



Metodología para Proyectos de Reducción de Emisiones de Contaminantes Locales

Recambio de calefactores de combustión a leña por equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética para la Región de Biobío

(Versión 1.0)

INFORMACIÓN BÁSICA

Nombre de la metodología	Recambio de calefactores de combustión a leña por equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética para la Región de Biobío
Código de la metodología	M-PRE-CL-MP-001
Contaminante por reducir	Material Particulado Fino (MP2,5)
Número de Versión	1.0
Fecha de elaboración	Julio 2025
Sector	Demanda de Energía

Contenido

1. Generalidades	4
1.1. Resumen de la metodología	4
1.2. Referencias metodológicas	4
1.3. Definiciones Relevantes	5
2. Sobre el proyecto de reducción de emisiones	8
2.1. Alcance	8
2.2. Condiciones de aplicabilidad	8
2.3. Sobre la adicionalidad	10
3. Cuantificación de emisiones	12
3.1. Cuantificación de emisiones del escenario base	12
3.1.1. Límite del proyecto y fuentes a intervenir.....	12
3.1.2. Factor de Emisión.....	14
3.1.3. Nivel de Actividad.....	15
3.1.4. Cálculo de las emisiones base.....	18
3.1.5. Emisiones año calendario.....	19
3.2. Cuantificación de emisiones del proyecto	21
3.3. Cuantificación de la reducción de emisiones	21
4. Monitoreo	22
4.1. Datos y parámetros no monitoreados	23
4.2. Datos y parámetros monitoreados	26
4.3. Descripción del plan de monitoreo	28
4.3.1. Registro de datos.....	28
4.3.2. Prevención de prácticas de doble contabilización.....	32
4.3.3. Medidas de control.....	32
4.4. Trazabilidad de los datos	32
5. Referencias bibliográficas	35
Anexo 1. Consideraciones para el muestreo de línea base.....	37

Siglas y acrónimos utilizados en la metodología.

COV Compuestos Orgánicos Volátiles

MP Material Particulado

MP2,5 Material Particulado de diámetro menor o igual a 2,5 micrómetros

MP10 Material Particulado de diámetro menor o igual a 10 micrómetros

NO_x Óxidos de Nitrógeno

PRE Proyecto de Reducción de Emisiones

SCE Sistema de Compensación de Emisiones

SO₂ Dióxido de Azufre

1. Generalidades

Este documento contiene los requisitos, procedimientos y lineamientos para la implementación de proyectos de recambio de calefactores de combustión a leña por equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética.

1.1. Resumen de la metodología

Los PRE a los que aplica la presente metodología consisten en el recambio de calefactores de combustión a leña por equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética en viviendas de la Región de Biobío. Lo anterior, con el objetivo de reducir las emisiones de Material Particulado Fino (MP2,5).

Al respecto, para dar cumplimiento a los requisitos del SCE, la metodología a continuación establece:

- a. Requisitos para acreditar adicionalidad.
- b. Ecuaciones, parámetros y variables para cuantificar la reducción de emisiones.
- c. Procedimientos de monitoreo para posteriormente verificar la reducción de emisiones y permanencia.

1.2. Referencias metodológicas

- a. Para el procedimiento de cuantificación se utilizó:
 - i. European Environment Agency (2023). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook: Chapter 1.A.4 Small Combustion, Editorial EEA, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>
 - ii. Instituto Forestal (2023). Reporte de Consumo de Leña. Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos de Chile. Recuperado el 07 de mayo de 2025 de https://simef.infor.cl/reporte_lenia/
 - iii. Ministerio del Medio Ambiente (2024). Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile 1990-2020. <https://snichile.mma.gob.cl/documentos/>
 - iv. SICAM (2015). "Actualización Inventario de Emisiones Atmosféricas y Modelación de Contaminantes de Concepción Metropolitano, año base 2013". Elaborado para la SEREMI del Medio Ambiente de la Región de Biobío. https://www.cpcbobiobio.cl/wp-content/uploads/2016/07/CAPITULO-I_Fuentes-area_Lena.pdf

- b. Para el procedimiento de verificación se utilizó:
- i. Del Favero-Meneses Consultores Ambientales (2019). Guía de alternativas de compensación para fuentes de combustión. Elaborado para la SEREMI del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago <https://airerm.mma.gob.cl/guias-y-orientaciones/>
 - ii. Resolución Exenta N°0955/2023 del Ministerio del Medio Ambiente, que Aprueba bases de postulación y anexos al "Programa de Recambio de Calefactores a Leña, por sistemas de calefacción más eficientes y menos contaminantes en viviendas de las comunas de Concepción Metropolitano: Lota, Coronel, Talcahuano, Concepción, San Pedro de la Paz, Hualpén, Chiguayante, Hualqui, Penco y Tomé - líneas pellet alta potencia, pellet media potencia y aire acondicionado invertir, año 2023".
 - iii. Resolución Exenta N°1024/2023 del Ministerio del Medio Ambiente, que Aprueba bases de postulación y anexos al "Programa de Recambio de Calefactores a Leña, por sistemas de calefacción más eficientes y menos contaminantes en viviendas de la comuna de Los Ángeles - línea kerosene, año 2022".

