

# ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE METODOLOGÍA PARA LA DESCARBONIZACIÓN EN CHILE

**PARTE I**





BID INVEST

# Análisis y elaboración de metodología para la descarbonización en Chile

## ENTREGABLE N° 2: METODOLOGÍA

Fecha: 16/04/2020



# TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	DEFINICIONES .....	4
3	FUENTES .....	6
4	ALCANCE .....	7
5	APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA .....	7
6	METODOLOGÍA DE LÍNEA BASE .....	9
6.1	LÍMITE DEL PROYECTO .....	9
6.2	IDENTIFICACIÓN DEL ESCENARIO DE LÍNEA BASE .....	10
6.3	EMISIONES DE PROYECTO .....	10
6.4	EMISIONES DE LÍNEA BASE .....	11
6.5	FUGA DE EMISIONES .....	12
6.6	REDUCCIÓN DE EMISIONES .....	12
6.7	DATOS Y PARÁMETROS NO MONITOREADOS .....	12
7	METODOLOGÍA DE MONITOREO .....	16
7.1	DATOS Y PARÁMETROS MONITOREADOS .....	16

## TABLAS

TABLA 1	ASPECTOS PRINCIPALES DE LA METODOLOGÍA .....	3
TABLA 2	FUENTES DE EMISIÓN Y GEI INCLUIDOS Y EXCLUIDOS EN EL LÍMITE DEL PROYECTO .....	9



# Adelantamiento del cierre de centrales térmicas en base a combustibles fósiles y reemplazo por fuentes de energía renovables

Versión: 02

Fecha: 16 de abril de 2020

Sector: Industrias de la energía (fuentes renovables/ no renovables)

## 1 Introducción

En la **Tabla 1**, se describen los aspectos principales de la metodología:

**Tabla 1** Aspectos principales de la metodología

Tipo de actividad de proyecto	Adelantamiento del cese de operación de una central/unidad generadora eléctrica térmica en base a combustibles fósiles, incorporando en su reemplazo una central/unidad generadora eléctrica en base a fuentes de energía renovables.
Tipo de reducción de emisiones de GEI	Desplazamiento de electricidad que hubiese sido producida por medio de combustibles fósiles, con altas emisiones de carbono.
Alcance de la reducción de emisiones de GEI	Reducción de emisiones actuales de la central/unidad generadora térmica, producto al adelantamiento de su cese operacional, con respecto a requerimientos normativos y/o de vida útil remanente del equipamiento.



## 2 Definiciones

**Adición de capacidad:** una adición de capacidad es una inversión para aumentar la capacidad instalada de generación de energía de las plantas de energía existentes a través de: (i) la instalación de nuevas plantas / unidades de energía además de las plantas / unidades de energía existentes; o (ii) la instalación de nuevas plantas / unidades de energía, adicionales a las plantas / unidades de energía existentes; o (iii) construcción de un nuevo reservorio junto con la adición de nuevas plantas / unidades de energía en caso de proyectos integrados de energía hidroeléctrica. Las plantas / unidades de energía existentes en el caso de la adición de capacidad continúan operando después de la implementación de la actividad del proyecto.

**Central/unidad generadora:** una central/unidad generadora de energía es una instalación que genera energía eléctrica. Una unidad de energía se caracteriza por el hecho de que puede funcionar independientemente de otras unidades de energía en el mismo sitio. Varias unidades de energía en un sitio comprenden una central generadora de energía. Cuando se instalan varias unidades generadoras idénticas (es decir, con la misma capacidad, antigüedad y eficiencia) en un sitio, pueden considerarse como una sola unidad generadora.

**Central generadora nueva o "Greenfield":** una nueva central generadora que se construye y opera en un sitio donde no se operaba ninguna central de energía renovable antes de la implementación de la actividad del proyecto.

**Equipamiento:** el término equipamiento incluye todos los tipos de equipos relacionados con instalaciones industriales, comerciales y residenciales, por ejemplo: equipos de plantas de energía tales como calderas, turbinas (vapor, gas, eólica, hidroeléctrica), generadores eléctricos, bombas, motores, motores y equipos de transferencia de calor como calentadores, enfriadores, etc. En el contexto de esta herramienta, el término equipo puede referirse a un solo componente o un conjunto de varios componentes. El término equipo no incluye (a) infraestructura estacionaria, como edificios, carreteras o ferrocarriles, puentes, túneles, represas hidráulicas, (b) vehículos, como automóviles, autobuses, trenes y (c) bienes de consumo (excepto electrodomésticos industriales, como enfriadores, refrigeradores, etc.).

**Estado de desmantelamiento:** corresponde a la acción de desmontar las piezas o estructuras de una central/unidad generadora.

**Estado de inutilización:** corresponde a mantener la central/unidad generadora instalada, pero no en condiciones de ser utilizada, ya que se ha dejado intencionadamente inservible o bien se han dejado las instalaciones limpias de aceites, combustibles, cenizas, cal, etc., las conexiones eléctricas se encuentran aisladas, y/u otras.

**Estado de reserva:** corresponde a la acción de mantener la central/unidad generadora estado operativo de reserva estratégica, es decir, en condiciones de entrar a un nuevo estado operativo, en la circunstancia que el sistema eléctrico lo requiera. En el caso de Chile, las centrales que cesen su operación pueden entrar a un "Estado Operativo de Reserva Estratégica" (ERE), cuyo objetivo es dar garantías de seguridad al Sistema Eléctrico Nacional. Las centrales en ERE solo podrán ser convocadas por el Coordinador Eléctrico Nacional en situaciones de suma urgencia en la que se prevea un déficit importante de suministro. Una central puede mantenerse en ERE por un máximo de 5 años, previo a su cierre definitivo. Otros países deberán considerar definiciones alternativas, adecuadas a su legislación.



**Proyecto integrado de energía hidroeléctrica:** integración de múltiples plantas/unidades hidroeléctricas con depósitos únicos o múltiples, diseñados para trabajar juntos.

**Reservorio:** un reservorio es un cuerpo de agua creado en los valles para almacenar agua, generalmente hecha por la construcción de un embalse.

**Reservorio existente:** un reservorio debe considerarse como un "reservorio existente" si ha estado en funcionamiento durante al menos tres años antes de la implementación de la actividad del Proyecto.

**Sistema eléctrico:** se define por la extensión espacial de las plantas de energía que están físicamente conectadas a través de líneas de transmisión y distribución a la actividad del proyecto (en este caso a la ubicación de la planta de energía renovable y la ubicación de la planta de energía térmica).

**Vida útil remanente:** La vida útil remanente del equipamiento es el tiempo durante el cual el equipamiento existente puede continuar funcionando antes de que tenga que ser reemplazado / desechado por razones técnicas, como la antigüedad del equipo, razones de seguridad o rendimiento deteriorado. La vida útil remanente se expresa en años u horas de operación.

**Vida útil técnica:** se define como el tiempo total durante el cual el equipo está técnicamente diseñado para operar desde su primera puesta en servicio. La vida técnica se expresa en años u horas de operación.



## 3 Fuentes

La presente metodología toma como referencia metodologías registradas en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que presentan elementos que pueden ser aplicados directamente o pueden ser adaptados para la elaboración de una metodología de descarbonización en Chile.

Las metodologías de referencia ocupadas son las siguientes:

- Título: Generación de electricidad conectada a la red a partir de fuentes renovables. Referencia: Metodología MDL ACM0002, versión 20<sup>1</sup>
- Título: Proyectos de energía renovable que reemplazan la electricidad de una sola planta de energía alimentada con combustibles fósiles que está sola o abastece a una red, excluyendo proyectos de biomasa. Referencia: Metodología MDL AM0019, versión 2<sup>2</sup>

Además, la presente metodología se refiere a las siguientes herramientas metodológicas del MDL:

- Título: "Herramienta para calcular las emisiones de CO2 del proyecto o las fugas de la combustión de combustibles fósiles". Referencia: TOOL03, versión 3<sup>3</sup>
- Título: "Herramienta para determinar la vida útil remanente del equipo". Referencia: TOOL10, versión 1<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Metodología MDL ACM0002, versión 20, obtenida de:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/XP2LKUSA61DKUQCOPiWPGWDN8ED5PG>

<sup>2</sup> Metodología MDL AM0019, versión 2, obtenida de:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/7FFSYZXS2CQHL2051XI5QBASYNZ2RE>

<sup>3</sup> Herramienta Metodológica MDL, Tool 03, versión 2, obtenida de:

[https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-03-v2.pdf/history\\_view](https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-03-v2.pdf/history_view)

<sup>4</sup> Herramienta Metodológica MDL, Tool 10, versión 1, obtenida de:

[https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-10-v1.pdf/history\\_view](https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-10-v1.pdf/history_view)



## 4 Alcance

Esta metodología aplica a proyectos que contemplen el adelantamiento del cese de operación planificado de una central/unidad generadora de electricidad térmica en base a combustibles fósiles y la implementación de una central/unidad que genera electricidad en base a fuentes de energía renovables para suplir la disminución de energía generada.

