

Metodología CM-WM-ELV-01: Recuperación y Reciclaje de Materiales procedentes de Vehículos al final de su vida útil (ELV).



Versión 1.4

Contenido

Índice de Tablas	4
Siglas y Acrónimos	5
Términos y Definiciones	6
Resumen	9
1 Introducción	10
2 Principios	11
3 Objetivo y campo de aplicación	11
3.1 Alcance.....	11
3.2 Cumplimiento técnico y del marco normativo del programa.....	12
3.3 Cumplimiento con reglamentación y disposiciones legales aplicables.....	12
4 Elegibilidad y requisitos de inclusión	13
5 Adicionalidad	17
6 Delimitación del PMCC	17
6.1 Límites Temporales.....	17
6.2 Límites Espaciales.....	18
7 Escenario de línea base	18
7.1 Identificación del escenario de línea base.....	18
7.2 Fuentes de emisión en el escenario de línea base.....	19
7.3 Cálculo de emisiones en el escenario de línea base.....	20
7.3.1 Emisiones de línea base asociadas al reciclaje de metales.....	21
7.3.2 Emisiones de línea base asociadas al reciclaje de plásticos.....	23
7.3.3 Emisiones de línea base asociadas al reciclaje de vidrio.....	28
7.3.4 Consideraciones sobre línea base por debajo del escenario normal de negocio (BAU).....	30
8 Escenario de proyecto	30
8.1 Fuentes de emisión de GEI del escenario de proyecto.....	30
8.2 Cálculo de emisiones en el escenario de proyecto.....	31
8.2.1 Caso A: ELV se clasifica y procesa hasta la etapa de producción del material equivalente a materiales vírgenes en el RVSF.....	31
8.2.2 Caso B: ELV solo se clasifica en el RVSF y posteriormente se procesa hasta la producción de materiales vírgenes equivalente en instalaciones de terceros.....	33
8.3 Fugas.....	35
9 Reducción de emisiones de GEI	35
10 Proyectos agrupados / programas de actividades (PoA)	36
11 Incertidumbre	36
12 Contribuciones a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas	37
13 Salvaguardas	37
14 Monitoreo del PMCC	37
14.1 Descripción del plan de monitoreo.....	37
14.1.1 Variables y parámetros controlados.....	38
14.1.2 Monitoreo de aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	50
15 Consulta a las partes interesadas	50
16 Participación efectiva	50
17 Gestión de la información	51
18 Documentación del PMCC	52
19 Régimen de transición del uso de esta metodologías	52
20 Validación y Verificación del PMCC	52
21 Referencias	53

Anexo 1. Determinación del factor de corrección de línea base para la proporción de la producción de metales, plásticos y vidrio en los países no incluidos en el Anexo I.....	54
Anexo 2: Determinación de los factores de emisión específicos de CO ₂ para la producción de aluminio.....	59
Anexo 3. Determinación del factor de emisión específico de CO ₂ para la producción de acero.	63
22 Historia del documento	64

Índice de Tablas

Tabla 1. Fuentes de emisión de GEI consideradas en el escenario de línea base.	19
Tabla 2. Factor de Corrección de línea base para la producción de metales, plásticos y vidrio a partir de materias primas vírgenes.....	20
Tabla 3. Factor de emisión específico de CO ₂ para producción de metales.....	22
Tabla 4. Valores del consumo específico de energía y de combustible para la producción de diferentes tipos de plásticos a partir de materias primas vírgenes.	26
Tabla 5. Fuentes de emisión de GEI consideradas en el escenario de proyecto.	30
Tabla 6. Factor específico de consumo de energía para el procesamiento de ELV (MWh/t).	34
Tabla 7. Datos / parámetros controlados.	38
Tabla 8. Proporción de la producción de aluminio en países Anexo I y no Anexo I.	54
Tabla 9. Proporción de la producción de acero bruto en países Anexo I y no Anexo I.	55
Tabla 10. Proporción de la producción de plástico en países Anexo I y no Anexo I.....	55
Tabla 11. Proporción de la producción de cobre (minería) en países Anexo I y no Anexo I.	56
Tabla 12. Proporción de la producción de oro (minería) en países Anexo I y no Anexo I. ...	57
Tabla 13. Proporción de la producción de plata (minería) en países Anexo I y no Anexo I.	57
Tabla 14. Proporción de la producción de Estaño (minería) en países Anexo I y no Anexo I.	58
Tabla 15. Proporción de la producción de plomo (minería) en países Anexo I y no Anexo I.	58
Tabla 16. Cálculo de CO ₂ emitido por distintas diferentes centrales eléctricas que suministran electricidad a la industria del aluminio en 2023.	60
Tabla 17. Cálculo de CO ₂ emitido a partir del uso de combustible en la producción de aluminio.....	61
Tabla 18. Cálculo de las emisiones específicas de CO ₂ para la producción de acero a través de Procesos de alto horno avanzado y de DRI (Reducción Directa de Hierro).	63

Siglas y Acrónimos

ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno
A I	Anexo I
BAU	Escenario normal de negocio (por sus siglas en inglés)
EFTA	Asociación Europea de Libre Comercio (por sus siglas en inglés)
ELV	Vehículo(s) al final de su vida útil (por sus siglas en inglés)
EPRO	Asociación Europea de Organizaciones de Reciclaje y Valorización de Plásticos (por sus siglas en inglés)
GEI	Gases de efecto invernadero
HDPE	Polietileno de Alta Densidad
HIPS	Poliestireno de Alto Impacto
IEA	Agencia Internacional de Energía (por sus siglas en inglés)
LDPE	Polietileno de baja densidad
NAI	No Anexo I
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
PDD	Documento de descripción de proyecto (por sus siglas en inglés)
PET	Tereftalato de polietileno
PMCC	Programa o Proyecto de Mitigación del Cambio Climático
PP	Polipropileno
PVC	Cloruro de polivinilo
RVSF	Centro Autorizado de Desguace de Vehículos (por sus siglas en inglés)
WEEE	Residuos de Equipo Eléctrico y Electrónico

Términos y Definiciones

Para el propósito de esta metodología, aplican las siguientes definiciones:

- **Área Geográfica Aplicable** - El área geográfica aplicable debe ser todo el país anfitrión. Si los participantes del proyecto optan por limitar el área geográfica aplicable a una zona específica (como una provincia, región, etc.) dentro del país anfitrión, deberán justificar la distinción esencial entre el área geográfica específica identificada y el resto del país anfitrión.
- **Centro Autorizado de Desguace de Vehículos (RVSF)** - Un RVSF es cualquier establecimiento que posee un "Registro para el Desguace de Vehículos" para llevar a cabo, como mínimo, operaciones de desmantelamiento y achatarramiento. Algunas instalaciones también pueden incluir el procesamiento de ELV.
- **Clasificación de ELV** - La separación de los ELV recolectados en diferentes categorías de materiales reciclables para facilitar su posterior procesamiento. Las categorías pueden incluir (entre otras): plásticos, metales ferrosos, metales no ferrosos y vidrio. El proceso de clasificación puede incluir la selección y segregación manual y/o una separación adicional mediante procesos físicos, mecánicos y electromagnéticos. El material clasificado requiere un procesamiento adicional para completar el ciclo de reciclaje; en algunos casos, esto se hace dentro de las instalaciones del Centro Autorizado de Desguace de Vehículos (RVSF, por sus siglas en inglés), de lo contrario, las fracciones de ELV clasificadas se venden a terceros en instalaciones de procesamiento especializadas.
- **Instalación de Manufactura** - Usuario final de materiales reciclados o instalación(es) que incluye procesos industriales que transforman los materiales secundarios –equivalentes a las materias primas vírgenes– enviados desde RVSF o la(s) planta(s) de procesamiento, en un producto terminado.
- **Metal o Material Primario** - Metal o material producido directamente de minerales extraídos de minas o de materias primas vírgenes.
- **Metal o Material Secundario** - Metal o material producido utilizando parcial o totalmente metal o material reciclado.
- **Planta de Procesamiento** - Instalación(es) que únicamente incluyen el procesamiento de ELV para obtener materiales secundarios, equivalentes a materiales vírgenes. Estas Instalaciones no clasifican los ELV.
- **Procesamiento de ELV** - Procesamiento de los materiales clasificados para convertirlos en materiales secundarios que sustituyen a materias primas vírgenes. El proceso puede incluir procedimientos y tecnologías manuales, mecánicas y electroquímicas.
- **Reciclaje** - Involucra el proceso de convertir los materiales recuperados de ELV, como metales, plásticos, y vidrio, en materia prima secundaria. Estos materiales luego son reutilizados en procesos de fabricación/manufactura, sustituyendo la necesidad de utilizar materiales vírgenes. El propósito de reciclar es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero utilizando materiales existentes, en lugar de extraer y procesar nuevas materias primas.
- **Recolección** - Se refiere a la recogida organizada de ELV de diversas fuentes, como propietarios y concesionarios, y su entrega a un Centro Autorizado de Desguace de Vehículos. El proceso de recolección garantiza que los ELV sean transportados a instalaciones donde puedan ser

desmantelados, recuperados y reciclados de forma segura, en cumplimiento de las normas aplicables en el país anfitrión.

- **Recuperación** - Se refiere al proceso de extracción de materiales valiosos de los ELV para su reutilización o procesamiento posterior. Este proceso involucra el desmontaje y separación de componentes como metales ferrosos y no ferrosos, plásticos y vidrio. El propósito de este proceso es desviar/rescatar materiales valiosos de los flujos de desecho y evitar el uso de materiales vírgenes.
- **Residuos de equipo eléctrico y electrónico (WEEE)** - Los residuos de equipo eléctrico y electrónico procedentes de vehículos al final de su vida útil (ELV) se refieren a cualquier componente, dispositivo o sistema eléctrico o electrónico que haya sido extraído o desechado de vehículos que han llegado al final de su vida útil. Esto incluye, de manera general más no limitativa, componentes como baterías, unidades de control electrónico (ECU), sensores, sistemas de infoentretenimiento, sistemas de iluminación, motores eléctricos, arneses de cableado y/o todos los componentes electrónicos de un ELV. Estos artículos se consideran residuos una vez que ya no son funcionales o utilizables en su forma prevista y deben ser manejados, reciclados o eliminados de conformidad con las regulaciones ambientales y de seguridad aplicables del país anfitrión para minimizar los riesgos de las sustancias peligrosas y promover la recuperación sostenible de recursos.
- **Sector Formal** - Actividades de gestión de residuos sólidos planificadas, patrocinadas, financiadas, llevadas a cabo o reguladas y/o reconocidas por las autoridades locales o sus agentes, generalmente a través de contratos, licencias o concesiones.
- **Sector Informal** - Personas o grupos de personas que participan en actividades de gestión de residuos pero que no están registrados formalmente ni son responsables de manera formal de prestar los servicios de gestión de residuos.
- **Tasa de reciclaje (por peso)** – Se refiere al porcentaje en peso de los ELV que se recolectan y reciclan para la recuperación de materiales, calculado sobre el peso total de los ELV generados anualmente en un país anfitrión específico. Si los ELV se recolectan y no se reciclan, no se contabilizarán como contribución a la tasa de reciclaje por peso.
- **Tasa de reciclaje (por unidad)** - Es el porcentaje de ELV que se recolectan para ser reciclados, calculado sobre el total de ELV generados anualmente en un país anfitrión específico. Si los ELV se recolectan pero no se reciclan, no se contabilizarán como contribución a la tasa de reciclaje por unidad.
- **Vehículos al Final de su Vida Útil (ELV por sus siglas en Inglés)** - Se refiere a todos los vehículos cuya matrícula ya no es válida, o que han sido declarados como no utilizables en Centros de Verificación Técnica Vehicular Automatizados, o cuyas matrículas han sido canceladas según la ley/mandato/legislación/reglamento/ordenanza, etc., aplicable en el país anfitrión, o por orden de un Tribunal de Justicia; o que son autodeclarados por el propietario legítimo registrado como vehículo de desecho debido a cualquier circunstancia que pueda surgir por incendio, daño, desastre natural, disturbios o accidente, etc., o por cualquier otra razón a discreción del propietario. En los casos que involucran reclamaciones de seguros, el vehículo se considera un ELV después de ser clasificado como pérdida total por las compañías de seguros debido a accidentes o daños. En tales casos, el vehículo no se volverá a matricular y el propietario registrado transfiere sus derechos a la compañía de seguros, haciendo que la autodeclaración no sea aplicable para estos escenarios

Para los fines de esta metodología, los ELV no deben ser aptos para la circulación ni elegibles para su reutilización o rematriculación conforme al marco jurídico nacional aplicable. Los vehículos que puedan ser legalmente reparados, reutilizados o puestos de nuevo en circulación quedan explícitamente excluidos de la definición de ELV bajo esta metodología

Adicionalmente a lo anterior, los términos y definiciones que sirven de guía para la comprensión completa de esta metodología están incluidos en el documento "Términos y Definiciones del Programa de Certificación Voluntaria de Cercarbono", disponible en www.cercarbono.com, sección: Documentación.

Resumen

Esta metodología comprende las actividades de recolección, recuperación y reciclaje de materiales procedentes de los ELV¹, llevadas a cabo en instalaciones especializadas, con el objetivo de valorizar mediante recuperación, o aumentar la eficiencia en la recuperación de materiales como metales ferrosos, metales no ferrosos, plásticos y vidrio.

Los ELV contienen metales raros y preciosos que requieren tecnologías específicas para su extracción y refinación. Estos materiales se valorizan y procesan para convertirlos en materiales secundarios, desplazando así la producción de materias primas vírgenes, lo que resulta en ahorros de energía y en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

¹ Los vehículos al final de su vida útil (**ELV**) comprenden todo tipo de vehículos que han llegado al final de su vida útil y ya no son aptos para circular. Para una descripción detallada, consulte la sección “Términos y Definiciones”.

1 Introducción

Como consecuencia de la rápida globalización y la gran industrialización, el número de vehículos en las calles ha proliferado de manera exponencial en los últimos años. Después de un período específico, el vehículo deja de ser apto para circular, y contribuye proporcionalmente a la generación de vehículos de desecho. Los vehículos que han sido retirados de servicio, ya sea por razones no naturales (Ej., accidentes, incendios, inundaciones o daños a causa de vandalismo) o el desgaste natural, y ya no se encuentran en uso, conocidos como Vehículos al Final de su Vida Útil (ELV, por sus siglas en inglés), representan numerosas amenazas a distintos aspectos de la sociedad. Es por ello que el manejo adecuado de los ELV es de suma importancia.

La producción global de automóviles en el año 2000, alcanzó los 58 millones de vehículos, esa cifra ha aumentado a 94 millones de vehículos en 2023, un aumento de aproximadamente 62%². Las estimaciones globales de ELV en 2010 fueron de alrededor de 40 millones³ que se duplicaron a aproximadamente 80 millones⁴ en 2020. Con un volumen tan alto de flujo de residuos, que adquirirá proporciones masivas en los próximos años, debería existir una fuerte motivación para gestionarlos.

Actualmente, sólo un número limitado de países y regiones han establecido legislación sobre el reciclaje de ELV, tales como la UE, la Asociación Europea de Libre Comercio (EFTA por sus siglas en inglés), y algunas partes de Asia. En áreas donde la propiedad de automóviles se incrementa rápidamente, existe una necesidad urgente de desarrollar un marco legal para reciclaje de ELV. Sin embargo, el alcance, objeto, condiciones operativas, y asignación de costos para dichas políticas, varía significativamente de país a país.

En muchas economías de ingreso bajo y medio-bajo, donde la infraestructura de transporte público está subdesarrollada y los ingresos son bajos, el reciclaje de ELV se encuentra aún en etapas tempranas, y tiende a ser desorganizado y con una gestión deficiente. Tanto los sectores formales como informales participan en el proceso de reciclaje, pero el sector informal predomina de manera significativa. La informalidad en el sector de reciclaje de ELV prevalece, lo que ocasiona una fuga de recursos que se convierten en residuos, agravando así la calidad del medio ambiente. El reciclaje eficiente y adecuado de ELV, permite la recuperación de una cantidad significativa de distintos materiales. Sin embargo, ante el reciente desafío que supone la gestión de esta fuente de residuos, el mercado continúa mostrándose poco receptivo al manejo de ELV por parte de entidades calificadas y con licencia y capacidad técnica para ello. En lugar de eso, el mercado actual tiene una presencia generalizada de dismanteladores de vehículos que no tienen las credenciales / calificaciones la mayoría de las veces, menos propensos a tomar las medidas adecuadas para abordar y frenar los potenciales impactos negativos de los ELV.