1.3. Definiciones Relevantes¹

- a. Adicionalidad: Atributo de la reducción de emisiones que da cuenta que dichas reducciones no habrían ocurrido en ausencia del proyecto que las genera, de forma que estas no responden a otras obligaciones establecidas en la normativa a que esté sujeto el Titular.
- b. Beneficiario: Persona natural que recibe del titular de un proyecto de reducción de emisiones la instalación de un equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética a cambio de la entrega del calefactor de combustión a leña con el que calefacciona su vivienda.
- c. Calefactor hechizo: Artefacto que combustiona o puede combustionar biomasa sólida, de confección artesanal sin cumplimiento normativo², destinado a la calefacción del espacio en que se instala y su alrededor.

¹ Las presentes definiciones deberán ser actualizadas con futuras modificatorias o revisiones de la normativa aplicable a la tipología de proyecto.

² Ley 20.586, Decreto N°39/2011 del Ministerio de Energía y Decreto 46/2013 del Ministerio de Energía.

- d. Calefactor de combustión a leña: Artefacto que combustiona o puede combustionar leña, fabricado, construido o armado en el país o importado, que tiene una potencia térmica nominal menor o igual a 25kW, de alimentación manual, por gravedad o automática, de combustión cerrada, provisto de un ducto para la evacuación de gases y partículas a la atmósfera, destinado a la calefacción en el espacio en que se instala y su alrededor.
- e. Calefactor de doble cámara: Artefacto de combustión de leña que incorpora dos o más cámaras de combustión, diseñadas para optimizar el proceso térmico mediante la regulación del flujo de aire primario y secundario, destinado a la calefacción del espacio en que se instala y su alrededor. Esta configuración permite una combustión más completa de los gases y partículas, reduciendo las emisiones contaminantes.
- f. Chatarrización: El proceso técnico mecánico de destrucción de un calefactor de combustión, realizado por un chatarrizador.
- g. Cocina a leña: Artefacto diseñado para transferir calor a los alimentos, que utiliza leña como combustible. Cuenta con una cámara de combustión con control de flujo de aire y un horno no removible incorporado. Pudiendo también entregar calefacción de forma secundaria.
- h. Equipo de calefacción eléctrica: Aire Acondicionado frío-calor de alta eficiencia energética de acuerdo con la Resolución Exenta N°4/2018 del Ministerio de Energía, que Fija estándar mínimo de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado que indica, o la norma que la reemplace
- i. Cámara simple: Artefacto de combustión a leña que incorpora una sola cámara de combustión cerrada, provisto de un ducto para la evacuación de gases y partículas a la atmósfera con control de flujo de aire, destinado a la calefacción del espacio en que se instala y su alrededor.
- j. Factor de Emisión: Valor que representa la cantidad estimada de un contaminante emitido a la atmósfera por unidad de actividad o consumo de combustible.
- k. Leña: Biocombustible sólido correspondiente a una porción de madera dimensionada y sometida a un proceso de secado

para ser utilizada como combustible para uso residencial o industrial.

- l. Nivel de Actividad: Masa de combustible quemado por unidad de tiempo.
- m. Salamandra: Artefacto de combustión a leña de hierro fundido que incorpora una sola cámara de combustión, provisto de un ducto para la evacuación de gases y partículas a la atmósfera con control de flujo de aire, destinado a la calefacción del espacio en que se instala y su alrededor.

2. Sobre el proyecto de reducción de emisiones

2.1. Alcance

La presente metodología aplica a PRE de MP2,5 mediante el recambio de calefactores de combustión a leña por equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética en viviendas de la Región de Biobío.

Además, permite acreditar la reducción de emisiones por un periodo de tres años, renovable por un máximo de dos veces. Lo anterior, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de la normativa vigente previo al inicio de cada periodo y que la vida máxima del proyecto no exceda la vida útil de los equipos instalados.