## 5 Aplicabilidad de la metodología

Para que la metodología sea aplicable, la actividad de proyecto debe cumplir las siguientes condiciones de aplicabilidad:

- El cese de operación de la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles debe considerar un adelantamiento en el tiempo con respecto a requerimientos normativos y/o de vida útil remanente del equipamiento, lo que sea anterior.
- La central/unidad generadora de electricidad térmica debe demostrar que utilizó el combustible de línea base como combustible principal durante los últimos 5 años.
- La central/unidad generadora de electricidad térmica podrá ser desmantelada, inutilizada o permanecer en estado de reserva, de acuerdo a las definiciones de la presente metodología.
- La actividad de proyecto debe implementar una central/unidad generadora en base a fuentes de energía renovables, que supla la disminución en la oferta de energía eléctrica generada por el cese de operación de la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles. La central/unidad generadora de energía renovable a implementar debe considerar alguna de las siguientes tecnologías: hidroeléctrica con o sin reservorio, eólica, geotérmica, solar, mareomotriz o undimotriz. Se excluye biomasa. Si la central renovable considera almacenamiento en baterías, la energía inyectada desde las baterías al sistema puede cuantificarse para el cálculo de reducción de emisiones, siempre que el proponente de proyecto pueda demostrar que las baterías son alimentadas exclusivamente con energía generada por la central.
- La central/unidad generadora en base a fuentes de energía renovables puede corresponder a una central nueva o a la adición de capacidad a una central existente. En caso considerar la adición de capacidad a una central renovable existente, la central existente debe haber comenzado su operación comercial como mínimo cinco años previo a la implementación del proyecto.
- La central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles y la central/unidad generadora de energía renovable deben ser de propiedad y/o estar bajo el control del mismo grupo económico.
- La central/unidad generadora térmica y la central/unidad generadora de energía renovable deben inyectar energía al mismo sistema interconectado.
- El desfase temporal entre el cese operacional anticipado de la central/unidad generadora térmica y la puesta en marcha de la central/unidad generadora de energía renovable no puede ser superior a un periodo de dos años. La actividad de proyecto podrá considerar este desfase temporal, para iniciativas que implementen la





central/unidad generadora de energía renovable antes que ocurra el cese operacional de la central/unidad generadora térmica a carbón, o bien iniciativas en las que el cese operacional de la central/unidad generadora térmica a carbón se materialice con anterioridad a la implementación de la central/unidad generadora de energía renovable.

- La actividad de proyecto puede considerar el cese operacional de una o varias centrales/unidades generadoras térmicas en base a combustibles fósiles y la implementación de una o varias centrales/unidades generadoras de energía renovable. Todas las centrales/unidades generadoras dentro del alcance de la actividad de proyecto deberán cumplir con las condiciones de aplicabilidad.
- En caso de centrales hidroeléctricas, la actividad de proyecto debe considerar alguna de las siguientes condiciones:
  - La actividad de proyecto es implementada en uno o varios reservorios, sin cambio en el volumen de ninguno de estos.
  - La actividad de proyecto es implementada en uno o varios reservorios, donde el volumen de este(os) aumenta y la densidad energética, calculada usando el método presentado en la metodología ACM0002, es mayor a 4 W/m<sup>2</sup>.
  - La actividad de proyecto considera uno o varios reservorios nuevos y la densidad energética es mayor a 4 W/m<sup>2</sup>.
  - La actividad de proyecto considera un proyecto hidroeléctrico integrado con múltiples reservorios, donde la densidad energética de alguno de los reservorios, calculada usando el método presentado en la metodología ACM0002, es menor a 4 W/m<sup>2</sup>, todas las siguientes condiciones deben cumplirse:
    - ✓ La densidad energética, calculada usando el total de la capacidad instalada del proyecto integrado, dada por el método presentado en la metodología ACM0002, es mayor a 4 W/m<sup>2</sup>.
    - ✓ El flujo de agua entre reservorios no es usado por ninguna otra unidad hidroeléctrica que no es parte de la actividad de proyecto.
    - ✓ La capacidad instalada de la(s) unidad(es) con una densidad energética menor a los 4 W/m<sup>2</sup> debe ser menor o igual a 15 MW y menos del 10% del total de la capacidad instalada de proyecto hidroeléctrico integrado.
  - En el caso de centrales hidroeléctricas integradas, el proponente de proyecto deberá realizar:
    - ✓ Demostrar que el flujo de agua de centrales/unidades aguas arriba fluye directamente al reservorio de aguas abajo y que constituyen colectivamente la capacidad de generación del proyecto hidroeléctrico integrado; o
    - ✓ Proporcionar un análisis del balance de agua cubriendo la alimentación de las unidades generadoras, con todas las combinaciones posibles de reservorios y sin la construcción de reservorios. El propósito de realizar el balance de agua es demostrar el requerimiento de combinaciones específicas de reservorios para la optimización de la generación eléctrica. Esta demostración debe realizarse basándose en el escenario específico de disponibilidad de agua en distintas estaciones para optimizar la entrada de agua a las unidades generadoras. Por lo tanto, este balance de agua tomará en cuenta flujos estacionales de ríos, afluentes, y lluvias, en un periodo de al menos cinco años previo a la implementación del proyecto

## 6 Metodología de línea base

### 6.1 Límite del proyecto

Los límites de la actividad de proyecto consideran el espacio físico donde se encuentra instalada la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles y el espacio físico donde se implementará la central/ unidad generadora en base a fuentes de energía renovable.

Las fuentes de emisión y los GEI incluidos y excluidos en el límite del proyecto se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 2** Fuentes de emisión y GEI incluidos y excluidos en el límite del proyecto

	<b>Fuente</b>	<b>GEI</b>	<b>Incluido</b>	<b>Justificación/ Explicación</b>
<b>Línea Base</b>	Fuente 1: Emisiones de CO <sub>2</sub> por la generación de electricidad en la central/ unidad generadora térmica, que es desplazada por la central/unidad generadora renovable	CO <sub>2</sub>	Sí	Principal fuente de emisión
		CH <sub>4</sub>	No	Menor fuente de emisión
		N <sub>2</sub> O	No	Menor fuente de emisión
<b>Actividad del proyecto</b>	Fuente 1: Emisiones de CO <sub>2</sub> por la generación de electricidad en la central/ unidad generadora térmica posterior al cese operacional anticipado	CO <sub>2</sub>	Sí	Principal fuente de emisión
		CH <sub>4</sub>	No	Menor fuente de emisión
		N <sub>2</sub> O	No	Menor fuente de emisión
	Fuente 2: Para centrales geotérmicas e hidroeléctricas considerar las fuentes y GEI descritos en la metodología MDL ACM0002	CO <sub>2</sub>	-	Según metodología MDL ACM0002
		CH <sub>4</sub>	-	Según metodología MDL ACM0002
		N <sub>2</sub> O	-	Según metodología MDL ACM0002



## 6.2 Identificación del escenario de línea base

El escenario de línea base considera que, de no implementarse el proyecto, la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles hubiese continuado su operación de acuerdo a la situación histórica hasta el término de su vida útil técnica o su fecha retiro programado debido a requerimientos normativos y la central/unidad generadora renovable no se hubiese instalado.

## 6.3 Emisiones de proyecto

Las emisiones de proyecto están dadas por las emisiones generadas por efecto de la operación de la central/unidad generadora renovable y la central/unidad generadora térmica, en caso de que esta no cese totalmente su operación y quede en estado de reserva.

$$E_{PJ,y} = E_{PJ,REN,y} + E_{PJ,Th,y} \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

$E_{PJ,y}$ : Emisiones del escenario de proyecto en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>eq).

$E_{PJ,REN,y}$ : Emisiones del escenario de proyecto debido a la operación de la central/unidad generadora renovable en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>eq).