Por ello, los elementos clave de la actual metodología incluyen la recolección y reciclaje de ELV, compuestos de Vehículos al Final de su Vida Útil, descartados, excedentes, obsoletos, o dañados,

² www.statista.com

³Sakai, Shin-ichi & Yoshida, Hideto & Hiratsuka, Jiro & Vandecasteele, Carlo & Kohlmeyer, Regina & Rotter, Vera & Passarini, Fabrizio & Santini, Alessandro & Peeler, Maria & Li, Jinhui & Oh, Gil-Jong & Chi, Ngo & Bastian, Lawin & Moore, Stephen & Kajiwara, Natsuko & Takigami, Hidetaka & Itai, Takaaki & Takahashi, Shin & Tajima, Yuko & Yano, Junya. (2014). An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 16. 1-20. 10.1007/s10163-013-0173-2.

⁴ <https://link.springer.com>

realizando el proceso en instalaciones dedicadas, con el fin de recuperar materiales como metales ferrosos, no ferrosos, plásticos, etc. El tipo de acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero incluyen la reducción de la producción de metales, plástico y vidrio a partir de materiales vírgenes, reduciendo así el consumo de energía relacionado a este proceso.

2 Principios

Los PMCC que apliquen la presente metodología deben cumplir y hacer referencia a los principios pertinentes y la forma en que han sido aplicados según la versión vigente del **Protocolo de Cercarbono**, consistente con los lineamientos de la Norma Internacional ISO 14064-2:2019. No obstante, se sugiere consultar dicha norma, ya que contiene conceptos ampliados, explicaciones y elementos de criterio útiles que complementan lo asentado en el **Protocolo de Cercarbono**.

3 Objetivo y campo de aplicación

3.1 Alcance

Esta metodología es específica y aplicable al programa de certificación de Cercarbono. Puede ser aplicada en la implementación de PMCC que busquen desarrollar programas o proyectos relacionados con la recuperación y reciclaje de materiales de ELV. Los PMCC deberán cumplir con toda la normatividad aplicable en el país anfitrión, con el fin de ser elegibles para pagos basados en resultados o compensaciones similares que se deriven de acciones que generen reducciones de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero). La metodología puede ser aplicada en proyectos agrupados y/o programas de actividades, y los PMCC que utilicen esta metodología deberán cumplir con todos los requisitos legales y de MRV (Monitoreo, Reporte y Verificación) según lo dispuesto en la jurisdicción aplicable. La metodología delinea recomendaciones básicas basadas en los principios ya referidos para el diseño e implementación de PMCC, enfocados en recuperar y reciclar los residuos de ELV. Esta metodología engloba actividades para la recuperación y el reciclaje de materiales que provienen de los ELV para procesarlos y convertirlos en productos intermedios o terminados, desplazando así la producción de materiales vírgenes en instalaciones especializadas, evitando así el uso de energía. Los tipos de procesos de recuperación y reciclaje que utilizan los PMCC incluyen, pero no están limitados a:

- a) Descontaminación, desmantelamiento y segregación
- b) Trituración
- c) Compactación de carrocerías de vehículos (si no se dispone de una trituradora)
- d) Procesamiento de residuos (Residuo Ligero de Trituradora de Automóviles) usando técnicas como separadores ciclónicos, mesas vibratorias, tambores rotativos o técnicas de separación por flotación/hundimiento, concentración de plantilla (jigging), molienda criogénica, etc.
- e) Procesamiento de residuos de metales ferrosos mediante separación magnética
- f) Procesamiento de residuos de metales no ferrosos usando separadores por corrientes de Eddy, separación por hundimiento y flotación o reconocimiento de color por sensores
- g) Recuperación de metales en diferentes hornos de fundición (hornos de arco eléctrico o altos hornos)
- h) Recuperación de plásticos mediante reciclaje mecánico o químico, y
- i) Recuperación de vidrio a través de tratamiento térmico.

Los PMCC que incluyan otros procesos no mencionados anteriormente podrán usar esta metodología, siempre y cuando cumplan con todos los criterios aplicables. También podría

implementarse una combinación de los tipos de acciones antes mencionadas, según corresponda, de acuerdo con las condiciones del programa o proyecto.

Para que esta metodología sea aplicada por un PMCC, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- a) Los RVSF deberán ser establecidos únicamente por el sector formal, formalizado u organizado
- b) Las actividades de recuperación y reciclaje que actualmente se realizan en el sector informal no son elegibles.

Los PMCC deberán demostrar su estatus actual relacionado con su consideración en la NDC del país anfitrión, incluyendo la provisión de evidencia positiva de que están / no están incluidos en tal NDC y que cumplen con las provisiones relativas en el marco normativo de Cercarbono, incluyendo la atención a situaciones potenciales de doble conteo (o doble reclamo).

3.2 Cumplimiento técnico y del marco normativo del programa

Los participantes en el proyecto deberán aplicar los documentos del marco regulatorio de Cercarbono⁵ para la aplicación de esta metodología.

Las siguientes herramientas, normas y directrices de Cercarbono y el MDL⁶, en sus versiones vigentes, son complementarias y esenciales para la aplicación de esta metodología:

1. **TOOL 03:** Herramienta para calcular las emisiones de CO₂ de proyecto o por fugas, procedentes de la combustión de combustibles fósiles, versión 03.0.
2. **TOOL 05:** Emisiones de línea base, de proyecto y/o por fugas derivadas del consumo de electricidad, y monitoreo de la generación de electricidad, versión 03.0.
3. **TOOL 07:** Herramienta para calcular el factor de emisión de un sistema eléctrico, versión 07.0.
4. Herramienta para Demostrar la Adicionalidad de las Iniciativas de Mitigación del Cambio Climático, versión 2.0.1.

Estándar (Norma): Muestreo y encuestas para actividades de proyectos y programas de actividades del MDL (Mecanismo para un Desarrollo Limpio), versión 09.0.

Además, se basa en algunos elementos de las metodologías del MDL:

1. **AMS-III.BA:** Recuperación y reciclaje de materiales procedentes de residuos electrónicos (E-waste), versión 03.0.
2. **AMS-III.AJ.:** Recuperación y reciclaje de materiales procedentes de residuos sólidos, versión 09.0.

3.3 Cumplimiento con reglamentación y disposiciones legales aplicables

El PMCC debe cumplir con todos los requisitos legales y la normatividad aplicable según su ubicación, operaciones, impactos ambientales, licencias y permisos requeridos por la jurisdicción en la que se implementa. Se deberá garantizar el cumplimiento de todo lo anterior, independientemente del grado de acatamiento de dichas disposiciones o del nivel de aplicación de

⁵ Disponible en www.cercarbono.com, sección: Documentación.

⁶ O aquellos que los sustituyan en la implementación del mecanismo del Art. 6.4 del Acuerdo de París. Disponible en: www.cdm.unfccc.int.

dicho cumplimiento que ejerzan la organización y las autoridades competentes en la jurisdicción específica.

El titular del proyecto deberá presentar al Organismo de Validación y Verificación (OVV) encargado de los eventos de validación y verificación, una lista completa de la normatividad aplicable, así como el acceso a dichos documentos para su evaluación.

Las disposiciones legales clave pertinentes para la recuperación y el reciclaje de materiales de ELV deberán incluir la gestión y reciclaje de residuos, leyes de protección ambiental, normativas sobre materiales peligrosos, leyes de diseño de productos y de responsabilidad del productor, normativas de salud y seguridad, normativas sobre condiciones laborales, requisitos de licencias y permisos, leyes relativas al transporte y manejo de ELV y materiales reciclables, normas de calidad y regulaciones de mercado aplicables.

El movimiento transfronterizo del material resultante está permitido si el destino final es rastreable y si el material resultante cumple una de las siguientes condiciones:

- No está clasificado como “residuo” según la legislación pertinente.
- Está clasificado como residuo, pero figura en la categoría verde del Convenio de Basilea, las directrices de la OCDE o una legislación regional similar.
- Está clasificado como residuo y se incluye en la categoría amarilla del Convenio de Basilea, lo que requiere una autorización gubernamental especial.

4 Elegibilidad y requisitos de inclusión

Esta metodología ha sido desarrollada para ser usada por PMCC enfocados en la reducción de emisiones de GEI mediante la recuperación y el reciclaje de materiales de ELV en los RVSF, con el fin de generar créditos de carbono.

Para que un PMCC pueda aplicar esta metodología debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a) El desguace y la revalorización de ELV deberán realizarse únicamente en un RVSF que opere en el país anfitrión. Únicamente serán elegibles para ser incluidos bajo esta metodología, los vehículos clasificados como no aptos para circular y que no sean elegibles para su reutilización o rematriculación, conforme a la normatividad nacional aplicable. Los vehículos que puedan ser legalmente reparados, reutilizados o puestos de nuevo en servicio quedan explícitamente excluidos. Esto garantiza que la metodología se aplique estrictamente a ELV que han llegado a la etapa final de su ciclo de vida y que están destinados únicamente a un desmantelamiento ambientalmente seguro y a la recuperación de materiales a través de los RVSF.
- b) El RVSF debe adherirse a las directrices establecidas por el gobierno del país anfitrión para la instalación de un RVSF y a los protocolos estándar de la industria automotriz. Además, debe alinearse con las directrices nacionales o internacionales que rigen el manejo y desguace de ELV.
- c) Si la instalación de reciclaje o el RVSF es una actividad ya existente, se utilizarán los datos promedio sobre la cantidad de materiales reciclados durante los tres años anteriores de operación (se requerirá un mínimo de datos de un año si la instalación tiene menos de tres años), para la estimación de la actividad de reciclaje de línea base, y la actividad del proyecto consistirá en el aumento de la capacidad de reciclaje por encima de este nivel. Si la instalación de reciclaje

es una nueva implementación (“Greenfield”), todos los materiales reciclados serán elegibles para el cálculo de la reducción de emisiones. Sin embargo, en este caso, los participantes del proyecto deberán demostrar que los materiales reciclados por la actividad del proyecto no son desviados de otras instalaciones de reciclaje existentes pertenecientes al sector informal.

- d) El RVSF incluye el desmantelamiento de ELV y la clasificación de, al menos, la fracción de metales no ferrosos de los residuos, como el aluminio, etc. Otros materiales comunes (metales ferrosos, plásticos, vidrio) pueden ser procesados en la instalación después de su clasificación o bien, ser enviados a terceros para su procesamiento.
- e) Es posible medir y registrar la entrada y salida final del RVSF, es decir, el peso de los materiales que entran y salen de la instalación, y aquellos que entran a la instalación de procesamiento/fabricación.
- f) Es posible medir y registrar la cantidad de combustible y electricidad consumida por las actividades de reciclaje realizadas en la instalación para cada tipo de material reciclado.
- g) El material o los materiales⁷ resultantes deberán ser vendidos directamente a una instalación de procesamiento/fabricación, o a una cadena de intermediarios minoristas que puedan transferir los materiales reciclados a una instalación final de procesamiento/fabricación identificable.
- h) Las reducciones de emisiones bajo esta metodología se atribuirán a una de las siguientes entidades:
 - i. Centros Autorizados de Desguace de Vehículos (RVSF);
 - ii. La instalación de procesamiento;
 - iii. Los recolectores de ELV.
- i) Para evitar la doble contabilidad de las reducciones de emisiones, un acuerdo contractual entre los recolectores de ELV, el RVSF y la instalación de procesamiento deberá indicar que solo uno de ellos reclamará las reducciones de emisiones. De manera similar, a través de un acuerdo contractual y otros medios, se deberá proporcionar una prueba fidedigna que demuestre que los materiales suministrados por la instalación de reciclaje se utilizan para procesamiento/fabricación y no para otros fines tales como fuentes de combustible o para su disposición final.
- j) Los residuos generados durante el desguace ambientalmente racional y seguro de los ELV deben ser gestionados en cumplimiento con las regulaciones nacionales o internacionales. Estos residuos incluyen residuos peligrosos, residuos sólidos, residuos electrónicos, residuos plásticos, residuos de baterías y sustancias que son GEI, los cuales plantean preocupaciones ambientales y requieren de prácticas adecuadas de gestión de residuos.
- k) Los residuos peligrosos de los ELV comprenden sustancias tales como aceite usado, fluido de transmisión, líquido refrigerante, líquido de frenos, fluido de dirección asistida, fluido hidráulico, aceite para engranajes, baterías plomo-ácido y residuos sólidos peligrosos tales como filtros de aire, filtros de aceite, zapatas de freno, asbesto en los discos de embrague, y materiales que resulten en cualquier otro residuo peligroso derivado de la descontaminación y el

⁷ Se permite el movimiento transfronterizo del material resultante, sujeto al cumplimiento de las disposiciones legales mencionadas en la **Sección 3.2**.

desmantelamiento de los ELV. Estos deben ser gestionados de acuerdo con las normativas sobre residuos (peligrosos y de otro tipo) del país anfitrión, y el reciclaje de los residuos peligrosos recuperados de los ELV está permitido únicamente a recicladores registrados y autorizados bajo dichas normativas.

- l) Todos los refrigerantes y las sustancias que agotan la capa de ozono (ODS, por sus siglas en inglés) recuperadas de los Vehículos al Final de su Vida Útil (ELV) deben ser eliminados en cumplimiento con las normativas nacionales e internacionales pertinentes. Estos refrigerantes deben ser dirigidos a Instalaciones de Tratamiento, Almacenamiento y Disposición Final (TSDf por sus siglas en inglés) u otras instalaciones reconocidas por el gobierno del país anfitrión o la autoridad competente.
- m) Los residuos plásticos, residuos sólidos y residuos electrónicos (e-waste) deben ser enviados a recicladores registrados para su reciclaje y eliminación, siguiendo las regulaciones de gestión de residuos del país anfitrión.
- n) Esta metodología se aplica el proceso de reciclaje de los siguientes materiales⁸ recuperados de ELV:
 - i. Metales: aluminio, acero, cobre, oro, plata, paladio, estaño, plomo
 - ii. Plásticos: acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), poliestireno de alto impacto (HIPS), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), tereftalato de polietileno (PET), cloruro de polivinilo (PVC) y polipropileno (PP)
 - iii. Cullet de vidrio.
- o) Las reducciones de emisiones sólo pueden reclamarse por la diferencia entre: (a) la energía utilizada para la producción de metales, plásticos y vidrio a partir de materias primas vírgenes y: (b) la producción de los mismos metales, plásticos y vidrio a partir del reciclaje de ELV.
- p) La metodología excluye la recolección de la chatarra generada en el proceso de producción de metales y materiales primarios/secundarios/terminados o en el procesamiento de metales y materiales terminados para convertirlos en productos finales, y cubre únicamente la chatarra obsoleta (posconsumo) de los ELV. Los promotores del proyecto deberán proporcionar evidencia de que los materiales reciclados bajo el PMCC se recuperan únicamente de vehículos al final de su vida útil.
- q) Los proponentes del proyecto deberán demostrar que las propiedades de los materiales producidos a partir del reciclaje de ELV son las mismas que las de las materias primas vírgenes. Por ejemplo, si los materiales de desecho como las botellas de plástico recicladas se convierten en bloques de construcción o tejas, las reducciones de emisiones basadas en el desplazamiento de las materias primas vírgenes originales no pueden reclamarse bajo esta metodología. Para los materiales reciclados, los promotores del proyecto deberán proporcionar documentación tal como resultados de pruebas de composición química o certificados de calidad que demuestran que las propiedades de los materiales reciclados producidos son comparables según los métodos de prueba estándar para cada material.

⁸ Se alienta a los Participantes del Proyecto a presentar una revisión de esta metodología para incluir metales y materiales adicionales, proponiendo valores conservadores por defecto para los factores de emisión específicos (o el consumo energético específico) para la producción a partir de materias primas vírgenes.