2.2. Condiciones de aplicabilidad

La presente metodología aplica siempre y cuando los PRE cumplan las siguientes condiciones:

- a. Dar cumplimiento a los requisitos del Decreto N°4/2023 del Ministerio del Medio Ambiente, de forma que garanticen que la reducción de emisiones es adicional, medible, verificable y permanente.
- b. Que los beneficiarios sean elegibles, cumpliendo con:
 - i. Ser propietario del calefactor a leña que se quiere recambiar.
 - ii. Que el calefactor a leña se encuentre instalado y operativo en la vivienda del propietario del calefactor.
 - iii. Que la vivienda del propietario del calefactor se encuentre en la Región de Biobío.
 - iv. No haber sido beneficiario de un recambio de calefactor a leña como mecanismo de algún Instrumento de Gestión Ambiental.
 - v. Que el beneficiario consienta a participar en el proceso de monitoreo del PRE.
- c. Que los calefactores de combustión a leña por retirar cumplan la normativa vigente³:

³ El titular de un PRE deberá considerar la normativa vigente a la fecha de presentar su proyecto.

- i. Ley 20.586 del Ministerio de Energía, que Regula Certificación de Artefactos para Combustión de Leña y Otros Dendroenergéticos.
 - ii. Decreto N°39/2011 del Ministerio de Energía, que Establece Norma de Emisión de Material Particulado, para los Artefactos que Combustionen o Puedan Combustionar Leña y Pellet de Madera.
 - iii. Decreto 46/2013 del Ministerio de Energía, que Revisa Norma de Emisión de Material Particulado, para los Artefactos que Combustionen o Puedan Combustionar Leña y Derivados de la Madera, Contenida en el Decreto 39, de 2011.
 - iv. Decreto N°6/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano.
 - v. Decreto N°4/2017 del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Plan de Descontaminación Atmosférica para la comuna de Los Ángeles.
 - vi. Ordenanzas municipales, si hubiese.
- d. Que los calefactores de combustión a leña retirados sean eliminados correctamente:
- i. Que los calefactores de combustión a leña sean destruidos por un chatarrizador.
 - ii. Que el chatarrizador de calefactores de combustión a leña cuente con al menos un punto de recepción, un centro de acopio y un punto de chatarrización de calefactores de combustión a leña retirados, dentro del territorio nacional. Los lugares donde se efectúe la recepción, acopio y chatarrización de los calefactores de combustión a leña, deberán ubicarse en zonas aptas para el desarrollo de la actividad, según la normativa vigente.
 - iii. Que los servicios asociados a la eliminación de los calefactores de combustión a leña incluyan un procedimiento de desmantelamiento, retiro, destrucción y disposición de calefactores de combustión a leña.
 - iv. Que el titular implemente un sistema de registro de calefactores de combustión a leña desmantelados y destruidos que permita su trazabilidad.

- e. Que los equipos de calefacción eléctricos y sus respectivas instalaciones cumplan la normativa vigente⁴:
 - i. Resolución Exenta N°4/2019 del Ministerio de Energía, que Fija Estándar Mínimo de Eficiencia Energética para Equipos de Aire Acondicionado que Indica, o la norma que la reemplace.
- f. Que los servicios asociados a la implementación de los equipos de calefacción eléctricos otorguen garantías tanto de los equipos como de su instalación.
- g. Que los servicios asociados a la implementación de los equipos de calefacción eléctricos realicen capacitación a los beneficiarios de la medida para el correcto funcionamiento y mantención de los equipos.

2.3. Sobre la adicionalidad

Los PRE a los que aplica la presente metodología, deberán acreditar adicionalidad:

- a. Normativa: Acreditar que la reducción de emisiones no responde a otras obligaciones normativas a las que está sujeta la fuente a intervenir.
 - i. Demostrar que se excluyó a beneficiarios de recambios de calefactores de combustión a leña como mecanismo de algún Instrumento de Gestión Ambiental.
 - ii. Demostrar que se excluyó calefactores de combustión a leña prohibidos en algún Instrumento de Gestión Ambiental sujeto a la región geográfica donde se propone implementar el proyecto.
- b. Práctica común: Acreditar que el proyecto no es de práctica común, que no predomina en la industria en la que se desarrollará y/o en la región geográfica donde se propone implementar.
 - i. En las zonas sujetas a Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica que establecen Programas de Recambio de Calefactores y/o Programas de Compensación de Emisiones, demostrar que la cantidad de viviendas que utilizan leña es superior a la cantidad de beneficiarios contemplados por la medida del instrumento.

⁴ El titular de un PRE deberá considerar la normativa vigente a la fecha de presentar su proyecto.