$E_{PJ,Th}$ : Emisiones del escenario de proyecto debido a la operación de la central/unidad generadora térmica en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>eq).

Las emisiones asociadas a la operación de centrales renovables ( $E_{PJ,REN,y}$ ) son cero para proyectos solares, eólicos, hidroeléctricos de pasada, mareomotrices y undimotrices. Para proyectos geotérmicos e hidroeléctricos de embalse, las emisiones de proyecto deben ser calculadas de acuerdo con lo indicado en la metodología MDL ACM0002.

Las emisiones asociadas a la operación de la central/unidad generadora térmica en el escenario de proyecto se calculan de acuerdo a lo presentado en la herramienta metodológica del MDL "TOOLO3: *Tool to calculate project or leakage CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion*".

En el caso de que la central térmica no haya generado electricidad en el periodo, y por lo tanto las emisiones debido a la operación de esta sean nulas ( $E_{PJ,Th,y} = 0$ ), esto debe validarse *ex post* durante la etapa de verificación de reducciones mediante uno de los siguientes:

- a) Demostrar que la central/unidad generadora térmica fue desmantelada.
- b) Contar con un documento emitido por las autoridades competentes que acredite que la central/unidad generadora no inyectó electricidad al sistema eléctrico en el periodo.
- c) Proveer información pública de las entidades competentes que demuestre que no hubo inyección de energía eléctrica a la red eléctrica durante el periodo.



## 6.4 Emisiones de línea base

La generación de electricidad de la central/unidad generadora renovable desplazará el uso de combustibles fósiles de la central/unidad generadora térmica que cesará su operación. La cantidad de energía que será desplazada por la central/unidad generadora renovable está limitada a la generación promedio de los últimos tres años de operación de la central/unidad generadora térmica, al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.

$$EG_{PJ,DISP,y} = \text{MIN}(EG_{BL,AVG}; EG_{PJ,REN,y}) \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

$EG_{PJ,DISP,y}$ : Generación desplazada de la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles por la central/unidad generadora renovable en el escenario de proyecto en el año  $y$  (MWh).

$EG_{BL,AVG}$ : Generación promedio de los últimos tres años de operación de la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles, al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto (MWh).

$EG_{PJ,REN,y}$ : Generación de la central/unidad generadora renovable en el año  $y$  (MWh).

Las emisiones de línea base están dadas por:

$$E_{BL,y} = EG_{PJ,DISP,y} \times EF_{BL} \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

$E_{BL,y}$ : Emisiones del escenario de línea base en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>eq).

$EG_{PJ,DISP,y}$ : Generación desplazada de la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles por la central/unidad generadora renovable en el escenario de proyecto en el año  $y$  (MWh).

$EF_{BL}$ : Factor de emisión promedio de los últimos tres años de operación del escenario de línea base, al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto (tCO<sub>2</sub>eq/MWh).

La variable  $EF_{BL}$  se calcula como el promedio del factor de emisión de la central/unidad generadora térmica en el escenario de línea base ( $EF_{BL,y}$ ), para los tres años más recientes al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.

El factor de emisión de línea base ( $EF_{BL,y}$ ) para un año dado está dado por:

$$EF_{BL,y} = \frac{EF_{BL\ Fuel,y} \times F_{BL\ Fuel,y}}{EG_{BL,y}} \quad \text{Ec.4}$$

Donde:

$EF_{BL,y}$ : Factor de emisión de la central/unidad generadora térmica en el escenario de línea base en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>eq/MWh).

$EF_{BL\ Fuel,y}$ : Factor de emisión del combustible utilizado en el escenario de línea base en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>eq/ton).

$F_{BL\ Fuel,y}$ : Consumo de combustible de la central/unidad generadora térmica en el escenario de línea base en el año  $y$  (ton).

$EG_{BL,y}$ : Generación de la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles en el escenario de línea base en el año  $y$  (MWh).



El proyecto sólo podrá comenzar a contabilizar una reducción de emisiones una vez que: a) se ponga en operación la central/unidad generadora de energía renovable y b) se materialice el cese operacional de la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles, lo que ocurra más tarde (fecha de inicio del período de crédito). El proyecto no puede generar reducciones de emisiones posteriores a la fecha en que la central/unidad generadora térmica hubiese dejado de generar electricidad en ausencia del proyecto, es decir, no puede superar la vida útil remanente de la central/unidad generadora o la fecha en que esta hubiese sido retirada debido a requerimientos normativos, según corresponda (fecha de término del período de crédito). El cálculo de la vida útil remanente del equipo se debe realizar de acuerdo con lo indicado en la herramienta metodológica "TOOL10: *Tool to determine the remaining life of equipment*".

## 6.5 Fuga de emisiones

No se considera la existencia de fuga de emisiones. Las emisiones que potencialmente pudiesen generarse debido a actividades como la construcción de la planta renovable, el desmantelamiento de la central térmica o emisiones aguas arriba debido al uso de combustibles (extracción, procesamiento, transporte, etc.) son despreciadas.

## 6.6 Reducción de emisiones

La reducción de emisiones está dada por:

$$ER_y = E_{BL,y} - E_{PJ,y} \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

$ER_y$ : Reducción de emisiones del proyecto en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>e/año).

$E_{BL,y}$ : Emisiones del escenario de línea base en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>e/año).

$E_{PJ,y}$ : Emisiones del escenario de proyecto en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>e/año).

## 6.7 Datos y parámetros no monitoreados

En adición a los parámetros listados en esta sección, se deben tomar en consideración los parámetros utilizados en otras metodologías o herramientas metodológicas referenciadas en la presente metodología.

Dato/Parámetro:	$EG_{BL,AVG}$
Unidad del parámetro:	MWh
Descripción:	Generación promedio de los últimos tres años de operación de la central/unidad generadora térmica en base a combustibles fósiles, al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.
Fuente del dato:	Registros operacionales históricos.



Método de medición (si aplica):	Datos obtenidos de monitoreo continuo con registro mensual (como mínimo), durante los tres años más recientes de operación de la central/unidad generadora térmica, al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.
Comentarios:	-

Dato/Parámetro:	$EF_{BL\ Fuel,y}$
Unidad del parámetro:	tCO <sub>2</sub> eq/ton
Descripción:	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> del combustible fósil usado en la central/unidad generadora térmica en el escenario de línea base en el año $y$ , donde $y$ toma el valor de los tres años más recientes de operación al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.
Fuente del dato:	Se pueden utilizar las siguientes fuentes de información: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Valores entregados por el proveedor de combustible (en caso de contar con esta información, se prefiere).</li> <li>b) Mediciones por parte del proponente de proyecto.</li> <li>c) Valores regionales o nacionales por defecto.</li> <li>d) Valores por defecto en el límite inferior de incertidumbre con un intervalo de confianza del 95% del IPCC.</li> </ul>
Método de medición (si aplica):	Para (a) y (b): Las mediciones deben realizarse en línea con estándares de combustibles nacionales o internacionales.  Para (a): Si el proveedor de combustible entrega el poder calorífico inferior y el factor de emisión de CO <sub>2</sub> en sus facturas, y estos están basados en mediciones de ese combustible en específico, debe usarse este factor de emisión. Si se utilizó otra fuente para el factor de emisión del CO <sub>2</sub> o el mismo no se entrega, se deben utilizar las opciones (b), (c) o (d).
Comentarios:	-

Dato/Parámetro:	$F_{BL\ Fuel,y}$
Unidad del parámetro:	ton
Descripción:	Cantidad de combustible fósil combustionado en la central/unidad generadora térmica en el escenario de línea base en el año $y$ , donde $y$ toma el valor de los tres años más recientes



	de operación al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.
Fuente del dato:	Registros operacionales históricos
Método de medición (si aplica):	Datos obtenidos de monitoreo continuo con registro mensual (como mínimo), durante los tres años más recientes de operación de la central/unidad generadora térmica, al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.
Comentarios:	-

Dato/Parámetro:	$EG_{BL,y}$
Unidad del parámetro:	MWh
Descripción:	Generación de la central/unidad generadora térmica en el escenario de línea base en el año $y$ , donde $y$ toma el valor de los tres años más recientes de operación al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.
Fuente del dato:	Registros operacionales históricos.
Método de medición (si aplica):	Datos obtenidos de monitoreo continuo con registro mensual (como mínimo), durante los tres años más recientes de operación de la central/unidad generadora térmica, al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.
Comentarios:	-

Dato/Parámetro:	$EF_{BL,y}$
Unidad del parámetro:	tCO <sub>2</sub> eq/MWh
Descripción:	Factor de emisión de la central/unidad generadora térmica en el escenario de línea base en el año $y$ , donde $y$ toma el valor de los tres años más recientes de operación al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.
Fuente del dato:	Calculado.
Método de medición (si aplica):	-
Comentarios:	-



Dato/Parámetro:	$EF_{BL}$
Unidad del parámetro:	tCO <sub>2</sub> eq/MWh
Descripción:	Factor de emisión promedio de los últimos tres años de operación del escenario de línea base, al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.
Fuente del dato:	Calculado.
Método de medición (si aplica):	-
Comentarios:	Promedio de los valores de factor de emisión de los últimos tres años de operación, al momento de desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto.