- r) Para el reciclaje de PVC/PET/PP, los participantes del proyecto deberán demostrar la equivalencia química del PVC/PET/PP reciclado con la del PVC/PET/PP producido a partir de insumos vírgenes mediante la comparación de las viscosidades intrínsecas para asegurar que el PVC/PET/PP reciclado reemplaza a los insumos vírgenes.
- s) Para los proyectos que involucren el reciclaje de PVC, solo son elegibles las instalaciones que empleen reciclaje mecánico.
- t) Los promotores del proyecto también deberán demostrar ex ante que la tasa de reciclaje de línea base de los ELV (incluyendo tanto el reciclaje formal como el informal) debe ser igual o inferior al 20% en el área geográfica aplicable. La tasa de reciclaje (por unidad) se formula como:

$$\frac{\text{N.º de Vehículos Desguazados y Reciclados por la Instalación de Reciclaje (unidades)} \times 100}{\text{N.º Total de Vehículos considerados}^9 \text{ al Final de su Vida Útil (por unidad)}}$$

Mientras, la tasa de reciclaje (por peso) se formula como:

$$\frac{\text{Peso de Vehículos Desguazados y Reciclados por la Instalación de Reciclaje (toneladas)} \times 100}{\text{Peso Total de Vehículos considerados al Final de su Vida Útil (toneladas)}}$$

- u) Si la tasa de reciclaje de línea base de los ELV supera el 20%, entonces los proponentes del proyecto deberán demostrar que el PMCC conduce a tasas de reciclaje significativamente más altas en la región/país, de los ELV en los RVSF¹⁰, incluyendo como mínimo las siguientes pruebas:
 - i. El PMCC no desvía residuos de ELV de ninguna otra instalación de reciclaje, formal o informal, históricamente existente; si no se cumple esta condición, la actividad del proyecto no es elegible, incluso si cumple con las condiciones (ii) y (iii) siguientes.
 - ii. El PMCC emplea tecnologías capaces de separar mayores cantidades de metales individuales por unidad de ELV, en comparación con las tecnologías predominantes en la situación previa al proyecto.
 - iii. La infraestructura de reciclaje establecida por el proyecto puede aumentar potencialmente las tasas de reciclaje de ELV en la región/país en al menos un 50% dentro de los primeros tres años de operación de las instalaciones.

Si se cumplen las condiciones mencionadas en los párrafos “ii” y “iii” anteriores, se podrán reclamar las reducciones de emisiones por todos los ELV reciclados en el RVSF por el PMCC. Sin embargo, si

⁹ La penetración de mercado de los ELV deberá determinarse con base en datos de informes gubernamentales, estudios publicados u otras fuentes fidedignas de terceros. Para fines de validación o inclusión del PMCC de Cercarbono o del PoA-DD de Cercarbono, se deben utilizar los datos más recientes de los tres años anteriores disponibles al momento de la solicitud. Este plazo se considera adecuado para considerar las fluctuaciones anuales en las tendencias de ventas de ELV. En casos excepcionales, donde la disponibilidad de datos sea limitada, podrán usarse datos históricos de ventas que cubran un mínimo de un año, siempre que se proporcione una justificación suficiente que demuestre los esfuerzos exhaustivos para obtener los datos requeridos. En caso de que haya múltiples estudios disponibles que muestren imágenes/hechos/resultados diferentes (incluyendo fuentes gubernamentales y no gubernamentales), se deberá utilizar el más conservador.

¹⁰ El PMCC no deberá promover la importación de ELV para fines de su procesamiento, más allá de las que ya existen en el país.

alguna de esas condiciones no se cumplen, los proponentes del proyecto deben excluir cobre y metales nobles¹¹ (p.ej., oro, plata y paladio) del cálculo de reducción de emisiones. Plásticos, acero, aluminio, y vidrio siguen considerándose como elegibles.

- v) Los proponentes del proyecto deberán demostrar, utilizando tres años de datos históricos¹² (p. ej., datos de mercado, estadísticas oficiales) anteriores a la fecha de inicio del PMCC, que los productos terminados (plásticos, ABS, HIPS y metales y vidrio, según la condición de aplicabilidad “m”) fueron fabricados en el país anfitrión del PMCC utilizando ya sea materias primas vírgenes producidas en el país o materias primas vírgenes importadas de otro país no incluido en el Anexo I. Este análisis podrá limitarse solo a aquellos productos terminados para los cuales los materiales reciclados han demostrado ser una opción técnicamente viable (es decir, aquellos tipos de productos que se espera que sean los productos finales elaborados a partir de los materiales reciclados como parte del PMCC).
- w) Como alternativa al requisito estipulado en el párrafo anterior, los proponentes del proyecto podrán optar por ajustar las emisiones de línea base utilizando el factor de corrección de línea base (B_i), como se describe en la **Sección 7.2**.

5 Adicionalidad

Para instalaciones de reciclaje, la adicionalidad en esta metodología debe demostrarse mediante la aplicación de la versión más reciente de la Herramienta de Cercarbono para la demostración de la adicionalidad de iniciativas de mitigación del cambio climático¹³.

6 Delimitación del PMCC

6.1 Límites Temporales

El límite temporal del PMCC se refiere al plazo durante el cual el programa o proyecto estará operativo, desde la fecha de inicio hasta la fecha de finalización del periodo de acreditación. El alcance de este límite temporal garantiza que el proyecto se implemente de manera efectiva y se monitoree rigurosamente a lo largo de su ciclo de vida, maximizando así sus beneficios ambientales y socioeconómicos.

Duración del proyecto: es el período (en años) comprendido entre el inicio (día.mes.año) de las acciones de mitigación del PMCC y el final (día.mes.año) de estas.

Periodo de Acreditación: El periodo durante el cual un programa o proyecto de mitigación del cambio climático podrá solicitar la verificación de sus reducciones o remociones de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero), según corresponda, para la generación de créditos de carbono.

¹¹ Esto es para mitigar la probabilidad de que las cantidades recicladas en el escenario de referencia (business-as-usual) se incluyan en el cálculo de la reducción de emisiones.

¹² Se requeriría un mínimo de datos de un año si la instalación tiene menos de tres años de que inició operaciones.

¹³ www.cercarbono.com

6.2 Límites Espaciales

El límite espacial del proyecto se refiere al sitio físico y geográfico de:

- Sitios de recolección de ELV, así como el equipo e infraestructura relacionados.
- El RVSF e instalación(es) de procesamiento donde los ELV son clasificados y procesados, hasta la etapa en que los materiales secundarios se vuelven equivalentes a las materias primas vírgenes.
- Laadena de producción de materias primas vírgenes, que incluye instalaciones mineras y plantas de refinación.¹⁴

Además de lo señalado anteriormente, el PMCC debe atender los lineamientos descritos sobre límites del PMCC en la versión vigente del marco normativo de Cercarbono.

7 Escenario de línea base

7.1 Identificación del escenario de línea base

Los participantes del proyecto deberán aplicar el **Protocolo Cercarbono para Certificación Voluntaria de Carbono** para el escenario de línea base. Se anticipa que el posible escenario de línea base asociado al PMCC puede ser uno de entre los siguientes:

Escenario de Línea Base para una Instalación Greenfield de Reciclaje.

Si el desarrollo del PMCC consiste en la instalación de un RVSF Greenfield, según se describe en la **Sección 4**, el escenario de línea base implica determinar las emisiones que ocurrirían en ausencia del PMCC (el cual es el reciclaje y la recuperación de materiales de ELV en un RVSF). Las emisiones de línea base incluyen las emisiones asociadas a la producción de metales, plásticos y vidrio a partir de materias primas vírgenes, en lugar de a partir de residuos de ELV reciclados.

Escenario de Línea Base para la Adición de Capacidad a una Instalación de Reciclaje Existente.

Si el desarrollo del PMCC consiste en una adición de capacidad, como se describe en la **Sección 4**, el escenario de línea base supone que las operaciones actuales de reciclaje y recuperación de la instalación habrían continuado sin ninguna expansión. Las emisiones de línea base se calculan con base en la actividad histórica de reciclaje de la instalación, incluyendo la cantidad de metales, plásticos y vidrio valorizados a partir de los ELV en los últimos tres años (o un mínimo de un año si la instalación es más reciente).

Las reducciones de emisiones de proyecto se miden como el aumento en la capacidad de reciclaje y recuperación por encima de este nivel de línea base. Esta capacidad adicional reduce la demanda de materias primas vírgenes, lo que conduce a mayores reducciones de emisiones derivadas del uso de materiales reciclados en lugar de metal, plástico y vidrio vírgenes.

En cualquier caso, el titular o desarrollador del PMCC deberá seleccionar el escenario de línea base más realista, cuantificando sus características y asegurando que:

- Refleje las mejores tecnologías disponibles que sean ambientalmente seguras y económicamente viables, cuando aplique.

¹⁴ La producción de materia prima virgen se incluye formalmente en el Límite del Proyecto, aunque no es necesario identificar los sitios de producción, porque las reducciones de emisiones se basan en el supuesto de que la producción de materia prima virgen es desplazada por el PMCC.

- Aplique un enfoque basado en las emisiones de referencia (benchmark) de procesos y actividades comparables de alto rendimiento (véase la Sección 7.3), bajo circunstancias económicas, ambientales y tecnológicas similares.
- La línea base se establezca de manera conservadora por debajo del escenario de referencia (business-as-usual o BAU^{15,16}). Para esto:
 - No se aceptarán supuestos que representen condiciones extremas o artificialmente altas en comparación con lo que ocurriría razonablemente sin el PMCC.

La línea base deberá ser técnicamente justificable, verificable y establecerse por debajo del límite superior razonable del escenario BAU, reflejando supuestos prudentes sobre los tipos de actividades cubiertas.

7.2 Fuentes de emisión en el escenario de línea base

Las fuentes de emisión de GEI a considerar en el escenario de línea base del PMCC, se describen en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Fuentes de emisión de GEI consideradas en el escenario de línea base.

Fuente	GEI	Incluido	Explicación
Consumo de Electricidad de la Red para la Producción de Materias Primas Vírgenes	CO ₂	Sí	Emisiones de la electricidad utilizada para producir materias primas vírgenes. Las cantidades producidas de CH ₄ y N ₂ O se consideran insignificantes, y no tenerlas en cuenta se considera un enfoque conservador.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	
Consumo de Combustibles Fósiles para la Producción de Materias Primas Vírgenes.	CO ₂	Sí	Emisiones de combustibles fósiles utilizados para producir materias primas vírgenes. Las cantidades producidas de CH ₄ y N ₂ O se consideran insignificantes, y no tenerlas en cuenta se considera un enfoque conservador.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	
Emisiones de Plantas de Autogeneración.	CO ₂	Sí	Emisiones de la electricidad generada por centrales eléctricas propias (de autogeneración). Las cantidades producidas de CH ₄ y N ₂ O se consideran insignificantes, y no tenerlas en cuenta se considera un enfoque conservador
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	

Nota Los materiales referidos son metales (Aluminio, Acero, Cobre, Oro, Plata, Paladio, Estaño), plastics (ABS, HIPS, PET, HDPE, LDPE, PP, PVC) y vidrio. Si el PMCC responsable identifica una fuente de GEI distinta a las ya descritas, puede incluirla(s), siempre y cuando dicha inclusión esté justificada.

¹⁵ El BAU constituye el valor de referencia para la construcción de la línea base. No obstante, la línea base deberá posicionarse de manera conservadora por debajo del BAU, aplicando supuestos técnicamente prudentes y ajustes a la baja basados en datos reales o históricos, de conformidad con el principio de conservadurismo.

¹⁶ Teniendo en cuenta la viabilidad económica de las actividades, prácticas o tecnologías de mitigación críticas empleadas. Los factores o métodos cuantitativos para el ajuste a la baja de la línea base se actualizarán durante cada renovación del periodo de acreditación o la reevaluación de la línea base correspondiente.

7.3 Cálculo de emisiones en el escenario de línea base

Las emisiones de línea base se determinan basándose en la ecuación que se menciona a continuación e incluyen:

- Para la producción de metales: las emisiones asociadas al consumo de energía para la producción a partir de materias primas vírgenes.
- Para la producción de plástico: las emisiones asociadas al consumo de energía para la producción de pellets de plástico a partir de materiales plásticos vírgenes.
- Para la producción de vidrio: las emisiones asociadas al consumo de energía para la producción a partir de materiales para vidrio vírgenes.

$$BE_t = BE_{metals,t} + BE_{plastics,t} + BE_{glass,t} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
BE_t	Emisiones de línea base en el período t	tCO ₂ e
$BE_{metals,t}$	Emisiones de línea base asociadas con el reciclaje de metales en el período t	tCO ₂ e
$BE_{plastics,t}$	Emisiones de línea base asociadas con el reciclaje de plásticos en el período t	tCO ₂ e
$BE_{glass,t}$	Emisiones de línea base asociadas con el reciclaje de vidrio en el período t	tCO ₂ e

Solo se acreditarán las emisiones de línea base que tendrían lugar en países no incluidos en el Anexo I. Por lo tanto, en caso de que no se puedan cumplir los requisitos estipulados en la **Sección 4**, condición de aplicabilidad “v”, las emisiones de línea base calculadas para la cantidad total de materiales reciclados obtenidos en el PMCC se descuentan mediante el factor de corrección “B_i”, calculado como la relación entre la producción del material “i” en los países no incluidos en el Anexo I y la producción global de este material. Véase la **Tabla 2** a continuación. Estos factores de corrección deberán actualizarse en cada renovación del periodo de acreditación, momento en el cual los participantes del proyecto deberán utilizar los valores y las reglas de actualización según la última versión de la metodología.

Tabla 2. Factor de Corrección de línea base para la producción de metales, plásticos y vidrio a partir de materias primas vírgenes.

Metal, Plástico y Vidrio	Factor de corrección B _i basado en la proporción de la producción en los países no incluidos en el Anexo I. ^{17, 18}
Aluminio	0.77

¹⁷ Para detalles sobre cómo se determinaron los valores de B_i, favor de consultar el Apéndice 1.

¹⁸ Para los plásticos, los valores de B_i se obtuvieron de *Plastics Europe* y *EPRO (Association of Plastics Manufacturers in Europe (PlasticsEurope), European Association of Plastics Recycling and Recovery*

Metal, Plástico y Vidrio	Factor de corrección B_i basado en la proporción de la producción en los países no incluidos en el Anexo I. ^{17, 18}
Acero	0.73
Cobre	0.79
Oro	0.65
Plata	0.75
Paladio	0.47
Estaño	0.96
Plomo	0.74
ABS	0.64
HIPS	0.64
PET	0.60
HDPE	0.60
LDPE	0.60
PP	0.60
PVC	0.60
Vidrio	0.67 ¹⁹

7.3.1 Emisiones de línea base asociadas al reciclaje de metales

Las emisiones de línea base para la producción del Metal i a partir de insumos vírgenes se calculan usando la ecuación (2).

$$BE_{metals,t} = \sum_i Q_{metal,i,t} \times B_i \times SE_i \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
$BE_{metals,t}$	Emisiones de línea base asociadas al reciclaje de metales en el periodo t	tCO ₂ e
i	Índices para el tipo de metal i	NA
$Q_{metal,i,t}$	Cantidad del tipo de metal i reciclado por el PMCC y enviado a una instalación de procesamiento o fabricación en el periodo t^{20}	Toneladas

Organisations (EPRO). 2022. *Plastics – the Facts 2021*. Disponible en..., consultado el 29 de junio de 2022).

¹⁹ Para el vidrio, los valores de B_i se obtuvieron de la metodología del MDL *AMS-III.AJ v9.0*. Estos valores se actualizarán si hay algún cambio en la metodología.

²⁰ Para el aluminio y el acero que se envían a una instalación de procesamiento, las impurezas asociadas con el

Variable	Descripción	Unidades
B_i	Factor de corrección basado en la proporción de la producción en los países no incluidos en el Anexo I	Adimensional
SE_i	Factor de emisión específico de CO ₂ para producción de metal i , medido en tCO ₂ e/t. Tomar los valores especificados en la Tabla 3 o determinar los valores relevantes específicos para el país anfitrión, basándose en valores nacionales oficiales o en métodos utilizados en referencias relacionadas que impliquen un sólido inventario nacional del ciclo de vida "de la cuna a la puerta" (cradle-to-gate), realizado por entidades o instituciones de renombre, con una metodología publicada y revisada entre pares, la cual, al ser utilizada, deberá ser debidamente justificada.	tCO ₂ e/t

Las emisiones de línea base para la producción de metales primarios a partir de insumos vírgenes se calculan realizando los supuestos conservadores mencionados en sus respectivas referencias. Estos valores deberán actualizarse en cada renovación del periodo de acreditación, y los participantes del proyecto deberán utilizar los valores de la última versión de la metodología al momento de la renovación del periodo de acreditación.