- ii. En zonas no sujetas a Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica que establecen Programas de Recambio de Calefactores y/o Programas de Compensación de Emisiones, demostrar que la cantidad de viviendas que consumen leña es superior o igual a un 15%.
- c. Barrera no financiera: En caso de que el proyecto no cumpla las condiciones descritas en el literal b. y enfrente barreras técnicas, socioculturales, ambientales, geográficas, entre otras, que impidan su ejecución en la zona geográfica donde se propone implementar, el Titular deberá acreditar que el PRE permite superar dichas barreras.
- d. Financiera: En caso de que el proyecto no cumpla las condiciones descritas en el literal b., el Titular deberá acreditar financieramente que sin el PRE el recambio de calefactores de combustión a leña no se efectuaría y por tanto la reducción de emisiones no sucedería.

3. Cuantificación de emisiones

3.1. Cuantificación de emisiones del escenario base

A continuación, se describen los pasos a seguir para la cuantificación de las emisiones de MP2,5 de las fuentes a intervenir, sin la implementación del proyecto:

- a. Definir límite del proyecto y fuentes a intervenir.
- b. Identificar el Factor de Emisión.
- c. Determinar el Nivel de Actividad.
- d. Estimar las emisiones de línea base de MP2,5.

3.1.1. Límite del proyecto y fuentes a intervenir

El Titular deberá describir las fuentes a intervenir, considerando las restricciones descritas en los apartados 2.2 y 2.3, identificar el origen de los datos, recopilando la información atinente, e indicar la ubicación geográfica donde se implementará el proyecto, adjuntando un archivo en formato KMZ.

De acuerdo con lo descrito en el apartado 2.1, el límite espacial y temporal de los PRE a los que aplica la siguiente metodología son:

- a. Límite espacial: comunas de la Región de Biobío.
- b. Límite temporal: periodo crediticio de 3 años, renovable por un máximo de dos veces.

En cuanto a las fuentes por intervenir, la emisión de contaminantes locales se analiza en la siguiente tabla:

Tabla 1 Fuentes de emisión de contaminantes locales incluidas y excluidas del límite del proyecto

Fuente		Contaminante	¿Incluido?	Justificación/Explicación
Línea base	Calefactor de combustión a leña	MP2,5	Sí	El calefactor de combustión a leña genera emisiones de MP2,5 y se debe cuantificar.
		NO _x	No	Esta metodología no aborda las emisiones de NO _x .

		SO ₂	No	Esta metodología no aborda las emisiones de SO ₂ .
		MP10	No	Si bien las emisiones de material particulado son relevantes en este tipo de proyecto, solo se cuantificarán aquellas correspondientes a la fracción másica de diámetro aerodinámico inferior o igual a 2,5 micrones (PM _{2,5}) para la compensación de emisiones, en base al Decreto N°4/2023 del Ministerio del Medio Ambiente ⁵ .
		COVs	No	Si bien las emisiones de compuestos orgánicos volátiles pueden llegar a ser relevantes, las metodologías bajo el SCE no abordan su cuantificación por no estar gravadas por el impuesto verde.
Con proyecto	Equipo de calefacción eléctrica	MP _{2,5}	No	Los equipos de calefacción eléctrica no generan emisiones directas de este tipo.
		NO _x	No	Los equipos de calefacción eléctrica

⁵ Reglamento de Proyectos de Reducción de Emisiones de contaminantes para compensar emisiones gravadas conforme a lo dispuesto en el artículo 8° de la Ley 20.780, publicado el 29 de septiembre del 2023.

				no generan emisiones directas de este tipo.
		SO ₂	No	Los equipos de calefacción eléctrica no generan emisiones directas de este tipo.
		MP10, COVs	No	Los equipos de calefacción eléctrica no generan emisiones directas de este tipo.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Factor de Emisión

Considerando la información disponible sobre calefactores de combustión a leña y consumo de leña en la Región de Biobío, proveniente de inventarios, estudios, entre otros; y los valores de emisión de la guía "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023"⁶ de la "European Environment Agency" (2023) y del documento "Actualización Inventario de Emisiones Atmosféricas y Modelación de Contaminantes de Concepción Metropolitano, año base 2013"⁷ elaborado por SICAM (2015) para la SEREMI del Medio Ambiente de la Región de Biobío, la presente metodología establece:

Tabla 2. Factor de Emisión para calefactores de combustión a leña

Contaminante considerado	Instrumento de Gestión Ambiental	Tipo de calefactor	Factor de Emisión (g contaminante/kg leña)
MP2,5	Sin instrumento	Cualquier tipo	10,3 ⁸
		Salamandras, calefactores	No aplica

⁶ Capítulo 1.A.4 Small Combustion.