## 7 Metodología de monitoreo

### 7.1 Datos y parámetros monitoreados

En adición a los parámetros listados en esta sección, se deben tomar en consideración los parámetros utilizados en otras metodologías o herramientas metodológicas referenciadas en la presente metodología.

Dato/Parámetro:	$EG_{PJ,REN,y}$
Unidad del parámetro:	MWh
Descripción:	Generación eléctrica de la central/unidad generadora renovable en el escenario de proyecto en el año $y$ .
Fuente del dato:	Dato monitoreado.
Método de medición (si aplica):	Monitoreo continuo con registro mensual.
Comentarios:	-

Dato/Parámetro:	$EG_{PJ,Th,y}$
Unidad del parámetro:	MWh
Descripción:	Generación eléctrica de la central/unidad generadora térmica en el escenario de proyecto en el año $y$ .
Fuente del dato:	Dato monitoreado.
Método de medición (si aplica):	Monitoreo continuo con registro mensual.
Comentarios:	Esta variable puede ser considerada igual a cero para todo el período de crédito si se: <ul style="list-style-type: none"><li>a) Demuestra que la central/unidad generadora térmica fue desmantelada.</li><li>b) Cuenta con un documento emitido por las autoridades competentes que acredite que la central/unidad generadora no inyectó electricidad al sistema eléctrico en el periodo.</li><li>c) Provee información pública de las entidades competentes que demuestre que no hubo inyección de energía eléctrica a la red eléctrica durante el periodo.</li></ul>



# ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE METODOLOGÍA PARA LA DESCARBONIZACIÓN EN CHILE

**PARTE II**





BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

# Análisis y elaboración de metodología para la descarbonización en Chile

## INFORME N°1

Febrero 2020



# Análisis y elaboración de metodología para la descarbonización en Chile

## INFORME N°1

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

TIPO DE DOCUMENTO (Primera edición)  
CONFIDENCIAL

BID0004  
Febrero 2020

WSP  
Av. del Valle Sur 534, Ciudad Empresarial,  
Huechuraba, Santiago

TELÉFONO: +56 2 2653 8000

[wsp.com](http://wsp.com)



# Control de Cambios

	Primera edición	Revisión 1	Revisión 2	Revisión 3
Elaborado por	Gabriel Fontecilla			
Fecha	28/02/20			
Revisado por	María Luz Farah			
Fecha	28/02/20			
Aprobado por	Luis Costa			
Fecha	28/02/2020			



Este reporte fue realizado por WSP Ambiental para el proyecto “Análisis y elaboración de metodología para la descarbonización en Chile”, de acuerdo con el contrato de servicios profesionales. La divulgación de cualquier información contenida en este informe es responsabilidad exclusiva del destinatario. Este material, forma parte del mejor criterio de WSP Ambiental en relación a la información disponible en el momento de la preparación. Cualquier uso que haga un tercero de este informe, o cualquier dependencia o decisiones que se tomen con base en él, son responsabilidad de tales terceros. WSP Ambiental no se hace responsable de los daños, si los hubiere, sufridos por terceros como resultado de decisiones tomadas o acciones basadas en este informe. Esta declaración de limitaciones se considera parte de este informe.

El documento original de base tecnológica enviado aquí, ha sido autenticado y será conservado por nuestra empresa por un mínimo de diez años. Dado que el archivo transmitido está fuera de nuestro control y su integridad ya no puede garantizarse, no se puede dar ninguna garantía con respecto a cualquier modificación hecha a este documento.



# TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
1.1	OBJETIVOS .....	6
1.2	ALCANCES	
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍAS REVISADAS</b> .....	<b>7</b>
2.1	AM0019 8	
2.2	ACM0002.....	9
2.3	ACM0011.....	11
2.4	AMS-III.B.....	13
2.5	HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS RELEVANTES.....	14
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS</b> .....	<b>16</b>
3.1	ACTIVIDAD DE PROYECTO .....	16
3.2	APLICABILIDAD.....	17
3.3	METODOLOGÍA DE MONITOREO.....	19
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>23</b>

## TABLAS

TABLA 1 - SIMBOLOGÍA PARA ANÁLISIS DE ASPECTOS RELEVANTES DE METODOLOGÍAS.....	16
TABLA 2 - ANÁLISIS DE ACTIVIDAD DE PROYECTO POR METODOLOGÍA.....	17
TABLA 3 - ANÁLISIS DE APLICABILIDAD POR METODOLOGÍA.....	18
TABLA 4 - ANÁLISIS DE VARIABLES A MONITOREAR POR METODOLOGÍA.....	20
TABLA 5 - ANÁLISIS DE FACTOR DE EMISIÓN Y REDUCCIÓN DE EMISIONES POR METODOLOGÍA.....	21
TABLA 6 - ANÁLISIS DE INCORPORACIÓN DE LA VIDA ÚTIL POR METODOLOGÍA.....	22





# 1 Introducción

El presente informe se realizó en el contexto del proyecto “Análisis y elaboración de metodología para la descarbonización en Chile”, que tiene como fin el desarrollar una metodología para la reducción de emisiones asociada a iniciativas de adelantamiento del cierre de centrales a carbón, incorporando en su reemplazo energías renovables.

## 1.1 Objetivos

El objetivo del proyecto es desarrollar una metodología para la reducción de emisiones asociada a iniciativas de adelantamiento del cierre de centrales a carbón, incorporando en su reemplazo energías renovables.

Este objetivo se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

- 1) Analizar las metodologías existentes que puedan ser aplicables o adaptadas para este tipo de proyectos.
- 2) Desarrollar una nueva metodología específica para proyectos de adelantamiento de la salida de centrales a carbón, incorporando energías renovables en su reemplazo.
- 3) Desarrollar un Documento de Diseño de Proyecto (PDD, por sus siglas en inglés) para un proyecto concreto de ENGIE, aplicando la metodología desarrollada.
- 4) Analizar escenarios para el reconocimiento de la reducción de emisiones de este tipo de proyectos por parte del país, para un futuro registro, en consistencia con el contexto actual.

## 1.2 Alcances

El presente informe se realizó con el fin de dar cumplimiento al objetivo específico número 1, indicado anteriormente.

## 2 Metodologías revisadas

Se realizó una revisión exhaustiva de las metodologías aprobadas del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de las Naciones Unidas y del Verified Carbon Standard (VCS), con el fin de identificar cuáles de estas contienen elementos que pueden ser aplicados directamente o pueden ser adaptados para la elaboración de una metodología de descarbonización en Chile.

Para realizar la revisión de las metodologías, inicialmente se definió la **actividad de proyecto** como el cierre operacional anticipado de una central a carbón y la implementación de una central generadora en base a fuentes de energía renovables que reemplace la central a carbón. El proceso de revisión y selección de metodologías consideró en primera instancia revisar la actividad de proyecto que describe cada metodología, con el fin de identificar las metodologías que consideran actividades similares a la actividad de proyecto descrita. Tomando esto en consideración, se seleccionaron metodologías en las que la actividad de proyecto corresponde a generación eléctrica mediante fuentes de energía renovables y/o reemplazo de uso combustibles altos en carbón para generación eléctrica por fuentes más limpias.

Se revisaron las metodologías del MDL, 105 metodologías de gran escala y 99 metodologías de pequeña escala aprobadas, y se identificaron metodologías que tengan alguna relación con la actividad de proyecto. La selección final se realizó procurando elegir metodologías que no sean redundantes, y, en caso de identificar varias metodologías similares que cumplieren con el criterio de selección, seleccionando sólo aquella metodología que más se adecúa a la actividad de proyecto a proponer. También se revisaron las metodologías del VCS, once metodologías de energía aprobadas, sin embargo, ninguna de estas cumple con los criterios mencionados.