Tabla 3. Factor de emisión específico de CO₂ para producción de metales.

Metal	Factor específico de emisión de CO ₂ para producción de metales (tCO ₂ e/tonelada de metal resultante)
Aluminio	7.31 ²¹
Acero	1.25 ²²
Cobre	4.1 ²³
Oro	11,000
Plata	140
Paladio	7,200
Estaño	16
Plomo	2.1

metal que se vende deben contabilizarse y descontarse, o se aplicará un factor de ajuste de neto a bruto de 0.8 al valor de $Q_{i,y}$. (www.wiego.org)

²¹ Para detalles sobre cómo se determinó el factor de emisión específico de CO₂e para la producción de aluminio, favor de consultar el Apéndice 2.

²² Para detalles sobre cómo se determinó el factor de emisión específico de CO₂ para la producción de acero, favor de consultar el Apéndice 3.

²³ <https://internationalcopper.org>, Table 4: Results of the LCIA for Copper Cathode.

7.3.2 Emisiones de línea base asociadas al reciclaje de plásticos

Las emisiones de línea base para la producción de pellets del tipo de plástico i a partir de insumos vírgenes se calculan con base en el consumo de plásticos producidos en el país anfitrión, así como los importados, utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación (3)

$$BE_{plastics,t} = \sum_i Q_{plastic,i,t} \times L_i \times (w_{i,in-country,t} \times SE_{i,in-country,t} + w_{i,imported,t} \times SE_{i,imported,t})$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
$BE_{plastics,t}$	Emisiones de línea base para plásticos en el periodo t	tCO ₂ e
i	Índices para material tipo i ($i = 1,2$ para plásticos listados según condición de aplicabilidad (m))	NA
$Q_{plastic,i,t}$	Cantidad de tipo de plástico i reciclado por el PMCC y enviado a una instalación de procesamiento o fabricación en el periodo t	Toneladas
L_i	Factor de ajuste de neto a bruto para cubrir la degradación de la calidad del material y la pérdida de material en el procesamiento del material clasificado. Utilizar 0.75 ²⁴ si el RVSF solo incluye la clasificación; utilizar 1 si el RVSF incluye tanto la clasificación como el procesamiento.	Adimensional
$w_{i,in-country,t}$	Porcentaje de plástico producido ²⁵ en el país anfitrión, sobre el total del plástico consumido en el periodo t	%
$SE_{i,in-country,t}$	Emisiones específicas en la línea base para la producción de plásticos vírgenes tipo i en el país anfitrión en el periodo t	tCO ₂ e/t _i
$w_{i,imported,t}$	Porcentaje de plásticos importados ²⁶ sobre el total de plástico consumido en el periodo t	%
$SE_{i,imported,t}$	Emisiones específicas en la línea base para los plásticos vírgenes del tipo i importados en el período t	tCO ₂ e/t _i

²⁴ Según las metodologías del MDL AMS-III.AJ v.09.0 y AMS-III.BA v.03.0, cuando no existen informes sectoriales relevantes, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sectoriales que establezcan un valor diferente.

²⁵ Se utilizarán los datos más recientes en cada verificación, según la frecuencia mencionada en la **Tabla 7**.

²⁶ Se utilizarán los datos más recientes en cada verificación, según la frecuencia mencionada en la **Tabla 7**.

Las emisiones específicas en la línea base para la producción de plásticos vírgenes del tipo i en el país anfitrión en el periodo t se determinan con base en la siguiente ecuación:

$$SE_{i,in-country,t} = (SEC_{BL,in-country,i} \times EF_{BL,el,t}) + (SFC_{BL,in-country,i} \times EF_{BL,FF,CO_2}) \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
$SE_{i,in-country,t}$	Emisiones específicas en la línea base para producción de plásticos vírgenes del tipo i en el país anfitrión en el periodo t	tCO ₂ e/t _i
$SEC_{BL,in-country,i}$	Consumo eléctrico específico para producción de materia prima virgen del tipo i en el país anfitrión. Tomar el valor especificado en la Tabla 4 o determinar los valores pertinentes específicos para el país anfitrión, basándose en valores nacionales oficiales o en métodos utilizados en referencias relacionadas que impliquen un sólido inventario nacional del ciclo de vida "de la cuna a la puerta" (cradle-to-gate), realizado por entidades o instituciones de renombre, con una metodología publicada y revisada por pares, la cual, al ser utilizada, deberá ser debidamente justificada.	MWh/t _i
$EF_{BL,el,t}$	Factor de emisión para la fuente de consumo eléctrico de línea base para la producción de plástico virgen en el país anfitrión (tCO ₂ /MWh), determinado mediante la ecuación 6. Si no se dispone de datos oficiales para determinar el valor usando la ecuación 6 para la electricidad de fuentes relacionadas con la producción en países no anfitriones, usar un valor por defecto de 0.24 tCO ₂ /MWh. ²⁷	tCO ₂ /MWh
$SFC_{BL,in-country,i}$	Consumo específico de combustible para la producción de la materia prima virgen del tipo i (GJ/t _i) en el país anfitrión, tome el valor especificado en la Tabla 4 o determinar los valores pertinentes específicos para el país anfitrión, basándose en valores nacionales oficiales o en métodos utilizados en referencias relacionadas que impliquen un sólido inventario nacional del ciclo de vida "de la cuna a la puerta", realizado por entidades o instituciones de renombre, con una metodología publicada y revisada por pares, la cual, al ser utilizada, deberá ser debidamente justificada.	GJ/t _i
EF_{BL,FF,CO_2}	Factor de emisión de CO ₂ del combustible fósil de línea base. Los participantes del proyecto deberán asumir que	tCO ₂ /GJ

²⁷ Este valor por defecto se determina asumiendo que la electricidad es suministrada por una planta de cogeneración de gas natural con una eficiencia del 83% (la eficiencia se obtiene de la Tabla 2 del Apéndice de la TOOL09).

Variable	Descripción	Unidades
	el combustible de línea base es gas natural cuando no sea posible identificar el tipo de combustible consumido para la producción de plásticos a partir de materias primas vírgenes ²⁸ .	

Las emisiones específicas en la línea base para los plásticos vírgenes del tipo i importados en el periodo t se determinan con base en la siguiente ecuación:

Ecuación (5)

$$SE_{i,imported,t} = \sum_i B_i \times (SEC_{BL,imported,i} \times EF_{el,imported} + SFC_{BL,imported,i} \times EF_{FF,imported,CO2})$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
$SE_{i,imported,t}$	Emisiones específicas en la línea base para los plásticos vírgenes del tipo i importados en el periodo t	tCO ₂ e/t _i
B_i	Factor de corrección basado en la proporción de la producción en los países no incluidos en el Anexo I. Usar valores de Tabla 2 .	Adimensional
$EF_{el,imported}$	Factor de emisión para el consumo eléctrico de línea base para la porción de plástico que es importada. Aplicar un valor por defecto de 0.24 ²⁹	tCO ₂ /MWh
$EF_{FF,imported,CO2}$	Factor de emisión de CO ₂ para combustibles fósiles. Suponer que el gas natural suministra la energía necesaria para producir el plástico virgen importado si no es posible identificar el tipo de combustible.	tCO ₂ /GJ
$SEC_{BL,imported,i}$	Consumo eléctrico específico en la producción de la materia prima virgen del tipo i importada, tomando los valores especificados en la Tabla 4 .	MWh/t _i
$SFC_{BL,imported,i}$	Consumo específico de combustible para la producción de la materia prima virgen del tipo i (GJ/t _i) importada. Tomar el valor especificado en la Tabla 4 .	GJ/t _i

²⁸ En caso de que se utilicen combustibles fósiles menos intensivos en carbono que el gas natural, o una combinación de combustibles fósiles y renovables u otras fuentes de energía menos intensivas en carbono para tal fin, eso deberá ser referido y considerado de manera conservadora para incluir en la línea base solo la fracción de combustible fósil utilizada, considerándola como gas natural.

²⁹ Este valor por defecto se determina asumiendo que la electricidad es suministrada por una planta de cogeneración de gas natural con una eficiencia del 83% (la eficiencia se obtiene de la Tabla 2 del Apéndice de la TOOL09).

Los valores de los parámetros $SEC_{BL,in-country,i}$ & $SEC_{BL,imported,i}$ y $SFC_{BL,in-country,i}$ & $SFC_{BL,imported,i}$ se indican en la siguiente tabla, y serán usados cuando los valores relevantes al país anfitrión no se encuentren disponibles:

Tabla 4. Valores del consumo específico de energía y de combustible para la producción de diferentes tipos de plásticos a partir de materias primas vírgenes.

Tipos de Plástico	$SEC_{BL,in-country,i}$, $SEC_{BL,imported,i}$ (MWh/t _i)	$SFC_{BL,in-country,i}$ & $SFC_{BL,imported,i}$ (GJ/t _i)
ABS	0.592	15
HIPS	0.38	15
PET	1.11	15
HDPE	0.71	15
LDPE	1.57	15
PVC	0.18	25.7
PP	0.30	11

Para determinar los valores de $SEC_{BL,nacional,i}$, $SEC_{BL,importado,i}$, $SFC_{BL,nacional,i}$ & $SFC_{BL,importado,i}$, se hicieron los siguientes supuestos conservadores:

1. Los componentes principales del ABS son el etileno y el polipropileno, y los componentes principales del HIPS son el etileno, el estireno y el butadieno
2. La energía necesaria para la producción de los monómeros vírgenes propileno, estireno y butadieno mediante el craqueo térmico de olefinas, es suministrada por gas natural.³⁰;
3. Los monómeros vírgenes etileno, propileno, etilenglicol y ácido tereftálico³¹ se producen mediante el craqueo térmico de nafta.
4. Se seleccionó un valor conservador de 15 GJ/tonelada de energía necesaria para producir etileno, tomado de la Tabla 4.3 del informe “Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ emissions” preparado por la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2007), y se aplicó para la producción de los otros monómeros.
5. Se obtuvo un valor de 11.6 GJ/t de energía necesaria para producir propileno a partir del craqueo térmico de nafta, de la referencia Saygin et al. (2011)³², como la suma de la energía específica consumida por las tecnologías de mejores prácticas (13.1 GJ/t) y la energía específica necesaria para producir vapor (-1.5 GJ/t);
6. Se determinó un valor de 25.7 GJ/t de energía necesaria para producir el monómero de cloruro de vinilo virgen (VCM), basado en la suma de la energía necesaria para producir etileno (15 GJ/t, véase más arriba), cloro (1.11 GJ/t, basado en Saygin et al., 2011, y asumiendo una relación de 0.586 tCl₂/tVCM), dicloruro de etileno (EDC) (6.98 GJ/t, basado en la Tabla 4.18 de la AIE, 2007,

³⁰ Esto se considera conservador, ya que usar gas natural es la forma menos intensiva en energía y materiales para obtener una unidad de producto en el proceso de craqueo térmico de olefinas.

³¹ Para la producción de los monómeros Etilenglicol y Ácido Tereftálico, se estimó de manera conservadora que la energía necesaria es la misma que para la producción de la misma masa de etileno mediante craqueo térmico.

³² Saygin D, Patel MK, Worrell B, Tam C, Gielen DJ. 2011. Potential of best practice technology to improve energy efficiency in the global chemical and petrochemical sector. Available at, consultado el 12 Mayo 2021.

y suponiendo una relación de 1.58 tEDC/tVCM) y VCM (2.7 GJ/t, basado en la Tabla 4.18 de la AIE, 2007);

7. La energía necesaria para la producción de los polímeros (polimerización + extrusión) es suministrada por electricidad. Según el Consejo Americano de Química (ACC, por sus siglas en inglés)³³:
 - a) Para el ABS, un valor de consumo eléctrico equivale a 503 kWh de la red, convertido a 0.592 MWh/t; los 503 kWh se tomaron de la Tabla 14 del informe CRADLE-TO-GATE LIFE CYCLE ANALYSIS OF ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE (ABS) RESIN, datos de 2022.
 - b) Para el HIPS, un valor de consumo eléctrico equivale a 170.56 kWh (140 kWh de la red, convertidos a 0.170 MWh/t; los 140 kWh de la red se tomaron de la Tabla 17 del informe “CRADLE-TO-GATE LIFE CYCLE ANALYSIS OF HIGH IMPACT POLYSTYRENE (HIPS) RESIN”, y se tomaron 0.11 GJ de la Tabla H-4).
 - c) Para el HDPE, los valores se toman de la tabla 13 del informe CRADLE-TO-GATE LIFE CYCLE ANALYSIS OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) RESIN, 2020, sumando la electricidad de la red, la electricidad de cogeneración, el gas natural y el aceite residual, y convirtiendo el total a MWh/t.
 - d) Para el LDPE, los valores se toman de la tabla 12 del informe CRADLE-TO-GATE LIFE CYCLE ANALYSIS OF Low-Density Polyethylene (LDPE) RESIN, 2020, sumando la electricidad de la red, la electricidad de cogeneración, el gas natural y el aceite residual, y convirtiendo el total a MWh/t.
 - e) Para el PP, los valores se toman de la Tabla 12 del informe CRADLE-TO-GATE LIFE CYCLE ANALYSIS OF POLYPROPYLENE (PP) RESIN, 2021, sumando la electricidad de la red y la electricidad de cogeneración, y convirtiendo el total a MWh/t.
 - f) Para el PET, se obtuvo un valor conservador de 4.0 GJ/t (dividido entre 3.6 para convertir a MWh/t) de la Tabla 1 de Saygin et al. (2011).
 - g) Para el PVC, se determinó un valor conservador de 0.18 MWh/t como el promedio ponderado entre el PVC producido a partir de procesos de suspensión (S-PVC) y de emulsión (E-PVC), donde las proporciones de cada proceso sobre la producción mundial de PVC (85% mediante S-PVC y 15% mediante E-PVC) y el consumo eléctrico específico de cada proceso de producción se obtuvieron de PlasticsEurope y ECVM.³⁴
8. Las etapas restantes de la producción de pellets vírgenes (fusión y conformado, peletizado, formulación de compuestos) requieren cantidades de energía relativamente insignificantes y, por lo tanto, se ignoran.

El factor de emisión para la fuente de consumo eléctrico de línea base para la producción de plástico virgen en el país anfitrión (parámetro $EF_{BL,el,y}$) deberá determinarse con base en el promedio ponderado del consumo de electricidad procedente de la(s) red(es) eléctrica(s) y de la(s) central(es) eléctrica(s) propia(s), como se indica en la ecuación a continuación. Los participantes del proyecto

³³ Referencia: **Cradle-to-Gate Life Cycle Inventory of Nine Plastic Resins and Four Polyurethane Precursors**, prepared by Franklin Associates for the Plastics Division of the *American Chemistry Council (ACC)*. Disponible en: <https://plastics.americanchemistry.com/LifeCycle-Inventory-of-9-Plastics-Resins-and-4-Polyurethane-Precursors-APPS-Only/>, consultado el 12 Mayo 2021.

³⁴ Referencia: Association of Plastics Manufacturers in Europe (PlasticsEurope), European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM). 2015. Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers: Vinyl chloride (VCM) and Polyvinyl chloride (PVC).

podrán optar por fijar este parámetro ex ante y actualizarlo en la renovación del periodo de acreditación, o monitorear este parámetro ex post.

