carbonato

FUENTE: Adaptado de las GL2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.38. Ecuación 2.14 (IPCC, 2006a)

### **Ecuación 5. Cálculo de masa de carbonato consumido - Subcategoría Otros usos de carbonatos (aplica en cerámicas)**

$$M_c = \text{Masa promedio por unidad} \times \text{Producción total} \times 1.1 \times 10 \%$$

Donde:

1.1 es el factor de pérdidas por defecto (la relación de masa de arcilla usada y masa de cerámico producido) (fracción)

10 % (ó 0.1) es el contenido por defecto de carbonatos en las arcillas

M<sub>c</sub> = masa de carbonato consumido, toneladas

Masa promedio por unidad = Masa promedio de producto cerámico por unidad, kilogramos

Producción total = Producción total de productos cerámicos, millares de unidades

FUENTE: Elaboración propia a partir de las GL2006, Volumen 3, Capítulo 2 (IPCC, 2006a)

<sup>62</sup> En las GL2006 dice “producido” en lugar de “consumido”, pero se refiere a este último, por lo que se corrige para facilitar la comprensión.