Adicionalmente, se revisaron metodologías asociadas a otros tipos de actividad de proyectos (metodologías de eficiencia energética, por ejemplo) para identificar otros elementos que pudiesen ser considerados en la elaboración de la metodología. Si bien existen elementos que potencialmente pueden ser utilizados, en general estos son redundantes con los elementos previamente identificados en metodologías asociadas a las actividades de proyectos mencionadas anteriormente.

Una vez seleccionadas las metodologías, se identificó y recopiló información sobre elementos relevantes, con el potencial de ser utilizados para la elaboración de una metodología, como son la aplicabilidad y la metodología de monitoreo.

- **Aplicabilidad:** Se listaron los criterios de aplicabilidad más relevantes de cada metodología, con respecto a la actividad de proyecto considerada para la metodología a elaborar, con el fin de poder identificar qué elementos son aplicables directamente, cuáles se pueden modificar para que resulten aplicables y cuáles son no son de utilidad.
- **Metodología de monitoreo:** Se listaron las principales variables a monitorear, el método utilizado para el cálculo del factor de emisión, el cálculo de la reducción de emisiones y las consideraciones tomadas en cada metodología con respecto a la vida útil del proyecto en cada metodología, con el fin de poder identificar qué elementos son aplicables directamente con el fin de poder identificar qué elementos son aplicables directamente, cuáles se pueden modificar para que resulten aplicables y cuáles son no son de utilidad.



De acuerdo a lo mencionado, las metodologías que contienen mayor información relevante son: AM0019, ACM0002, ACM0011 y AMS-III.B. En esta sección se presentan los principales elementos revisados de estas metodologías. Luego, en la sección 3, se presenta el análisis de la compatibilidad de estos elementos con el tipo de proyecto de la metodología a proponer, con el fin de identificar cuáles de estos se pueden utilizar, con o sin modificaciones, para la elaboración de la metodología requerida.

## 2.1 AM0019<sup>1</sup>

### 2.1.1 Nombre

*Renewable energy projects replacing electricity of one single fossil fuel fired power plant that stands alone or supplies to a grid, excluding biomass projects.*

### 2.1.2 Proyectos registrados

La metodología no cuenta con proyectos registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de las Naciones Unidas.

### 2.1.3 Actividad proyecto

La actividad de proyecto comprende la construcción de una central de generación eléctrica a partir de fuentes renovables, excluyendo la biomasa.

### 2.1.4 Aplicabilidad

- Proyectos de generación eléctrica mediante fuentes renovables de cero emisiones: eólica, geotérmica, solar, hidroeléctrica de pasada, mareomotriz o undimotriz que desplazan generación eléctrica de una planta única e identificada.
- Hidroeléctricas de embalse con densidades energéticas mayores a 4 W/m<sup>2</sup>.
- La central identificada en el escenario de línea base tiene capacidad suficiente para cubrir el aumento de demanda esperada durante el periodo de crédito.

### 2.1.5 Metodología de monitoreo

#### VARIABLES A MONITOREAR

- Generación de electricidad de la actividad de proyecto.
- Generación de electricidad de la central de línea base.

---

<sup>1</sup> Metodología MDL AM0019, versión 2, obtenida de:  
<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/7FFSYZXS2CQHL2051X15QBASYNZ2RF>



- Para proyectos geotérmicos, datos requeridos para calcular emisiones fugitivas de dióxido de carbono y metano, y emisiones asociadas a la combustión fósil para el funcionamiento de la central.
- Para nuevos proyectos hidroeléctricos de embalse, el área superficial a nivel máximo del reservorio.

### Factor de emisión y reducción de emisiones

Se utiliza el factor de emisión de la central de línea base. Se requiere el consumo de combustible de los últimos tres años previos a la implementación del proyecto. Valor está dado por el promedio de los factores de emisión de los últimos 3 años.

$$EF_{BL,y} = \frac{COEF_{BL} \cdot F_{BL,y}}{Gen_{BL,y}}$$

$EF_{BL,y}$ : Factor de emisión en el año  $y$ .

$COEF_{BL}$ : Factor de emisión del combustible utilizado en la línea base.

$F_{BL,y}$ : Consumo de combustible de la central en el escenario de línea base en el año  $y$ .

$Gen_{BL,y}$ : Generación eléctrica de la central en el escenario de línea base el año  $y$ .

Las emisiones del escenario de línea base están dadas por el producto entre la generación de energía renovable del periodo y el factor de emisión de la central de línea base.

Las emisiones del escenario de proyecto son cero, con excepción de los casos en que la actividad de proyecto considera una central geotérmica o hidroeléctrica de embalse, para las que se detalla el método de cálculo de emisiones generadas en la metodología.

La reducción de emisiones está dada por la diferencia entre las emisiones de línea base y las emisiones de la actividad de proyecto.

### Vida útil

Metodología requiere demostrar que la vida útil técnica de la central de línea base es igual o mayor al periodo de crédito.

## 2.2 ACM0002<sup>2</sup>

### 2.2.1 Nombre

*Grid-connected electricity generation from renewables sources.*

---

<sup>2</sup> Metodología MDL ACM0002, versión 20, obtenida de:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/XP2LKUSA61DKUQC0PIWPGWDN8ED5PG>



## 2.2.2 Proyectos registrados

La metodología cuenta con 3.298 proyectos registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de las Naciones Unidas.

## 2.2.3 Actividad proyecto

La actividad de proyecto comprende la modernización, remodelación, reemplazo o adición de capacidad de una central de generación eléctrica existente o la construcción y operación de una central nueva.

## 2.2.4 Aplicabilidad

- Proyectos nuevos o de adición de capacidad, de modernización, remodelación o reemplazo de una central existente.
- Proyectos de generación eléctrica de uno de los siguientes tipos de fuente: hidroeléctrica de pasada, hidroeléctrica de embalse, eólica, geotérmica, solar, mareomotriz o undimotriz. Proyectos de biomasa no son aplicables.
- No aplicable a actividades de proyecto que consideran el cambio desde combustibles fósiles a fuentes de energía renovables, ya que el escenario de línea base sería la continuación del uso de combustibles fósiles.

## 2.2.5 Metodología de monitoreo

### Variables a monitorear

- Generación de electricidad de la actividad de proyecto.
- Para proyectos geotérmicos, datos requeridos para calcular emisiones fugitivas de dióxido de carbono y metano, y emisiones asociadas a la combustión fósil para el funcionamiento de la central.
- Para nuevos proyectos hidroeléctricos de embalse, el área superficial a nivel máximo del reservorio y la capacidad instalada de la central después de la implementación de la actividad de proyecto.

### Factor de emisión y reducción de emisiones

Se utiliza el factor de emisión de margen combinado de la red a la que se conecta el proyecto, de acuerdo a "TOOL07: *Tool to calculate the emission factor for an electricity system*", herramienta metodológica que se describe brevemente en la sección 2.5 del presente informe.

Las emisiones del escenario de línea base están dadas por el producto entre la generación de energía renovable del periodo y el factor de emisión de la central de línea base.

Las emisiones del escenario de proyecto son cero, con excepción de los casos en que la actividad de proyecto considera una central geotérmica o hidroeléctrica de embalse, para las que se detalla el método de cálculo de emisiones generadas en la metodología.



La reducción de emisiones está dada por la diferencia entre las emisiones de línea base y las emisiones de la actividad de proyecto.

### Vida útil

Para proyectos de reemplazo o modernización, las reducciones se generarán hasta la fecha en la que el equipo hubiese sido reemplazado o modernizado en ausencia de la actividad de proyecto. Para definir dicha fecha, se requiere estimar la vida útil del equipamiento existente de acuerdo a "TOOL10: *Tool to determine the remaining lifetime of equipment*", herramienta metodológica que se describe brevemente en la sección 2.5 del presente informe.

## 2.3 ACM0011<sup>3</sup>

### 2.3.1 Nombre

*Fuel switching from coal and/or petroleum fuels to natural gas in existing power plants for electricity generation.*

### 2.3.2 Proyectos registrados

La metodología cuenta con 4 proyectos registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de las Naciones Unidas.