Si el parámetro se fija ex ante, deberá calcularse utilizando los datos más recientes disponibles. De lo contrario, si no se dispone de datos oficiales para determinar el valor mediante la **ecuación 6**, se deberá aplicar un valor por defecto de 0.24 tCO₂/MWh³⁵:

$$EF_{BL,el,t} = \frac{\sum_k EF_{BL,grid,k,t} \times EC_{BL,grid,k,t} + \sum_j EF_{BL,captive,j,t} \times EC_{BL,captive,j,t}}{\sum_k EC_{BL,grid,k,t} + \sum_j EC_{BL,captive,j,t}} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
$EF_{BL,el,t}$	Factor de emisión para la fuente de consumo eléctrico de línea base para la producción de plástico virgen en el país anfitrión.	tCO ₂ /MWh
$EF_{BL,grid,k,t}$	Factor de emisión de la red eléctrica k que suministra electricidad para producir plásticos vírgenes en el país anfitrión en el periodo t determinado según la última versión de la TOOL 07 del MDL.	tCO ₂ /MWh
$EC_{BL,grid,k,t}$	Electricidad consumida de la red eléctrica k para producir plásticos vírgenes en el país anfitrión en el periodo t (MWh)	MWh
$EF_{BL,captive,j,t}$	Factor de emisión de la central eléctrica propia j que suministra electricidad para producir plásticos vírgenes en el país anfitrión determinado según la última versión de la TOOL 07 del MDL.	tCO ₂ /MWh
$EC_{BL,captive,j,t}$	Electricidad consumida de la central eléctrica propia j para producir plásticos vírgenes en el país anfitrión en el periodo t .	MWh

Si los participantes del proyecto no pueden identificar las fuentes para determinar las emisiones de línea base de los plásticos producidos en el país anfitrión, se puede aplicar un enfoque simplificado, suponiendo que todo el plástico consumido en el país anfitrión es importado y que se asigna un peso de 0 a $w_{produced,y}$ y 1 a $w_{import,y}$ en la **Ecuación 3** así como valores similares de $SEC_{BL,in-country,i}$ y $SEC_{BL,imported,i}$, $SFC_{BL,in-country,i}$ y $SFC_{BL,imported,i}$ como se menciona en la **Tabla 4**.

7.3.3 Emisiones de línea base asociadas al reciclaje de vidrio

Las emisiones de línea base para la producción de vidrio para envases a partir de insumos vírgenes se calculan utilizando la siguiente ecuación³⁶:

³⁵ Este valor por defecto se determina asumiendo que la electricidad es suministrada por una planta de cogeneración de gas natural con una eficiencia del 83% (la eficiencia se obtiene de la Tabla 2 del Apéndice de la “TOOL09: Determining the baseline efficiency of thermal or electric energy generation systems”).

³⁶ Este valor por defecto se determina asumiendo que la electricidad es suministrada por una planta de cogeneración de gas natural con una eficiencia del 83% (la eficiencia se obtiene de la **Tabla 2** del Apéndice de la “TOOL09: Determining the baseline efficiency of thermal or electric energy generation systems”) menos que las requeridas para producir vidrio a partir de materias primas vírgenes.

$$BE_{glass,t} = Q_{glass,t} \times L_{glass} \times B_i \times SEC_{Bl,glass} \times EF_{el,PJ,t}$$

Ecuación (7)

Donde;

Variable	Descripción	Unidades
$BE_{glass,t}$	Emisiones de línea base para la producción de vidrio para envases a partir de insumos vírgenes en el periodo t	tCO ₂ /t
$Q_{glass,t}$	Cantidad de cullet de vidrio reciclado por el PMCC y enviado a una instalación de procesamiento o fabricación en el periodo t	Toneladas
L_{glass}	Factor de ajuste de neto a bruto para cubrir la degradación de la calidad del material y la pérdida de material en el proceso de producción del producto final que utiliza el material reciclado (usar 0.88 ³⁷) ³⁸	Adimensional
$SEC_{Bl,glass}$	Consumo eléctrico específico para la producción de las materias primas desplazadas por el reciclaje de vidrio ³⁹	MWh/tonelada
$EF_{el,PJ,t}$	Factor de emisión de la red eléctrica que suministra electricidad a la instalación de reciclaje en el periodo t	tCO ₂ /MWh
B_i	Factor de corrección basado en la proporción de la producción en los países no incluidos en el Anexo I. Use los valores de la Tabla 2 .	Adimensional

Se hicieron los siguientes supuestos conservadores para determinar las emisiones de línea base para la producción de vidrio para envases a partir de insumos vírgenes:

- El cullet de vidrio para envases sólo desplazará la preparación y mezcla de las materias primas antes de la etapa de fusión.
- La única fuente de energía consumida por la preparación y mezcla de las materias primas es la electricidad; no se utilizan combustibles fósiles.

Las etapas restantes de la producción de vidrio para envases no se consideran, porque el uso de cullet de vidrio para envases no evita la fusión ni las etapas subsecuentes del proceso de fabricación de vidrio (es decir, conformado y posconformado).

³⁷ www.wiego.org

³⁸ Cuando no existen informes sectoriales relevantes, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sectoriales que establezcan un valor diferente.

³⁹ Se deberá utilizar el valor por defecto para el SEC (consumo eléctrico específico) de 0.026 MWh/t de vidrio; Fuente: “Revision of AMS-III.AJ methodology to cover glass – Conservativeness study for the baseline calculation”, preparada por ALLCOT Group, disponible en:

<http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/NC0TF6YEJU8GMVIK49D1LBSWP3HRO2>

7.3.4 Consideraciones sobre línea base por debajo del escenario normal de negocio (BAU)

Tal como se describe en la **Sección 7.3.1**, la línea base debe ser establecida de manera conservadora en un nivel por debajo del escenario normal de negocio (BAU). Con tal fin, y dada la naturaleza de los procesos involucrados y los factores de emisión específicos al proceso empleados, las emisiones de línea base deben afectarse a la baja por un factor ya sea de:

- La misma magnitud que la incertidumbre total cuantificada en la estimación de las emisiones de línea base, o
- Diez por ciento (10%) del total de emisiones de línea base estimadas.

Lo que resulte mayor. En caso de que el marco regulatorio de Cercarbono establezca lineamientos más conservadores con este propósito, prevalecerán aquellos que representen el mayor ajuste a la baja respecto de las emisiones de línea base en el escenario normal de negocio (BAU)

Las emisiones de línea base así ajustadas deberán constituir el escenario de referencia para la revaluación de la línea base en soporte ya sea de requisitos de revaluación obligatorios y/o objetivos de ambición incrementada.

Este es un requisito obligatorio para todos los PMCC que utilicen esta metodología, independientemente del esquema de comercio o compensación de emisiones en que podrían participar.

8 Escenario de proyecto

El escenario del proyecto implica la implementación de actividades dirigidas a aumentar la tasa de reciclaje de materiales procedentes de ELV en los RVSF, reduciendo así la necesidad de producción a partir de materias primas vírgenes, disminuyendo por consiguiente las emisiones de GEI. Las fórmulas para la tasa de reciclaje (por unidad y por peso) pueden consultarse en el subapartado (s), **Sección 4**.

8.1 Fuentes de emisión de GEI del escenario de proyecto

Las fuentes de emisión de GEI a considerar en el escenario de proyecto se describen a continuación en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Fuentes de emisión de GEI consideradas en el escenario de proyecto.

Fuente	GEI	Incluido	Explicación
Consumo de Electricidad de la red	CO ₂	Sí	Emisiones de la electricidad consumida por el RVSF. Las cantidades producidas de CH ₄ y N ₂ O son consideradas insignificantes.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	
Consumo de Combustibles Fósiles en el RVSF	CO ₂	Sí	Emisiones de combustibles fósiles consumidos durante los procesos de reciclaje. Las cantidades producidas de CH ₄ y N ₂ O son consideradas insignificantes.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	
Procesamiento de materiales en	CO ₂	Sí	Emisiones de las instalaciones de terceros que procesan los materiales reciclados. Las cantidades
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	

Fuente	GEI	Incluido	Explicación
Instalaciones de Terceros			producidas de CH ₄ y N ₂ O son consideradas insignificantes.
Transporte de materiales al RVSF	CO ₂	No	Las cantidades producidas de CH ₄ , N ₂ O y CO ₂ se consideran insignificantes. Las emisiones asociadas al transporte de materiales reciclables y al procesamiento/fabricación bajo el PMCC se consideran equivalentes a las emisiones correspondientes para las materias primas vírgenes y, por lo tanto, se ignoran en esta metodología. ⁴⁰
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	

Nota: Los materiales mencionados son metales (Aluminio, Acero, Cobre, Oro, Plata, Paladio, Estaño), plásticos (ABS, HIPS, PET, HDPE, LDPE, PP, PVC) y vidrio.

8.2 Cálculo de emisiones en el escenario de proyecto

Las emisiones de proyecto se calculan utilizando la siguiente ecuación. Conforme a la condición de aplicabilidad “u”, mencionada en la sección 4, si los promotores del proyecto excluyen el cobre y los metales nobles (es decir, oro, plata y paladio) del cálculo de la línea base, también podrán excluirlos del cálculo de las emisiones de proyecto:

$$PE_t = PE_{r,t} + PE_{p,t} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
PE_t	Emisiones de proyecto en el periodo t	tCO ₂ e
$PE_{r,t}$	Emisiones de proyecto a partir de la clasificación y/o procesamiento de ELV en el RVSF durante el periodo t	tCO ₂ e
$PE_{p,t}$	Emisiones de proyecto a partir del procesamiento de ELV en las instalaciones de procesamiento de terceros durante el periodo t . Para las actividades del proyecto donde el RVSF incluye clasificación y procesamiento de ELV, el valor de este parámetro es igual a 0.	tCO ₂ e

8.2.1 Caso A: ELV se clasifica y procesa hasta la etapa de producción del material equivalente a materiales vírgenes en el RVSF

Para los proyectos que se enmarcan en el Caso A, las emisiones de proyecto se calculan utilizando la siguiente ecuación:

⁴⁰ Según la metodología AMS-III.AJ del MDL.

$$PE_{r,t} = EC_{PJ,t} \times EF_{el,PJ,t} + \sum_f (FC_{f,PJ,t} \times NCV_{f,t} \times EF_{f,CO_2,t}) \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
$PE_{r,t}$	Emisiones de proyecto por la clasificación y/o procesamiento de ELV en el RVSF en el periodo t	tCO ₂ e
$EC_{PJ,t}$	Electricidad consumida por el RVSF en el periodo t	MWh
$EF_{el,PJ,t}$	Factor de emisión de la red eléctrica que suministra electricidad al RVSF en el periodo t	tCO ₂ /MWh
$FC_{f,PJ,t}$	Combustible fósil de tipo f consumido por el RVSF en el periodo t	Unidad de masa o volumen
$NCV_{f,t}$	Poder calorífico neto de combustible fósil consumido por el RVSF en el periodo t	GJ/unidad de masa o volumen
$EF_{f,CO_2,t}$	Factor de emisión de CO ₂ del combustible fósil consumido por el RVSF en el periodo t	tCO ₂ /GJ

Si el RVSF reclama reducciones de emisiones sólo por una parte de los materiales reciclados (p. ej., sólo por los plásticos y no por los metales), las emisiones de proyecto podrán asignarse a cada unidad en masa de material segregado en función de los ingresos brutos por ventas, es decir, prorrateando las emisiones de forma proporcional a los precios de mercado de los plásticos y a su respectivo volumen de producción (throughput). Los precios de mercado pueden ser monitoreados ex post o determinarse una sola vez para el periodo de acreditación. Esta regla sólo puede aplicarse si se dispone de información transparente y fiable sobre los precios de mercado. Alternativamente, como un enfoque conservador, todas las emisiones de proyecto deberán asignarse al material reciclado.

El volumen de producción total del escenario del proyecto, relevante para los reclamos de reducción de emisiones, debe ser igual o menor que el volumen de producción total considerado en el escenario de línea base, y deberá corresponder al volumen de producción neto (descontando las pérdidas permanentes de material⁴¹).

Las siguientes fórmulas pueden utilizarse para asignar el consumo de electricidad y combustible a cada unidad de masa de los materiales reciclados i en función de los precios de mercado y para calcular las emisiones de proyecto:

$$EC_{i,PJ,t} = EC_{PJ,t} \times \frac{Q_{i,t} \times \$_{i,t}}{\sum_s (Q_{s,t} \times \$_{s,t})} \quad \text{Ecuación (10)}$$

⁴¹ Las pérdidas permanentes de material se consideran aquellas que salen del RVSF como residuos al relleno sanitario o como chatarra no reciclable que termina en el relleno sanitario o vertedero.

$$FC_{f,i,PJ,t} = FC_{f,PJ,t} \times \frac{Q_{i,t} \times \$_{i,t}}{\sum_s (Q_{s,t} \times \$_{s,t})} \quad \text{Ecuación (11)}$$

$$PE_{r,t} = \sum_i Q_{i,t} \times \left[EC_{i,PJ,t} \times EF_{el,PJ,t} + \sum_f (FC_{f,i,PJ,t} \times NCV_{f,t} \times EF_{f,CO2,t}) \right] \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
i	Índices para el tipo de material resultante i (metales, plásticos y vidrio enumerados en condiciones de aplicabilidad, párrafo “ m ”).	NA
s	Índices para cada material clasificado en el RVSF.	NA
$EC_{i,PJ,t}$	Proporción del consumo de electricidad del RVSF asignada a la producción del tipo de material resultante i en el periodo t	MWh
$FC_{f,i,PJ,t}$	Proporción del consumo del combustible fósil tipo f en el RVSF asignada a la producción del tipo de material resultante i en el periodo t	Unidad de masa o volumen
$EC_{PJ,t}$	Electricidad consumida por el RVSF en el periodo t (MWh)	MWh
$FC_{f,i,PJ,t}$	Combustible fósil del tipo f consumido por el RVSF en el periodo t (unidad de masa o volumen)	Unidad de masa o volumen
$Q_{i,t}$	Cantidad del material tipo i reciclado en el periodo t	Toneladas
$Q_{s,t}$	Cantidad del material tipo s segregado en el RVSF en el periodo t	Toneladas
$\$_{i,t}$	Precio de mercado del material reciclado del tipo i en el periodo t .	NA
$\$_{s,t}$	Precio de mercado del material reciclado del tipo r en el periodo t .	NA

8.2.2 Caso B: ELV solo se clasifica en el RVSF y posteriormente se procesa hasta la producción de materiales vírgenes equivalente en instalaciones de terceros

Para los proyectos que se enmarcan en el Caso B, las emisiones de proyecto por la clasificación del ELV se determinan con base en las ecuaciones del apartado 8.2.1, donde $EC_{PJ,y}$ y $FC_{f,PJ,y}$ representan el consumo de electricidad y de combustible únicamente para el proceso de clasificación.

Las emisiones de proyecto por el procesamiento del ELV en la instalación de procesamiento de terceros se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$PE_{p,t} = \sum_i Q_{i,t} \times EFP_i \times EF_{el,PJ,t} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
$PE_{p,t}$	Emisiones de proyecto por el procesamiento de ELV en la instalación de procesamiento de terceros en el periodo t . Para las actividades de proyecto donde el RVSF incluye la clasificación y el procesamiento de ELV, este parámetro es igual a 0.	tCO ₂ e
$Q_{i,t}$	Cantidad de Material tipo i reciclado en el periodo t	toneladas
EF_{P_i}	Factor de consumo energético para el procesamiento de ELV del material i . Utilizar los valores proporcionados en la Tabla 6	MWh/t
$EF_{el,PJ,t}$	Factor de emisión de la red eléctrica que suministra electricidad al RVSF en el periodo t	tCO ₂ /MWh

Tabla 6. Factor específico de consumo de energía para el procesamiento de ELV (MWh/t).

Metal/Plastico	Factor de consumo energético específico para el procesamiento de ELV (MWh/t).
Aluminio	0.66 ⁴²
Acero	0.90 ⁴³
ABS	0 ⁴⁴
HIPS	0 ⁴⁵
HDPE	0.83 ⁴⁶
LDPE	0.83 ⁴⁷
PET	0.83 ⁴⁸

⁴²Según la Tabla 5 de la metodología *AMS-III.BA* del MDL.

⁴³ Según la Tabla 5 de la metodología *AMS-III.BA* del MDL.

⁴⁴ As per *AMS-III.AJ.*, emissions associated with transportation of recyclable materials and processing/manufacturing under the CCMP are considered as equivalent to the corresponding emissions for the virgin materials and therefore ignored in this methodology.

⁴⁵ Según *AMS-III.AJ.*, las emisiones asociadas al transporte de materiales reciclables y al procesamiento/fabricación bajo el PMCC se consideran equivalentes a las emisiones correspondientes para las materias primas vírgenes y, por lo tanto, se ignoran en esta metodología.

⁴⁶ Según *AMS-III.AJ.*, se utiliza el valor por defecto de 0.83 MWh/t como el consumo eléctrico específico para el reciclaje de plástico.

⁴⁷ Según *AMS-III.AJ.*, se utiliza el valor por defecto de 0.83 MWh/t como el consumo eléctrico específico para el reciclaje de plástico.

⁴⁸ Según *AMS-III.AJ.*, se utiliza el valor por defecto de 0.83 MWh/t como el consumo eléctrico específico para el reciclaje de plástico.

Metal/Plástico	Factor de consumo energético específico para el procesamiento de ELV (MWh/t).
PVC	0.83 ⁴⁹
PP	0.83 ⁵⁰
Vidrio	0 ⁵¹

8.3 Fugas

Las fugas se refieren al incremento no intencionado de las emisiones de GEI fuera de los límites del proyecto que ocurre como resultado de la implementación del PMCC. Para este PMCC, no se esperan fugas debido a la naturaleza y el alcance de las actividades del proyecto. La justificación de que no se esperan fugas se presenta a continuación:

- El reciclaje de materiales de ELV es una actividad localizada, y las emisiones ocurren predominantemente dentro del límite del proyecto (es decir, en las instalaciones de reciclaje, los puntos de recolección y el transporte dentro del área definida).
- La metodología no implica actividades que desplacen las emisiones a otras regiones o sectores. Por ejemplo, el reciclaje de ELV no conduce a un aumento de las emisiones en la producción de materias primas vírgenes ni en otras actividades industriales en otros lugares.
- La metodología no desplaza actividades existentes a otros lugares que podrían causar emisiones adicionales. Por ejemplo, el reciclaje de ELV no obliga a que la producción de materias primas vírgenes se traslade a otra región, ya que la demanda de materiales reciclados reemplaza la demanda de materias primas vírgenes dentro del área del proyecto.
- Es poco probable que las actividades del proyecto conduzcan a un incremento en la demanda general del mercado de materiales que pudiera causar emisiones fuera del límite del proyecto.

Dados estos factores, se establece que las actividades del proyecto relacionadas con el reciclaje de ELV no generan fugas.

En cualquier caso, si se identifica cualquier fuente de fuga, debe cuantificarse y considerada de acuerdo con la **Ecuación 14**.

9 Reducción de emisiones de GEI

Las reducciones de emisiones logradas por el PMCC se determinarán como la diferencia entre las emisiones de línea base, las emisiones de proyecto y las fugas, utilizando la siguiente ecuación:

⁴⁹ Según *AMS-III.AJ*, se utiliza el valor por defecto de 0.83 MWh/t como el consumo eléctrico específico para el reciclaje de plástico.

⁵⁰ Según *AMS-III.AJ*, se utiliza el valor por defecto de 0.83 MWh/t como el consumo eléctrico específico para el reciclaje de plástico.

⁵¹ Las emisiones asociadas al transporte de materiales reciclables y al procesamiento/fabricación bajo la actividad del proyecto se consideran equivalentes a las emisiones correspondientes para las materias primas vírgenes y, por lo tanto, se ignoran en esta metodología.

$$ER_t = BE_t - PE_t - LE_t \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
ER_t	Reducción de emisiones en el periodo t	tCO ₂ e
BE_t	Emisiones de línea base en el periodo t	tCO ₂ e
PE_t	Emisiones de proyecto en el periodo t	tCO ₂ e
LE_t	Emisiones por Fugas en el periodo t	tCO ₂ e

10 Proyectos agrupados / programas de actividades (PoA)

Los proyectos agrupados están diseñados para facilitar la inclusión de instancias adicionales de la actividad de mitigación o para ampliar su escala después de la validación inicial, sin requerir una validación y verificación por separado para cada nueva instancia. Esta estructura reduce los costos de transacción y apoya la expansión futura del proyecto.

Los proyectos agrupados bajo esta metodología deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Validación inicial e inclusión de nuevas instancias: El diseño inicial del proyecto debe definir los criterios de elegibilidad para las instancias adicionales, permitiendo la expansión futura sin requerir una validación por separado para cada nueva instancia.
- Consistencia en Tecnología y Procesos: Todas las instancias incluidas deben utilizar las mismas tecnologías y procesos de reciclaje definidos durante el diseño inicial del proyecto. Cualquier desviación en la tecnología o los procesos con respecto a los definidos inicialmente descalificará a las nuevas instancias para ser incluidas en el proyecto agrupado.
- Monitoreo y Reporte: Se debe contar con un Plan de Monitoreo para dar seguimiento a los datos sobre las reducciones o remociones de emisiones de GEI para cada instancia dentro del proyecto agrupado.
- Criterios de Elegibilidad: Todas las instancias deben cumplir con los criterios de elegibilidad y otros requisitos según el Protocolo de Cercarbono.

11 Incertidumbre

Bajo esta metodología, el PMCC debe incluir una evaluación de los resultados de mitigación como la suma total de las incertidumbres estadísticas de cada componente, ya sea que se midan directamente (datos monitoreados) o indirectamente (datos y factores de emisión).

Se requiere que el PMCC incluya información sobre, al menos, lo siguiente:

- Todas las causas probables de incertidumbre.
- Un sistema de gestión de calidad de la información con medidas de control de calidad⁵² para reducir la incertidumbre.

⁵² Las medidas de control de calidad incluyen: Precisión en la recolección de datos, precisión en los cálculos, integridad de los archivos de base de datos, precisión del movimiento de los datos de inventario entre los pasos del proceso.

La incertidumbre aditiva se puede estimar usando la técnica de la raíz de la suma de los cuadrados.

$$(C \pm c\%) + (D \pm d\%) = (E \pm e\%) \quad \text{Ecuación (15)}$$

$$\text{Luego, } e = \frac{\sqrt{(C*c)^2 + (D*d)^2}}{E}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidades
C y D	valores absolutos del parámetro medido directa e indirectamente.	Unidades relevantes de acuerdo al plan de monitoreo.
c y d	incertidumbre porcentual asociada con el parámetro en consideración.	%
E	valor absoluto total del parámetro.	Unidades relevantes de acuerdo al plan de monitoreo
e	Incertidumbre agregada.	%

12 Contribuciones a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas

En el marco del programa de Cercarbono, los PMCC deben reportar las contribuciones a los ODS mediante la **Herramienta de Cercarbono para reportar aportes de iniciativas de mitigación del cambio climático a los Objetivos de Desarrollo Sostenible**, disponible en: www.cercarbono.com, sección: “Documentación”. La evaluación acerca de la aplicación de esta herramienta será parte del proceso de verificación. La Rúbrica de la Herramienta ODS deberá ser debidamente firmada por el OVV a cargo de la verificación.

Los PMCC que implementen adecuadamente la Herramienta ODS de Cercarbono tendrán un sello de diferenciación disponible en el certificado de retiro y en la plataforma EcoRegistry.

13 Salvaguardas

Se debe revisar que el PMCC no genere daño neto, de acuerdo con el documento de **Principios y procedimientos de salvaguarda del programa de certificación de Cercarbono**, disponible en www.cercarbono.com, sección: Documentación.

14 Monitoreo del PMCC

Toda la información y los datos asociados con el PMCC deben ser sometidos a validación y verificación, bajo los lineamientos de la Norma ISO 14064-3:2019 y del Protocolo de Cercarbono. Además, toda la información recolectada de acuerdo con el plan de monitoreo deberá ser almacenada y mantenida electrónicamente para permitir su consulta en el futuro al menos por cuatro años posteriores a la fecha de terminación del período de acreditación.

14.1 Descripción del plan de monitoreo

El titular del PMCC debe contar con toda la información necesaria para evidenciar que los resultados y las aseveraciones relacionadas en el proyecto cumplen todos los principios y se alinean con los

requisitos metodológicos del presente documento, con los señalados en el **Protocolo de Cercarbono** y en los anexos A.3.5, A.3.6 y A.3.8 de ISO 14064-2:2019. Las mediciones necesarias para el monitoreo de variables que así lo requieran, ya sean mediciones directas de variables específicas o mediciones indirectas que permitan el cálculo de las variables monitoreadas, deberán realizarse utilizando equipo e instrumentación calibrados de acuerdo con los estándares relevantes de la industria, o bien de acuerdo con documentos metodológicos relevantes a la implementación del PMCC, o de acuerdo con las instrucciones del vendedor o fabricante del equipo, según sea aplicable.

La frecuencia de calibración estará determinada por las recomendaciones del fabricante o por estándares regulatorios aplicables. La frecuencia mínima de calibración a falta de dichas referencias será anual.

Para mediciones derivadas de análisis de laboratorio o reportadas por proveedores, deberá suponerse que los medidores involucrados cumplen con lo anterior, siempre y cuando dichas empresas u organizaciones cuenten con un sistema de certificación de calidad de producto válido y vigente. El responsable del PMCC debe desarrollar e implementar un plan de monitoreo, que debe cumplir las condiciones señaladas en la versión vigente del **Protocolo de Cercarbono**, sección: **Monitoreo del PMCC** y el numeral 6.10 de la Norma ISO 14064-2:2019.

14.1.1 Variables y parámetros controlados

Todos los datos y parámetros se presentan en la **Tabla 7** a continuación:

Tabla 7. Datos / parámetros controlados.

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
B_i	Factor de corrección basado en la proporción de la producción en los países no incluidos en el Anexo I.	Adimensional	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sectoriales.	No Aplica	Usar los valores de la Tabla 2 . Los participantes del proyecto deberán utilizar los valores de la última versión de la metodología en la renovación del periodo de acreditación.
$EC_{BL,captive,j,t}$	Electricidad consumida de la central eléctrica propia j para producir plásticos	MWh	Aplican las disposiciones de monitoreo del parámetro $EC_{BL,k,t}$ de la última versión	The monitoring provisions of the parameter $EC_{BL,k,t}$ de la última versión de la TOOL 05 del MDL.	Medición continua y registro al menos mensual, según las disposiciones

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
	vírgenes en el país anfitrión en el periodo t .		de la TOOL 05 del MDL.		de monitoreo del parámetro $EC_{BL,k,t}$ de la última versión de la TOOL 05 del MDL.
$EC_{BL,grid,k,t}$	Electricidad consumida de la red k para producir plásticos vírgenes en el país anfitrión en el periodo t .	MWh	Según la fuente de datos mencionada en las disposiciones de monitoreo del parámetro $EC_{BL,k,t}$ de la última versión de la TOOL 05 del MDL.	Según el procedimiento de medición mencionado en las disposiciones de monitoreo del parámetro $EC_{BL,k,t}$ de la última versión de la TOOL 05 del MDL.	Aplican las disposiciones de monitoreo del parámetro $EC_{BL,k,t}$ de la última versión de la TOOL 05 del MDL.
$EC_{PJ,t}$	Electricidad consumida por el RVSF en el periodo t	MWh	Usar medidores de electricidad instalados en las fuentes de consumo, así como registros de uso eléctrico o cualquier otra disposición de monitoreo del parámetro $EC_{PJ,t}$ de la última versión de la TOOL 05 del MDL.	Las lecturas del medidor de energía se registran al inicio y al final del mes y se cotejan con las facturas de electricidad liquidadas.	Medición continua y registro al menos mensual, según las disposiciones de monitoreo del parámetro $EC_{PJ,t}$ de la última versión de la TOOL 05 del MDL.
$EF_{BL,captive,j,t}$	Factor de emisión de la central eléctrica propia j , que suministra electricidad para	tCO ₂ /MWh	Aplican las disposiciones para determinar el parámetro $EF_{EL,k,t}$ de la última versión	No aplicable, ya que estos cálculos se basan directamente en registros de medición de la base de datos.	Aplican las disposiciones de monitoreo del parámetro $EF_{EL,k,t}$ de la última versión de la TOOL 05 del MDL.

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
	producir plásticos vírgenes en el país anfitrión en el periodo t .		de la TOOL 05 del MDL		
$EF_{BL,el,t}$	Factor de emisión para la fuente de consumo eléctrico de línea base para la producción de plástico virgen en el país anfitrión.	tCO ₂ /MWh	Calculado según la ecuación 6 .	No Aplica	Usar la ecuación 6 y, si no hay datos oficiales para determinar el valor, para la electricidad de fuentes relacionadas con la producción en países no anfitriones, usar un valor por defecto de tCO ₂ /MWh
EF_{BL,FF,CO_2}	Factor de emisión de CO ₂ del combustible fósil de línea base.	tCO ₂ /GJ	De acuerdo a la última versión de la "TOOL03: Tool to calculate project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel combustion" Deben aplicarse los requisitos para EF_f,CO_2	De acuerdo a la última versión de la "TOOL03: Tool to calculate project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel combustion". Cuando se aplica, los requerimientos para $EF_fCO_{2,i,t}$ deben aplicarse para el factor de emisión CO ₂ del combustible fósil consumido en el RVSF y al del combustible de línea base.	De acuerdo a la última versión de "TOOL 03: Tool to calculate project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel combustion".

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
$EF_{BL,grid,k,t}$	Factor de emisión de la red k que suministra electricidad para producir plásticos vírgenes en el país anfitrión en el periodo t .	tCO ₂ /MWh	Calculado con base en registros de operación del sector eléctrico, planificación de nueva capacidad, o datos publicados por la autoridad regulatoria u otro informe nacional/inter nacional, siempre que se calcule según las disposiciones del parámetro $EF_{grid,CM,t}$ de la última versión de la TOOL 07 del MDL.	No aplicable, ya que estos cálculos se basan directamente en registros de medición de la base de datos.	Aplican las disposiciones de monitoreo del parámetro $EF_{grid,CM,t}$ de la última versión de la TOOL 07 del MDL.
$EF_{el,PJ,t}$	Factor de emisión de la red eléctrica que suministra electricidad al RVSF en el periodo t .	tCO ₂ /MWh	Aplican las disposiciones de monitoreo del parámetro $EF_{grid,CM,t}$ de la última versión de la TOOL 07 del MDL.	No aplicable, ya que estos cálculos se basan directamente en registros de medición de la base de datos.	Aplican las disposiciones de monitoreo del parámetro $EF_{grid,CM,t}$ de la última versión de la TOOL 07 del MDL.
EF_{f,CO_2}	Factor de emisión del combustible fósil tipo f consumido en el RVSF en el periodo t	tCO ₂ /GJ	Según la fuente de datos y las condiciones de uso de la última versión de la "TOOL 03: Tool to calculate	Según la última versión de la "TOOL 03: Tool to calculate project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel combustion".	Según la última versión de "TOOL 03: Tool to calculate project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
			project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel combustion” Deberían aplicar los requisitos para EF _{f,CO2} .	Los requisitos para los procedimientos de medición de EF _{f,CO2,i,t} deben aplicarse al factor de emisión CO ₂ del combustible consumido en el RVSF y al del combustible de línea base.	combustion” Deben aplicarse los requisitos para la frecuencia de monitoreo de EF _{f,CO2} .
$EF_{FF,imported,CO}$	Factor de emisión CO ₂ para el combustible fósil	tCO ₂ e/GJ	IPCC por defecto.	No Aplica	Asumir que el gas natural suministra la energía necesaria para producir el plástico virgen importado si no es posible identificar el tipo de combustible.
EFP_i	Factor de consumo energético para el procesamiento de ELV del material <i>i</i> .	MWh/t	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sec toriales.	Factor de consumo energético para el procesamiento de ELV del material <i>i</i> .	Usar los valores de la Tabla 6
$FC_{f,P,t}$	Consumo de combustible fósil tipo <i>f</i> en el RVSF en el periodo <i>t</i> .	Unidad de masa o volumen por período <i>t</i>	Mediciones de consumo de combustible fósil in situ / registros / recibos de	Usar medidores de masa o volumen, según los requisitos de la última versión de la "TOOL 03: Tool	Continuamente o según lo exija la frecuencia de facturación.