### 2.3.3 Actividad proyecto

La actividad de proyecto comprende el recambio de combustible desde carbón o petróleo a gas natural en una central de generación eléctrica existente con un historial de al menos tres años usando el combustible de petróleo o carbón.

### 2.3.4 Aplicabilidad

- La generación de energía puede utilizarse para inyección a la red o para autoconsumo.
- La central de la actividad de proyecto solo utiliza gas natural para la generación de electricidad, con excepción del consumo de combustibles auxiliar, que no puede superar el 1% del consumo de combustible en base energética.
- En el país hay disponibilidad de carbón y/o petróleo para generación eléctrica.
- El uso de carbón o petróleo no está prohibido o restringido ni se exige el uso de gas natural u otro combustible mediante regulaciones o normas.

---

<sup>3</sup> Metodología MDL ACM0011, versión 3, obtenida de:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/8CQXJYBL5CMBRHNOIOB2HRYMK6XPKP>



- La actividad de proyecto no resulta en un cambio significativo en la capacidad de generación eléctrica de la central.
- No aplicable para proyectos nuevos.

## 2.3.5 Metodología de monitoreo

### Variables a monitorear

- Capacidad instalada de la central de proyecto.
- Consumo eléctrico auxiliar de la central.
- Energía inyectada a la red o autoconsumida.
- Consumo de combustibles.

### Factor de emisión y reducción de emisiones

El factor de emisión para las emisiones de línea base se calcula en base a la eficiencia de la central (que, a su vez se calcula en base a datos históricos de consumo de combustible, poder calorífico y energía generada) y el factor de emisión del combustible utilizado.

Las emisiones del escenario de línea base se calculan como el producto del factor de emisión mencionado y la energía generada por la central de proyecto.

Las emisiones de proyecto se calculan de acuerdo al documento "*TOOL03: Tool to calculate project or leakage CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion*", en base al consumo de combustible del proyecto.

La reducción de emisiones está dada por la diferencia entre las emisiones de línea base y las emisiones de la actividad de proyecto.

### Vida útil

Se requiere estimar la vida útil restante del proyecto solo en los casos en que la actividad de proyecto prolonga la vida útil de la central. Entregan dos opciones para la estimación de la vida útil restante:

- a) Vida útil promedio de acuerdo con prácticas comunes en el sector industrial y el país.
- b) De acuerdo a cronogramas de reemplazo de equipos de la empresa responsable (registros de reemplazo de equipos similares, por ejemplo).

El periodo de crédito está limitado a la vida útil de la central de no implementarse la actividad de proyecto.



## 2.4 AMS-III.B.<sup>4</sup>

### 2.4.1 Nombre

*Switching fossil fuels.*

### 2.4.2 Proyectos registrados

La metodología cuenta con 23 proyectos registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de las Naciones Unidas.

### 2.4.3 Actividad proyecto

La actividad de proyecto comprende el cambio de combustibles fósiles en aplicaciones residenciales, industriales, comerciales, institucionales o de generación eléctrica.

### 2.4.4 Aplicabilidad

- Aplica a proyectos que modernizan o reemplazan instalaciones existentes, aumentos de capacidad o a proyectos nuevos.
- Aplican los siguientes tipos de combustibles, definidos en las Guías de inventarios de emisiones de GEI del IPCC del 2006: combustibles líquidos (derivados del petróleo), combustibles sólidos (carbón y sus derivados) y combustibles gaseosos (gas natural).
- No aplica para proyectos que proponen cambiar un combustible fósil por biomasa, biocombustible o energías renovables.
- Aplica a proyectos de cambio de combustibles que requieren una inversión de capital.
- Proyectos que inyectan electricidad a la red requieren registros de al menos tres años de energía inyectada a la red, y su capacidad instalada no puede superar los 15 MW.
- Aplicable para proyectos que generen reducciones de emisiones de no más de 60 kton de CO<sub>2</sub> equivalentes anuales.

---

<sup>4</sup> Metodología MDL AMS-III.B., versión 18, obtenida de:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/1T8IU3YG99FQOYHNI2FM3T0QZFFPBX>





## 2.4.5 Metodología de monitoreo

### VARIABLES A MONITOREAR

- Consumo de combustibles.
- Eficiencia térmica de equipos.
- Energía eléctrica generada.

### Factor de emisión y reducción de emisiones

El factor de emisión para las emisiones de línea base se calcula mediante datos históricos del escenario de línea base de energía generada, y consumo, poder calorífico y factor de emisión del combustible utilizado en el escenario de línea base.

Las emisiones de línea base están calculadas como el producto entre el factor de emisión mencionado y la generación eléctrica del proyecto.

Las emisiones de proyecto están calculadas en base al consumo de combustibles, sus poderes caloríficos inferiores y sus factores de emisión en el escenario de proyecto.

La reducción de emisiones está dada por la diferencia entre las emisiones de línea base y las emisiones de la actividad de proyecto.

### Vida útil

Se requiere demostrar la vida útil remanente del equipo de acuerdo a lo indicado en "TOOL10: *Tool to determine the remaining lifetime of equipment*", herramienta metodológica que se describe brevemente en la sección 2.5 del presente informe. Si la vida útil de las instalaciones aumenta como efecto de la implementación de la actividad del proyecto, el periodo de crédito no podrá ser superior a la vida útil restante del equipo en ausencia de la actividad de proyecto.

## 2.5 Herramientas metodológicas relevantes

Algunas de las metodologías referencian documentos adicionales en los que se indica cómo calcular o estimar algún parámetro. A continuación, se entrega un breve detalle de los documentos referenciados en las metodologías que poseen una mayor relevancia en el contexto de la elaboración de la metodología a proponer.



## 2.5.1 TOOL07<sup>5</sup>

### Nombre

*Tool to calculate the emission factor for an electricity system.*

### Descripción

Esta herramienta metodológica determina el factor de emisión de CO<sub>2</sub> para el desplazamiento de electricidad generado por centrales generadoras en un sistema eléctrico, mediante el cálculo del factor de emisión de margen combinado (CM) del sistema eléctrico.

El factor de emisión de margen combinado es un promedio ponderado de dos factores de emisión correspondientes a un sistema eléctrico: el del margen operacional (OM) y el del margen de construcción (BM). El factor de emisión del margen operacional se refiere al grupo de centrales existentes que verían afectada su generación por efecto de la implementación del proyecto propuesto. El factor de emisión del margen de construcción se refiere al grupo de centrales futuras que verían afectada construcción o futura operación por efecto de la implementación del proyecto propuesto.

Para el uso de esta herramienta metodológica se requiere, en general, la generación eléctrica y el consumo de combustibles de las centrales que inyectan electricidad al sistema eléctrico.

## 2.5.2 TOOL10<sup>6</sup>

### Nombre

*Tool to determine the remaining lifetime of equipment.*

### Descripción

Esta herramienta metodológica entrega orientación para la determinación de la vida útil remanente de equipamiento de línea base o de proyecto, es decir, el tiempo que de operación que le queda antes de que deba ser reemplazado o dado de baja por razones técnicas.

Esta herramienta entrega tres opciones para determinar la vida útil remanente de un equipo:

- a) Usar información de vida útil técnica del equipo del proveedor y compararla con la fecha de entrada en operación.

---

<sup>5</sup> Herramienta metodológica MDL TOOL07, versión 7, obtenida de:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-07-v7.0.pdf>

<sup>6</sup> Herramienta metodológica MDL TOOL10, versión 7, obtenida de:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-10-v1.pdf>

- b) Evaluación de un experto.
- c) Usar valores por defecto indicados en la herramienta

## 3 Análisis

En la siguiente sección se realiza el análisis para identificar cuáles aspectos de las distintas metodologías pueden ser utilizados, y de qué manera, en la metodología a desarrollar. Para cada uno de los aspectos evaluados se presenta una tabla que sintetiza los aspectos relevantes a evaluar de cada metodología y un breve análisis.

En el análisis se considera la simbología presentada en la siguiente tabla, para identificar aquellas metodologías que tienen elementos que pueden utilizarse directamente en la elaboración de la metodología, metodologías que tienen algunos elementos que pueden ser considerados y metodologías que no presentan elementos que puedan ser considerados para desarrollar la metodología.

**Tabla 1 - Simbología para análisis de aspectos relevantes de metodologías.**

Símbolo	Significado
(+)	Metodología tiene elementos que pueden utilizarse directamente o con modificaciones mínimas.
(·)	Metodología tiene algunos elementos que pueden ser considerados, los cuales requieren modificaciones para poder utilizarse.
(-)	Metodología no presenta elementos que puedan ser considerados.

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.1 Actividad de proyecto

En la siguiente tabla se muestran los aspectos más importantes rescatados de cada metodología con respecto a la actividad de proyecto y qué tan compatibles son estos con la actividad de proyecto que la metodología propuesta consideraría.

**Tabla 2 - Análisis de Actividad de proyecto por metodología.**

Metodología	Comentarios
AM0019	(+) Actividad de proyecto contempla tanto la reducción o eliminación de la generación eléctrica de una central térmica como el reemplazo de la oferta de energía eléctrica por una central renovable.
ACM0002	(·) Actividad de proyecto de la metodología considera la implementación de una central generadora en base a fuentes de energía renovables, pero no hace mención a la detención de la operación de una central térmica específico.
ACM0011	(·) Actividad de proyecto considera el cese de operación con carbón de una central térmica, al cambiar el combustible por gas natural.
AMS-III.B.	(·) Actividad de proyecto considera el cese de operación con carbón de una central térmica, al cambiar por otro combustible menos contaminante.

*Fuente:* Elaboración propia.

La actividad de proyecto considera dos aspectos principales: el cese de operación de una central a carbón y la implementación de una central generadora en base a fuentes de energía renovables. Se observa que la metodología AM0019 es la única que considera ambos aspectos dentro de su actividad de proyecto, lo que no indica necesariamente que se pueda aplicar directamente a las actividades de proyectos a proponer. Las otras metodologías analizadas consideran solo un aspecto o parte de ellos.

## 3.2 Aplicabilidad

En la siguiente tabla se muestran los aspectos más importantes rescatados de cada metodología con respecto a la aplicabilidad de esta y qué tan compatibles son con la aplicabilidad que la metodología propuesta consideraría.

**Tabla 3 - Análisis de Aplicabilidad por metodología.**

Metodología	Comentarios
AM0019	<p>(·) Las fuentes de energía renovables consideradas como posible reemplazo de la central térmica en la metodología coinciden con las que se podrían considerar en la metodología a elaborar.</p> <p>La metodología requiere demostrar que la energía generada por la central renovable desplaza la energía de una central única y debidamente identificada, lo que no ocurrirá necesariamente en la práctica, considerando la gran cantidad de centrales que inyectan energía al SEN.</p> <p>Otro criterio de aplicabilidad indica que la central térmica de línea base debe ser capaz de satisfacer posibles aumentos de demanda durante el periodo de crédito, lo que es poco factible en la práctica.</p>
ACM0002	<p>(·) Las fuentes de energía renovables consideradas como posible reemplazo de la central térmica en la metodología coinciden con las que se podrían considerar en la metodología a elaborar.</p> <p>La metodología no es aplicable a actividades de proyecto que consideran el cambio desde combustibles fósiles a fuentes de energía renovables en el sitio de la actividad de proyecto, ya que el escenario de línea base sería la continuación en el uso del combustible de línea base.</p> <p>Considerando esto, los criterios de aplicabilidad de esta metodología pudiesen ser aplicables en los aspectos de la metodología a elaborar que están relacionados a la instalación de la central renovable, no así a los ámbitos relacionados a la detención en la operación de la central térmica.</p>
ACM0011	<p>(-) En la metodología son aplicables solo actividades de proyecto que utilicen gas natural y tampoco aplica a proyectos nuevos.</p> <p>Con respecto al uso de carbón, para que el proyecto sea aplicable se requiere que su uso no esté prohibido o restringido y que exista disponibilidad de este para generación eléctrica en el país. Estas condiciones sí se cumplirían en el caso de la actividad de proyecto de la metodología a elaborar.</p>
AMS-III.B.	<p>(-) La aplicabilidad de la metodología considera actividades de proyecto de cambio de combustibles, excluyendo explícitamente la aplicabilidad de proyectos de generación eléctrica de fuentes de energía renovables.</p> <p>Es una metodología de pequeña escala, limitando la capacidad instalada de los proyectos aplicables a 15 MW.</p>

**Fuente:** Elaboración propia.

Se presentan dos metodologías en las que los criterios de aplicabilidad son medianamente compatibles con la actividad de proyecto de la metodología a proponer: AM0019 y



ACM0002. De ambas es posible obtener criterios de aplicabilidad en lo que respecta a la implementación de proyectos de generación eléctrica desde fuentes de energía renovables. En lo que respecta a la actividad de cese de operación de la central térmica, se puede tomar como punto de partida la metodología AM0019, pero se requiere realizar modificaciones importantes en los criterios de aplicabilidad (y otros), de manera de poder asegurar que la estimación de reducción de emisiones se está realizando de manera correcta. Para poder argumentar el desplazo uno a uno entre la central a carbón y la central renovable, debe ponerse especial atención en justificar adecuadamente que la central renovable es un reemplazo de la central que se apaga, para lo cual podrían definirse criterios como que ambas centrales estén bajo el control o sean de propiedad de la misma compañía o que el desfase temporal entre la salida de la central a carbón y la entrada de la central renovable no sea mayor a un período a definir. Este tipo de criterios será analizado con mayor profundidad en la etapa de elaboración de la metodología.

### 3.3 Metodología de monitoreo

En esta sección se muestran los aspectos más importantes rescatados de cada metodología con respecto a la metodología de monitoreo y qué tan compatible es con la aplicabilidad que la metodología propuesta consideraría.

#### 3.3.1 Variables a monitorear

Tabla 4 - Análisis de Variables a monitorear por metodología.

Metodología	Comentarios
AM0019	(+) Las variables a monitorear en esta metodología incluyen la generación eléctrica de la central térmica de línea base y la central renovable de la actividad de proyecto. Esto está en línea con lo que se debiese requerir en la metodología a elaborar.
ACM0002	(·) La variable más relevante a monitorear en esta metodología es la generación eléctrica de la central renovable. Esto está en línea con lo que debiese requerir la metodología a elaborar, en los casos en que la central térmica cese su operación por completo.
ACM0011	(·) Las variables más importantes a monitorear en esta metodología son el consumo de combustibles y la energía generada por la central. Para la metodología a proponer, el consumo de combustibles puede ser una variable relevante a monitorear en los casos en los que la central térmica no cese su operación por completo o quede como central en reserva.
AMS-III.B.	(·) Las variables más importantes a monitorear en esta metodología son el consumo de combustibles, la energía generada por la central y la eficiencia térmica. Para la metodología a proponer, el consumo de combustibles -relacionado directamente a la eficiencia térmica- puede ser una variable relevante a monitorear en los casos en los que la central térmica no cese su operación por completo o quede como central en reserva.

*Fuente:* Elaboración propia.

Todas las metodologías analizadas tienen algún nivel de compatibilidad con las actividades de proyecto de la metodología a proponer, en lo que respecta a las variables a monitorear. La metodología AM0019 requiere el monitoreo tanto de la energía generada por la central renovable como por la central térmica, lo que entregaría información necesaria para el cálculo de la reducción de emisiones de la metodología a proponer. Las otras metodologías requieren el monitoreo de una sola de las centrales, lo que entrega la información requerida para la estimación de reducciones de emisiones de la actividad de proyecto de la metodología a proponer solo en algunos escenarios específicos.

### 3.3.2 Factor de emisión y reducción de emisiones

**Tabla 5 - Análisis de Factor de emisión y reducción de emisiones por metodología.**

Metodología	Comentarios
AM0019	(·) Metodología entrega un método para estimar el factor de emisión de la central térmica.  Con respecto al cálculo de la reducción de emisiones en la metodología a proponer, el utilizar el factor de emisión de la central térmica es poco conservador en casos donde no se puede demostrar que la central de energía renovable desplaza la generación de la central térmica.
ACM0002	(·) Metodología referencia al TOOL07, que entrega un método para estimar el factor de emisión de la red eléctrica.  Con respecto a la reducción de emisiones en la metodología a proponer, el utilizar el factor de emisión de la red es extremadamente conservador, ya que, a pesar de ser adecuado para cuantificar la reducción de emisiones como efecto de la operación de la central renovable, no se cuantifican de ninguna manera las reducciones generadas por el cese de operación anticipado de la central térmica.
ACM0011	(·) Metodología entrega un método para estimar el factor de emisión de la central térmica.  Con respecto a la reducción de emisiones en la metodología a proponer, el documento referenciado ("TOOLO3") no es aplicable al tipo de proyecto considerado.
AMS-III.B.	(·) Metodología entrega un método para estimar el factor de emisión de la central térmica.  Con respecto a la reducción de emisiones en la metodología a proponer, el método propuesto no es adecuado para el tipo de proyecto considerado.