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
			compra o lecturas de medidores.	to calculate project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel combustion". Los requisitos para FC _{i,j,y} deben aplicarse al consumo total de combustible en el RVSF.	
L_{glass}	Factor de ajuste de neto a bruto para cubrir la degradación de la calidad y la pérdida de material en el proceso de producción del producto final que utiliza el material reciclado.	Adimensional	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sec toriales.	No Aplica	En ausencia de informes o estudios pertinentes, use el valor por defecto de 0.88.
L_i	Factor de ajuste de neto a bruto para cubrir la degradación de la calidad y la pérdida de material en el procesamiento del material	Adimensional	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sec toriales.	No Aplica	En ausencia de informes o estudios pertinentes, use 0.75 si el RVSF solo incluye la clasificación; use 1 si incluye tanto la clasificación como el

Variable/parámetro/dato	Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
	clasificado.			procesamiento.
$NCV_{f,t}$	Poder calorífico neto del combustible fósil tipo f consumido en el RVSF en el periodo t GJ por unidad de masa o volumen (p. ej. GJ/m ³ , GJ/ton)	Según la fuente de datos y las condiciones de uso de la última versión de la "TOOL 03: Tool to calculate project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel combustion". Los requisitos para $NCV_{i,t}$ deben aplicarse al poder calorífico neto del combustible consumido en el RVSF.	Según la última versión de la "TOOL 03: Tool to calculate project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel combustion". Los requisitos para los procedimientos de medición de $NCV_{i,t}$ deben aplicarse al poder calorífico neto del combustible consumido en el RVSF.	Según la última versión de la "TOOL 03: Tool to calculate project or leakage CO ₂ emissions from fossil fuel combustion". Los requisitos para la frecuencia de monitoreo de $NCV_{i,t}$ deben aplicarse al poder calorífico neto del combustible consumido en el RVSF.
$Q_{glass,t}$	Cantidad de cullet de vidrio reciclado por el PMCC y enviado a una instalación de procesamiento o Toneladas métricas	Registros del cullet de vidrio reciclado en el RVSF.	Pesaje directo y registro del peso, cotejado con los registros de la empresa, que se factura y respalda con recibos de pago correspondientes al periodo de monitoreo.	Cada vez que el material clasificado/procesado sale del RVSF.

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
	fabricación en el periodo t .				
$Q_{i,t}$	Cantidad del material i reciclado y enviado a una instalación de procesamiento o fabricación en el periodo t .	Toneladas métricas	Registros del material reciclado en el RVSF.	Pesaje directo y registro del peso, cotejado con los registros de la empresa, que se factura y respalda con recibos de pago correspondientes al periodo de monitoreo.	Cada vez que el material clasificado/procesado sale del RVSF.
$Q_{metal,i,t}$	Cantidad del tipo de metal i reciclado por el PMCC y enviado a una instalación de procesamiento o fabricación en el periodo t .	Toneladas métricas	Registros del material reciclado en el RVSF.	Pesaje directo y registro del peso, cotejado con los registros de la empresa, que se factura y respalda con recibos de pago correspondientes al periodo de monitoreo.	Cada vez que el material clasificado/procesado sale del RVSF.
$Q_{plastic,i,t}$	Cantidad del tipo de plástico i reciclado por el PMCC y enviado a una instalación de	Toneladas métricas	Registros del material reciclado en el RVSF.	Pesaje directo y registro del peso, cotejado con los registros de la empresa, que se factura y respalda con recibos de pago correspondientes	Cada vez que el material clasificado/procesado sale del RVSF.

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
	procesamiento o fabricación en el periodo t .			al periodo de monitoreo.	
$Q_{s,t}$	Cantidad del material tipo s segregado en la instalación de reciclaje en el periodo t .	Toneladas métricas	Registros del material segregado en el RVSF.	Pesaje directo y registro del peso, cotejado con los registros de la empresa, que se factura y respalda con recibos de pago correspondientes al periodo de monitoreo.	Cada vez que el material clasificado/procesado sale del RVSF.
SE_i	Factor de emisión específico de CO ₂ e para la producción del metal i	tCO ₂ e/t	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sectoriales.	No Aplica	Usar los valores de la Tabla 3 o determinar los valores pertinentes específicos para el país anfitrión, basándose en valores nacionales oficiales o en métodos de referencias relacionadas que impliquen un sólido inventario nacional del ciclo de vida "de la cuna a la puerta", realizado por

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
					entidades de renombre, con una metodología publicada y revisada por pares, la cual deberá ser debidamente justificada.
$SEC_{BL, glass}$	Consumo eléctrico específico para la producción de materias primas desplazadas por el reciclaje de vidrio.	MWh/tonelada	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sectoriales.	No Aplica	Usar un valor por defecto de 0.026 MWh/tonelada.
$SEC_{BL, imported, i}$	Consumo eléctrico específico en la producción de la materia prima virgen del tipo <i>i</i> importada.	MWh/t _i	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sectoriales.	No Aplica	Tomar los valores especificados en la Tabla 4
$SEC_{BL, in-country}$	Consumo eléctrico específico en la producción de la materia prima virgen del tipo <i>i</i> en	MWh/t _i	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sectoriales.	No Aplica	Usar los valores de la Tabla 4 o determinar los valores pertinentes específicos para el país anfitrión,

Variable/parámetro/dato	Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad	
	el país anfitrión.				basándose en valores nacionales oficiales o en métodos de referencias relacionadas que impliquen un sólido inventario nacional del ciclo de vida "de la cuna a la puerta", realizado por entidades de renombre, con una metodología publicada y revisada por pares, la cual deberá ser debidamente justificada.
$SFC_{BL,imported,i}$	Consumo específico de combustible para la producción de la materia prima virgen del tipo i importada.	GJ/t _i	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sec toriales.	No Aplica	Tomar los valores especificados en la Tabla 4
$SFC_{BL,in-country}$	Consumo específico de combustible para la	GJ/t _i	Informes sectoriales, estudios revisados por	No Aplica	Usar los valores de la Tabla 4 o determinar los valores

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
	producción de la materia prima virgen del tipo <i>i</i> en el país anfitrión.		pares o estadísticas nacionales/sec toriales.		pertinentes específicos para el país anfitrión, basándose en valores nacionales oficiales o en métodos de referencias relacionadas que impliquen un sólido inventario nacional del ciclo de vida "de la cuna a la puerta", realizado por entidades de renombre, con una metodología publicada y revisada por pares, la cual deberá ser debidamente justificada.
$W_{i,imported,t}$	Porcentaje de plásticos importados sobre el total de plástico consumido en el periodo <i>t</i> .	%	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sec toriales.	No Aplica	Anual

Variable/parámetro/dato		Unidades	Origen del Dato	Procedimiento de Medición	Periodicidad
$W_{i,in-country,t}$	Porcentaje de plásticos producidos en el país anfitrión sobre el total de plástico consumido en el periodo t .	%	Informes sectoriales, estudios revisados por pares o estadísticas nacionales/sec toriales.	No Aplica	Anual
$\$_{i,t}$ and $\$_{r,t}$	Precio de mercado del material tipo i o del material r en el periodo t .	Moneda de mercado	Libro de ventas.	Precio de mercado del material tipo i o del material r en el periodo t .	Anual

14.1.2 Monitoreo de aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible

El monitoreo de las contribuciones a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se realiza de acuerdo con la “**Herramienta de Cercarbono para reportar aportes de iniciativas de mitigación del cambio climático a los Objetivos de Desarrollo Sostenible**”, disponible en: www.cercarbono.com, en la sección: Documentación.

15 Consulta a las partes interesadas

La consulta a las partes interesadas en esta metodología se debe realizar de acuerdo con los lineamientos descritos en la versión vigente del **Protocolo de Cercarbono**, sección: **Consultas públicas de los PMCC** y en los documentos de referencia aplicables.

Todos los registros y resultados del proceso de la consulta pública se encuentran almacenados y son administrados por Cercarbono.

16 Participación efectiva

El PMCC debe garantizar y demostrar una participación de las partes interesadas (especialmente sobre las cuales su implementación u operación pueda tener un impacto ambiental, social o económico adverso sobre su desarrollo o forma de vida), cuyo soporte puede estar documentado en el otorgamiento de licencias ambientales y permisos de otros tipos en los términos y en cumplimiento de la ley del país donde se implemente el PMCC. El PMCC debe contar con un protocolo de participación que incluya los siguientes elementos:

- a) Mapa de actores: Un mapa institucional de todas las estructuras de gobernanza o instituciones y líderes asociados a la toma de decisiones en territorio, asociados a las actividades del PMCC.
- b) Decisiones consensuadas: Asegurar que se hagan decisiones consensuadas con las estructuras de gobernanza local.
- c) Trazabilidad de los procesos de consenso: Mantenimiento de un registro rastreable de procesos de consenso.
- d) Manejo de solicitudes y quejas: Implementación de un sistema para la gestión y seguimiento de solicitudes, quejas, reclamaciones y preguntas y su trazabilidad.
- e) Cronograma marco: Establecimiento de un cronograma marco de reuniones para la toma de decisiones del PMCC.
- f) Protocolo de manejo de conflictos: Desarrollar un protocolo para el manejo de conflictos

Además de lo señalado anteriormente, el PMCC debe atender los lineamientos descritos sobre participación efectiva y sobre el principio de no generar daño neto, en la versión vigente del **Protocolo de Cercarbono**, y de conformidad con los **Principios y Procedimientos de Salvaguarda del Programa de Certificación de Cercarbono**, disponible en: www.cercarbono.com, sección: Documentación.

Deben describirse en el Documento de Descripción del Proyecto (PDD), cuando se requiera, los resultados de las consultas entre los propietarios y participantes del PMCC.

17 Gestión de la información

El titular del PMCC debe establecer y aplicar procedimientos de gestión de la calidad acordes con los principios de esta metodología para recabar, administrar y controlar los datos e información, bases de datos y documentación, incluyendo la evaluación de la incertidumbre, pertinente para los escenarios de línea base y de proyecto y en el monitoreo.⁵³

El titular del PMCC debería reducir, en la medida de lo posible, las incertidumbres relacionadas con la cuantificación de reducciones de emisiones de GEI. Así, se deberá identificar y dar tratamiento debido a los errores u omisiones detectados y generar y mantener evidencia documental al respecto.

El titular del PMCC debe aplicar criterios y procedimientos de seguimiento, en los que se lleven a cabo revisiones o auditorías coherentes, internas al PMCC, para asegurar la exactitud de la cuantificación de la reducción de emisiones de GEI, de acuerdo con el plan de monitoreo.

Cuando se emplean equipos de medición y seguimiento, el titular del PMCC debe asegurarse de que se utiliza el equipo de seguimiento y medición calibrado o verificado y se da mantenimiento al mismo según sea apropiado.

Así mismo, el titular del PMCC deberá asegurar que todo el personal involucrado con el manejo de instrumentos de medición y de los datos monitoreados, cuenta con las capacidades y conocimientos necesarios. De ser necesario, deberá capacitarse a dicho personal.

Todos los datos y la información relacionados con el seguimiento del PMCC deberán registrarse y documentarse.

⁵³ El propietario del PMCC puede aplicar los principios según las Normas ISO 9001 e ISO 14033 para la gestión de la calidad de los datos.

18 Documentación del PMCC

Es necesario conservar toda la documentación y los registros generados para demostrar que la actividad del PMCC se ha implementado tal como fue diseñada. Cualquier desviación de la implementación con respecto al diseño se debe justificar técnicamente y demostrar que cumple con los lineamientos, condiciones y procedimientos de esta metodología.

El titular del PMCC debe tener documentación que demuestre la conformidad del proyecto de GEI con los requisitos de este documento. Esta documentación debe ser coherente con los requisitos de validación y verificación del programa de certificación voluntaria de carbono de Cercarbono.

19 Régimen de transición del uso de esta metodología

Esta versión de la metodología estará vigente a partir de la fecha de su publicación, y hasta en tanto no se publique una versión actualizada, en cuyo caso se deberá seguir lo manifestado en el Protocolo y los Procedimientos de Cercarbono al respecto.

20 Validación y Verificación del PMCC

Los requisitos de validación y verificación, adicionales a la guía técnica de esta metodología, se describen en la versión vigente del Protocolo y Procedimientos de Cercarbono.

21 Referencias

Cercarbono. (2022a). Herramienta de Cercarbono para la demostración de la adicionalidad de iniciativas de mitigación del cambio climático. Versión 2.0.1. Disponible en: www.cercarbono.com.

Cercarbono. (2022b). Herramienta de Cercarbono para reportar aportes de iniciativas de mitigación del cambio climático a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Versión 1.3. Disponible en: www.cercarbono.com.

Cercarbono. (2022c). Términos y definiciones del programa de certificación voluntaria de Cercarbono. Version 3.0. Disponible en: www.cercarbono.com.

Cercarbono. (2023a). Términos y definiciones del programa de certificación voluntaria de Cercarbono. Versión 4.2. Disponible en: www.cercarbono.com.

Cercarbono. (2023b). Principios y procedimientos de salvaguarda del programa de certificación de Cercarbono. Version 2.0. Disponible en: www.cercarbono.com.

ISO 14064-2:2019. Greenhouse gases - Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements.

ISO 14064-3:2019. Greenhouse gases - Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements

Tool 03: Tool to calculate project or leakage CO₂ emissions from fossil fuel combustion, [version 03.0](#)

Tool 05: Baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption and monitoring of electricity generation, [version 03.0](#).

Tool 07: Tool to calculate the emission factor for an electricity system, [version 07.0](#).

CDM Standard: Sampling and surveys for CDM project activities and programme of activities, [version 09.0](#).

AMS-III.BA: Recovery and recycling of materials from E-waste, version 03.0.

AMS-III.AJ.: Recovery and recycling of materials from solid wastes, version 09.0

Anexo 1. Determinación del factor de corrección de línea base para la proporción de la producción de metales, plásticos y vidrio en los países no incluidos en el Anexo I.

A. Aluminio

1. Los datos empleados para calcular la proporción de la producción de aluminio en los países no Anexo I se obtuvieron de las estadísticas proporcionadas por el Instituto Internacional del Aluminio⁵⁴, bajo los siguientes supuestos:
 - a. Se utilizaron los datos de 2023 sobre la producción mundial de aluminio.
 - b. La producción en los países no Anexo I consideró la de África, Asia (excluyendo a China), la producción reportada de China, el GCC(Consejo de Cooperación del Golfo) y América del Sur.
 - c. La producción en los países Anexo I consideró la de Europa del Este y Central, Norteamérica, Oceanía, Europa Occidental, la estimación no reportada de China y la estimación no reportada del Resto del Mundo (ROW). Por razones de conservadurismo, estas dos últimas cantidades se incluyeron como producción del Anexo I.
2. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8. Proporción de la producción de aluminio en países Anexo I y no Anexo I.

Región	Producción primaria de Aluminio en 2023 (1,000 ton)	Anexo I (AI) o No Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
África	1,594	NAI	77.55%
Asia (ex China)	4,673		
China	41,666		
GCC	6,217		
América del Sur	1,466		
China (No reportado estimado)	1,000	AI	22.44%
Europa Central y del Este	4,016		
Norteamérica	3,897		
Oceanía	1,884		
ROW (No Reportado estimado)	2,590		
Europa Occidental	2,713		

⁵⁴ <http://www.world-aluminium.org/statistics/>

B. Acero

1. Los datos empleados para calcular la proporción de la producción de acero en los países no Anexo I en 2023 se obtuvieron de la publicación World Steel in Figures 2024⁵⁵, preparada por la Asociación Mundial del Acero. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Proporción de la producción de acero bruto en países Anexo I y no Anexo I.

País	Anexo I (AI) o No Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
Arabia Saudita, Argentina, Brasil, China, Colombia, Corea del Norte, Corea del Sur, Egipto, Emiratos Árabes Unidos, India, Indonesia, Irán, Malasia, México, Omán, Pakistán, Perú, Qatar, Serbia, Sudáfrica, Tailandia, Taiwán.	NAI	73.92%
Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Bielorrusia, Canadá, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Hungría, Italia, Japón, Kazajstán, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Rumania, Rusia, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania, OTROS ⁵⁶ .	AI	22.71%

C. Plásticos

1. Los datos empleados para calcular la proporción de la producción de plástico en los países no Anexo I se obtuvieron de las estadísticas de 2023 proporcionadas por Plastics Europe – Asociación de Fabricantes de Plásticos⁵⁷, bajo los siguientes supuestos:
 - a) Se utilizaron los datos de 2023 sobre la producción mundial de plástico.
 - b) La producción abarca todos los tipos de plásticos, incluyendo ABS, HIPS, PET, HDPE, LDPE y PP.
 - c) La producción en países Anexo I consideró la de (TLCAN), Europa, la CIS (Comunidad de Estados Independientes, por sus siglas en inglés) y Japón.
2. La producción en países no Anexo I consideró la de América Latina, Oriente Medio, África, el resto de Asia y China. Los resultados se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Proporción de la producción de plástico en países Anexo I y no Anexo I.