*Fuente:* Elaboración propia.

Con respecto al factor de emisión, ninguna de las metodologías entrega un enfoque que se adecúe completamente al tipo de actividad de proyecto de la metodología a proponer. El factor de emisión utilizado en la metodología AM0019 entregaría reducciones poco conservadoras (la metodología considera un reemplazo directo de la central térmica), mientras que el factor utilizado en la metodología ACM0002 entregaría valores de reducciones extremadamente conservadoras (compara las emisiones de la central renovable con el factor de la red). Las metodologías AM0019, ACM0011 y AMS-III.B. entregan métodos para la estimación del factor de emisión de la central térmica, de utilidad para poder estimar las emisiones del escenario de línea base.





Se debe definir un factor de emisión adecuado, que tome en consideración tanto las emisiones generadas por el cese en la operación de la central térmica como por la entrada en operación de la central renovable, y que no subestime en demasía ni sobreestime la reducción de emisiones.

### 3.3.3 Vida útil

**Tabla 6 - Análisis de incorporación de la Vida útil por metodología.**

Metodología	Comentarios
AM0019	(+) La metodología pide demostrar que la vida útil remanente de la central de línea base es mayor o igual al periodo de crédito, aunque no se indica cómo.
ACM0002	(+) Para proyectos de modernización o reemplazo requiere la estimación de la vida útil remanente del equipamiento de línea base y referencia un documento ("TOOL10") que indica cómo realizarlo.
ACM0011	(+) La metodología indica que proyectos en los que la actividad genera un aumento en la vida útil remanente del equipamiento, el periodo de crédito no puede ser mayor a la vida útil del equipamiento en ausencia de la actividad de proyecto. Indica que esta vida útil remanente se puede basar en prácticas comunes en el sector industrial y el país, o bien en registros históricos de reemplazo de equipos similares por parte del proponente de proyecto.
AMS-III.B.	(+) La metodología indica que proyectos en los que la actividad genera un aumento en la vida útil remanente del equipamiento, el periodo de crédito no puede ser mayor a la vida útil del equipamiento en ausencia de la actividad de proyecto. Se referencia un documento ("TOOL10") que indica cómo realizar la estimación de vida útil remanente.

*Fuente:* Elaboración propia.

En todas las metodologías se da entender que los proyectos no pueden generar reducciones más allá del término de la vida útil remanente del equipamiento del escenario de línea base. Tres de las metodologías indican un método para estimar la vida útil, y dos referencian un documento ("TOOL10"), que entrega opciones para estimar la vida útil remanente de equipos de manera estandarizada. En este ámbito, se considera adecuado que la metodología a desarrollar incorpore la referencia al TOOL10, que es una herramienta metodológica transversal a distintas metodologías del MDL, y por lo tanto cuenta con un mayor reconocimiento. De las alternativas que ofrece el TOOL10 para demostrar la vida útil remanente, para el caso de los proyectos chilenos se estima que es más aplicable la opción b) Evaluación de un experto, considerando que la opción a) y c) aluden a una vida útil del equipamiento inicial, sin considerar reinversiones que permitan extender la vida útil, por lo tanto, es muy probable que las centrales a carbón del SEN estén operando actualmente más allá del período de vida útil inicial. No obstante, con el propósito que la metodología sea aplicable no solo en el contexto del sistema eléctrico de Chile, sino también en otros



países, la metodología a desarrollar deberá permitir el uso de cualquiera de las opciones que ofrece el *TOOL10* para demostrar la vida útil. En particular, en el caso de las centrales U14 y U15 de Engie, la vida útil nominal de 25 años ya se completó, por lo que sólo se podría aplicar el criterio b) Evaluación de un experto.

## 4 Conclusiones

Mediante la revisión y el análisis realizado en el presente informe, se observó que, a pesar de no existir una metodología única que se adapte completamente proyectos de adelantamiento de cierre de centrales a carbón y reemplazo por fuentes de energía renovables, varias de las metodologías contienen elementos que pueden ser utilizados en la elaboración de la nueva metodología que se desea proponer.

Proyectos de reducción de emisiones por la implementación de centrales generadoras en base a fuentes renovables son bastante comunes en el marco del MDL, por lo que el desarrollo de este aspecto de la metodología se puede realizar tomando como base la metodología ACM0002 de manera más directa. Esta metodología entrega elementos directamente aplicables al aspecto que considera la implementación de centrales renovables en los tipos de proyectos a proponer.

En lo que respecta a la estimación de la generación de reducciones debido al cierre adelantado de centrales a carbón, no se encontraron registros de proyectos de ese tipo en el marco del MDL, ni metodologías que se puedan aplicar directamente a la metodología a proponer.

Dado esto, para desarrollar una metodología que permita cuantificar de manera adecuada las reducciones generadas por las actividades de proyecto de cierre adelantado de centrales a carbón y reemplazo por fuentes renovables, se requiere desarrollar nuevos métodos que permitan estimar las reducciones asociadas al cese de operación de la central térmica y/o complementar los elementos aplicables encontrados en las distintas metodologías.

Existe una metodología, la AM0019, que considera actividades de proyecto muy similares a lo que se requiere, pero posee criterios de aplicabilidad que limitan su aplicación directa o con modificaciones simples a los tipos de proyecto que se requieren.

A su vez, las metodologías ACM0011 y AMS-III.B., a pesar de considerar actividades de proyecto de cambio de combustibles, que están menos relacionadas al tipo de actividades de proyecto a proponer que las metodologías antes mencionadas, entregan elementos en lo que respecta a la estimación del factor de emisión de una central a carbón y la estimación de las emisiones en el escenario de línea base.

Un aspecto clave para desarrollar la metodología será establecer criterios para demostrar que la central renovable efectivamente esté reemplazando a la central a carbón y, por otra parte, establecer escenarios para el cálculo de reducción de emisiones, para cubrir casos en la que central renovable exceda y/o esté por debajo la generación esperada de la central a carbón. Otro aspecto fundamental será definir los criterios para justificar la vida útil de la central. Todos estos aspectos permitirán definir el enfoque de cálculo de la reducción de emisiones y, por lo tanto, el volumen de reducción de emisiones que puede generar esta iniciativa.

En el caso de Engie, estos criterios están siendo analizados en función de la información disponible y aquella que pueda ser obtenida en la visita a terreno. Preliminarmente, se



estima que existe información para argumentar la vida útil de la central, sin embargo, se deberán levantar los antecedentes específicos para respaldar la información declarada por Engie, por ejemplo, un informe u otro documento con una evaluación experta que justifique la vida útil remanente de la central. De igual forma, se deberá levantar antecedentes para justificar que la central renovable efectivamente esté reemplazando a la central a carbón, basado en los criterios preliminares descritos en la sección 3.2 (control/propiedad de la central, generación anual, fecha de implementación/cierre de la central, otros).

Tomando esto en consideración, se debe elaborar una metodología en la que se puedan estimar por separado las emisiones asociadas tanto al cese de operación de la central como a la implementación de la central renovable, con el fin de que se pueda adaptar a los distintos escenarios posibles de implementación de la iniciativa.

Del presente análisis, se puede concluir que existen elementos contenidos en metodologías internacionales que pueden ser utilizados para la elaboración de una metodología de cálculo de reducción de emisiones en proyectos de adelantamiento de cierre de centrales a carbón y reemplazo por fuentes de energía renovables. Se cuenta con referencias de metodologías o herramientas metodológicas tanto para la actividad de proyecto, como la aplicabilidad y la metodología de monitoreo de la metodología a proponer, las cuales en general requerirán algunas modificaciones para poder elaborar la metodología. El mayor desafío se encuentra en definición del método de cálculo de la reducción de emisiones, pero no se observa ninguna barrera que impida un desarrollo metodológico robusto y trazable.

La metodología se elaborará para proyectos genéricos de adelantamiento de centrales a carbón y reemplazo por fuentes de energía renovables. Al basarse en metodologías internacionales, y no poseer ninguna especificación que sea sólo aplicable al sistema eléctrico de Chile, la metodología tendrá características de aplicabilidad a nivel internacional, no solo en proyectos ubicados en Chile.