Región	Anexo I (AI) o No Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
Latinoamérica	NAI	64.00%
Medio Oriente, África		
China		
Resto de Asia		

⁵⁵ <https://worldsteel.org>, página 9.

⁵⁶ Incluido como **Anexo I** por razones de conservadurismo.

⁵⁷ <https://plasticseurope.org>, página 1, *Plastic Production by regions of the world*.

Región	Anexo I (AI) o No Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
NAFTA	AI	36.00%
CIS		
Europa		
Japón		

D. Cobre

1. Los datos empleados para calcular la proporción de la minería de cobre en los países no Anexo I se obtuvieron de las estadísticas proporcionadas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos⁵⁸, utilizando datos de 2023. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 11. Proporción de la producción de cobre (minería) en países Anexo I y no Anexo I.

País	Anexo I (AI) o No Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
Albania, Arabia Saudita, Argentina, Armenia, Azerbaiyán, Bolivia, Botsuana, Brasil, Chile, China, Colombia, Corea del Norte, Filipinas, Georgia, India, Indonesia, Irán, Kazajistán, Laos, Macedonia, Marruecos, Mauritania, México, Mongolia, Myanmar, Namibia, Omán, Pakistán, Papúa Nueva Guinea, Perú, República Democrática del Congo, República Dominicana, Serbia, Sudáfrica, Tanzania, Uzbekistán, Vietnam, Zambia, Zimbabwe.	NAI	79.95%
Australia, Bulgaria, Canadá, Chipre, España, Estados Unidos, Finlandia, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, Suecia, Turquía.	AI	20.05%

E. Oro

1. Los datos empleados para calcular la proporción de la minería de oro en países no Anexo I se obtuvieron de estadísticas proporcionadas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos⁵⁹, utilizando datos de 2022. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

⁵⁸ Adaptado de la Tabla en la página 65, disponible en: <https://pubs.usgs.gov>.

⁵⁹ Adaptado de la Tabla T8 de la publicación *Minerals Yearbook, 2022 tables-only release*, disponible en: <https://minerals.usgs.gov>.

Tabla 12. Proporción de la producción de oro (minería) en países Anexo I y no Anexo I.

País	Anexo I (AI) o No-Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
Afganistán, Arabia Saudita, Argelia, Argentina, Armenia, Azerbaiyán, Bolivia, Botsuana, Brasil, Burkina Faso, Burundi, Camerún, República Centroafricana, Chile, China, Colombia, Corea del Sur, Costa de Marfil, Costa Rica, Ecuador, Egipto, Eritrea, Etiopía, Filipinas, Fiyi, Gabón, Georgia, Ghana, Guatemala, Guinea, Guyana, Honduras, India, Indonesia, Irán, Islas Salomón, Kazajistán, Kenia, Kirguistán, Laos, Liberia, Madagascar, Malasia, Malí, Marruecos, Mauritania, México, Mongolia, Mozambique, Myanmar, Namibia, Nicaragua, Níger, Nigeria, Panamá, Papúa Nueva Guinea, Perú, República del Congo, República Democrática del Congo, República Dominicana, Ruanda, Senegal, Serbia, Sierra Leona, Sudáfrica, Sudán, Surinam, Tayikistán, Tanzania, Tailandia, Togo, Uganda, Uruguay, Uzbekistán, Venezuela, Vietnam, Zambia, Zimbabue.	NAI	65.54%
Australia, Bulgaria, Canadá, Dinamarca, Eslovaquia, España, Estados Unidos, Finlandia, Guayana Francesa, Grecia, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Polonia, Reino Unido, Rusia, Suecia, Turquía.	AI	34.45%

F. Plata

1. Los datos empleados para calcular la proporción de la minería de oro en países no Anexo I se obtuvieron de las estadísticas proporcionadas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos⁶⁰, utilizando datos de 2021. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Proporción de la producción de plata (minería) en países Anexo I y no Anexo I.

País	Anexo I (AI) o No-Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
Arabia Saudita, Argelia, Argentina, Armenia, Azerbaiyán, Bolivia, Botsuana, Brasil, Burkina Faso, Chile, China, Colombia, Corea del Norte, Corea del Sur, Costa de Marfil, Ecuador, Eritrea, Etiopía, Filipinas, Fiyi, Georgia, Ghana, Guatemala, Honduras, India, Indonesia, Islas Salomón, Kazajistán, Laos, Malasia, Marruecos, México, Mongolia, Namibia, Nicaragua, Níger, Omán, Pakistán, Panamá, Papúa Nueva Guinea, Perú, República Democrática del Congo, República Dominicana, Serbia, Sudáfrica, Sudán, Tayikistán, Tanzania, Tailandia, Uzbekistán, Zambia, Zimbabue.	NAI	75.5%

⁶⁰ Adaptado de la Tabla T8 de la publicación *Minerals Yearbook, 2021 tables-only release*, disponible en: <https://www.usgs.gov>.

País	Anexo I (AI) o No-Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
Australia, Bulgaria, Canadá, Eslovaquia, España, Estados Unidos, Finlandia, Grecia, Irlanda, Japón, Nueva Zelanda, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumania, Rusia, Suecia, Suiza, Turquía.	AI	24.5%

G. Estaño

- Los datos empleados para calcular la proporción de la minería de estaño en países no Anexo I se obtuvieron de las estadísticas proporcionadas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos⁶¹, utilizando datos de 2021. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 14. Proporción de la producción de Estaño (minería) en países Anexo I y no Anexo I.

País	Anexo I (AI) o No-Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
Bolivia, Brasil, Burundi, China, Indonesia, Laos, Malasia, Myanmar, Nigeria, Perú, República Democrática del Congo, Ruanda, Tailandia, Uganda, Vietnam.	NAI	96.11%
Australia, Portugal, Rusia	AI	3.89%

H. Plomo

- Los datos empleados para calcular la proporción de la minería de plomo en los países no incluidos en el Anexo I se obtuvieron de las estadísticas proporcionadas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos⁶², utilizando datos de 2022. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 15. Proporción de la producción de plomo (minería) en países Anexo I y no Anexo I.

País	Anexo I (AI) o No-Anexo I (NAI)	Porcentaje de Producción
Argentina, Bolivia, Bosnia y Herzegovina, Brasil, Chile, China, Corea del Norte, Corea del Sur, Honduras, India, Irán, Kazajistán, Macedonia del Norte, Marruecos, México, Myanmar, Namibia, Perú, Sudáfrica, Tayikistán, Vietnam.	NAI	74.52%
Australia, Bulgaria, Canadá, España, Estados Unidos, Grecia, Irlanda, Italia, Polonia, Reino Unido, Rusia, Suecia, Turquía.	AI	25.48%

⁶¹ Adaptado de la Tabla T9 de la publicación *Minerals Yearbook, 2021 tables-only release*, disponible en: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/tin-statistics-and-information>.

⁶² Adaptado de la Tabla T13 de la publicación *Minerals Yearbook, 2022 tables-only release*, disponible en: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/lead-statistics-and-information>.

Anexo 2: Determinación de los factores de emisión específicos de CO₂ para la producción de aluminio.

Las emisiones de **gases de efecto invernadero (GEI)** están asociadas con el consumo de electricidad y de combustibles fósiles para la producción de aluminio primario. Por razones de conservadurismo, no se consideran las emisiones de los procesos previos (*upstream*) asociadas a la producción de PFC en el ánodo.

Determinación del factor de emisión específico de CO₂ asociado al consumo de electricidad para la producción de aluminio.

1. Para el cálculo del factor de emisión específico de CO₂ por tonelada de aluminio asociado al consumo de electricidad, se emplearon datos globales del Instituto Internacional del Aluminio (IAI):
 - a) Se consumieron 749,295 GWh de electricidad⁶³ en los países no Anexo I para producir 55,616,000 toneladas de aluminio en 2023.
 - b) La electricidad consumida de las diferentes fuentes (red eléctrica y autogeneración) en 2023⁶¹ donde:
 - i. Hidroeléctrica: 138,907 GWh
 - ii. Otras renovables: 48,821 GWh
 - iii. Nuclear: 5,638 GWh
 - iv. Carbón: 457,786 GWh
 - v. Petróleo: 73 GWh
 - vi. Gas Natural: 92,892 GWh
 - c) Las emisiones de CO₂ asociadas a la combustión de combustibles fósiles para generar electricidad se determinaron mediante: (i) la división de la electricidad consumida entre la eficiencia de la mejor tecnología disponible⁶⁴ para cada tipo de combustible consumido, y (ii)

⁶³ Fuente: <http://www.world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-smelting-power-consumption/#data>. Indica la proporción de las diferentes fuentes de energía en las distintas regiones para 2023.

⁶⁴ Fuente: Table 2 de Appendix of the TOOL09: “Determining the baseline efficiency of thermal or electric energy generation systems” (si está disponible para el tipo de central eléctrica).

la multiplicación de estos resultados por 3.6 (conversión de GWh a TJ) y por el factor⁶⁵ de emisión de CO₂. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 16. Cálculo de CO₂ emitido por distintas diferentes centrales eléctricas que suministran electricidad a la industria del aluminio en 2023.

Fuente de Electricidad	Electricidad consumida (GWh) A	Eficiencia de la mejor tecnología disponible B	EF _{CO2} (tCO ₂ e/TJ) C	CO ₂ emitido (tCO ₂) D = A / B x 3.6 x C
Hidroeléctrica	138,907	-	-	-
Otras Renovables	48,821	-	-	-
Nuclear	5,638	-	-	-
Carbón	445,786	50% (Planta ultra-supercrítica, construida después de 2012)	94.6	303,633,760
Petróleo	73	62% (Planta de turbina a gas en ciclo combinado, construida después de 2012)	75.5	32,002
Gas Natural	92,892	62% (Planta de turbina a gas en ciclo combinado, construida después de 2012)	54.3	29,287,949
TOTAL CO₂ EMITIDO (toneladas)				332,447,028

⁶⁵Fuente: Table 2.2 de 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 2, Capítulo 2.

Determinación del factor de emisión específico de CO₂e asociado al consumo de combustibles fósiles para la producción de aluminio.

1. Para calcular las emisiones específicas asociadas al consumo de combustible, se utilizaron datos del Instituto Internacional del Aluminio (IAI) y del IPCC:

a) El consumo específico de diferentes tipos de combustible para producir aluminio en 2023⁶¹ fueron:

- i. Petróleo: 65,780 TJ;
- ii. Gas Natural: 294,558 TJ;
- iii. Carbón: 453,436 TJ;

b) Las emisiones de CO₂ asociadas a la combustión de combustibles fósiles en el proceso de producción de aluminio en los países no incluidos en el Anexo I se determinaron multiplicando el consumo específico de combustible por el NCV (Poder Calorífico Neto) y por el factor de emisión de CO₂ de cada combustible. Los resultados se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 17. Cálculo de CO₂ emitido a partir del uso de combustible en la producción de aluminio.

Tipo de combustible	Consumo específico de 2019 ⁶⁶	NCV fuel (GJ/Mg) ⁶⁷	EF _{CO2} (kgCO ₂ /GJ)	Factor de emisión específico de CO ₂ (tCO ₂ /tAluminum)
	A	B	C	D = A / 1,000,000 x B x C
Petróleo Pesado	291.23 kg/t _{Aluminio}	39.8	72.6	0.84
Diesel	0.66 kg/t _{Aluminio}	41.1	75.5	0.00
Gas Natural	658.89 m ³ /t _{Aluminum} (527.11 kg/t _{Aluminio}) ⁶⁸	46.5	54.3	1.66
Carbón	1,560.84 kg/t _{Aluminio}	21.6	94.6	3.19
FACTOR DE EMISIÓN ESPECÍFICO DE CO₂ (Toneladas)				5.69

⁶⁶Fuente: IAI – International Aluminium Institute, Appendix A from the 2015 Life Cycle Inventory Data and Environmental Metrics (2017), disponible en: http://www.world-aluminium.org/media/filer_public/2017/07/04/appendix_a_-_life_cycle_inventory.xlsx.

⁶⁷Fuente: Tabla 1.2 de 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 2, Capítulo 1.

⁶⁸Asumiendo una densidad del GN igual a 0.7 kg/Nm³, a 0°C y 1 atm (fuente: https://www.engineeringtoolbox.com/gas-density-d_158.html).

Determinación del Factor de Emisión Específico de CO₂e asociado con el consumo de energía en la producción de aluminio.

El Factor de Emisión Específico de CO₂e asociado a la producción de aluminio primario a partir de materia prima virgen, es la suma de los factores de emisión de la electricidad y el combustible consumidos, determinados en las secciones anteriores. Es decir, es igual a 6.0 + 5.69, lo que resulta en 11.69 tCO₂e/t_{Aluminio}. Sin embargo, este factor de emisión debe ajustarse para tener en cuenta que alrededor del 37.4%⁶⁹ del aluminio producido a nivel mundial se recicla en el proceso. Por lo tanto, el factor de emisión específico de CO₂e asociado a la producción de aluminio virgen es igual a 0.626 x 11.69 = **7.31 tCO₂e/t_{Aluminio}**.

⁶⁹ Fuente: IAI – International Aluminium Institute, Global Aluminium Cycle 2023, disponible en: <https://alucycle.international-aluminium.org/public-access/public-global-cycle>.

Anexo 3. Determinación del factor de emisión específico de CO₂ para la producción de acero.

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) están asociadas a la producción de arrabio (en procesos que utilizan un alto horno avanzado) y de hierro esponja (en procesos de reducción directa de hierro que consumen gas natural). Por conservadurismo, no se consideran las emisiones de los procesos previos (upstream) asociadas a estos procesos de producción. De manera similar, se ignoran las emisiones evitadas de los procesos posteriores (downstream) asociadas al carbono físicamente incorporado en los hornos BOF (Horno Básico de Oxígeno) y EAF (Horno de Arco Eléctrico).

Las emisiones específicas de CO₂ para la producción de acero a partir de arrabio y hierro esponja se determinan como el promedio ponderado de las emisiones específicas de cada proceso (alto horno y reducción directa de hierro), basado en la proporción de la producción mundial de cada proceso. La siguiente tabla muestra las emisiones específicas, la proporción de la producción mundial de cada proceso y las emisiones específicas de CO₂ promedio ponderadas:

Tabla 18. Cálculo de las emisiones específicas de CO₂ para la producción de acero a través de Procesos de alto horno avanzado y de DRI (Reducción Directa de Hierro).

Producto de acero	Emisiones específicas de CO ₂ (tCO ₂ /t _{acero}) ⁷⁰	Porcentaje global de producción ⁷¹	Factor de CO ₂ de emisión ponderado (tCO ₂ /t _{acero})
Arrabio (de alto horno avanzado)	1.3	0.92	1.25
Hierro esponja (de DRI a base de gas natural)	0.7	0.08	

⁷⁰ Fuente: Table A.III.8, Annex III of the IPCC Fifth Assessment Report – Working Group III, basado en el límite inferior determinado por la AIE (Agencia Internacional de la Energía)..

⁷¹ Fuente: Tables from pages 18 and 19 of the “World Steel in Figures 2024”, report prepared by the World Steel Association, disponible en <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/World-Steel-in-Figures-2024.pdf>

22 Historia del documento

Versión	Fecha	Comentarios o cambios
1.0	10.12.2024	Versión inicial para el equipo de revisión técnica de terceros independientes.
1.1	09.04.2025	Versión revisada que incorpora los comentarios del equipo de revisión técnica de terceros independientes.
1.2	21.04.2025	Versión revisada que incorpora aclaraciones adicionales solicitadas por el equipo de revisión técnica de terceros independientes.
1.3	20.05.2025	Versión para consulta pública
1.4	08.07.2025	Versión final en español incorporando texto de acuerdo con comentarios recibidos, así como disposiciones relativas a línea base debajo del escenario normal de negocios y ambición incrementada.