⁷ Capítulo 1 Fuentes Aéreas Combustión Residencial de leña.

⁸ Valor obtenido a partir de la Tabla 3-40 de la guía "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023" (European Environment Agency, 2023), correspondiente "conventional stoves" o equipos de calefacción a leña convencionales, y la Tabla 9-4 del Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) 1990-2022 de Chile (Ministerio del Medio Ambiente, 2024).

	PPDA Concepción Metropolitano ⁹	hechizos y de cámara simple	
		Calefactor doble cámara	4,9
	PDA Los Ángeles ¹⁰	Salamandras y calefactores hechizos	No aplica
		Cámara simple	5,8
		Calefactor doble cámara	4,9

Fuente: EMEP/EEA (2023).

3.1.3. Nivel de Actividad

En base a la información levantada en el apartado 3.1.1, el Titular podrá seleccionar una de las siguientes alternativas para determinar el Nivel de Actividad:

3.1.3.1. Medición directa del consumo de leña

Esta alternativa consiste en obtener, mediante registros, el promedio anual de consumo de leña por calefactor de combustión.

Para ello el Titular podrá realizar encuestas. Estas podrán aplicarse a la totalidad de los beneficiarios del proyecto o a una muestra representativa (ver Anexo 1), de forma presencial y/o remota, toda vez que estén correctamente justificadas y documentadas.

Estas deberán incluir datos de beneficiario (nombre, Rut y contacto), ubicación (coordenadas UTM, ROL SII del inmueble y dirección), identificación del calefactor de combustión a leña por retirar (tipo, modelo, antigüedad¹¹ y código de identificación), registro fotográfico que acredite su instalación y operatividad en la vivienda del beneficiario, consumo promedio de leña por mes, fecha de toma de datos y cualquier otro antecedente que permita avalar la cuantificación de emisiones del escenario sin proyecto.

Finalmente, se deberán tomar en cuenta los siguientes preceptos:

⁹ Decreto N°6/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano.

¹⁰ Decreto N°4/2017 del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Plan de Descontaminación Atmosférica para la comuna de Los Ángeles

¹¹ Se podrá adjuntar antecedentes que respalden la fecha de compra del calefactor de combustión a leña.

- a. La recolección de datos debe programarse evitando festividades, feriados y otros eventos que puedan afectar los resultados. Además, debe planificarse considerando la variabilidad estacional, asegurando que los resultados sean confiables en relación con el uso de calefactores de combustión a leña durante distintas épocas del año.
- b. En caso de aplicarse a una muestra representativa¹²:
 - i. Si el proyecto se implementará en múltiples zonas geográficas y/o en poblaciones heterogéneas (que incluye subgrupos con características diferentes), se debe emplear un muestreo aleatorio estratificado. De lo contrario, si el proyecto se implementará en una región geográfica y/o en poblaciones homogéneas, se debe utilizar muestreo aleatorio simple.
 - ii. El tamaño de la muestra para la cuantificación de línea base debe determinarse considerando el número total de beneficiarios. Para esto, se deben considerar los siguientes factores clave:
 - 1. Los cálculos pueden realizarse manualmente o con software estadístico adecuado.
 - 2. El nivel de confianza y precisión debe ser de, por lo menos, el 95%.
 - 3. Se debe identificar el valor objetivo esperado del parámetro a medir.

Por último, el método de recolección de datos y el protocolo para la generación del conjunto final de datos y resultados deben documentarse en la descripción inicial del proyecto.

3.1.3.2. Valores por defecto para nivel de actividad

Esta alternativa consiste en obtener, mediante información disponible en inventarios, estudios, entre otros, el promedio anual de consumo de leña por calefactor de combustión.

Para ello, a partir del Reporte de Consumo de Leña del Instituto Forestal (2023)¹³, la presente metodología establece los siguiente Niveles de Actividad por comuna en la Región de Biobío:

¹² Ver Anexo 1.

¹³ El titular de un PRE deberá considerar la información provista por el Instituto Forestal correspondiente al año más cercano de la cuantificación de la línea de base.

Tabla 3. Niveles de actividad (kg leña consumidos) por comuna y tipo de vivienda

Comuna	Código INE Comuna	Nivel de actividad para viviendas urbanas (NAurbano)	Nivel de actividad para viviendas rurales (NArural)
		kg/vivienda-año	
Concepción	8101	2306,9	6023,9
Coronel	8102	2336,4	6023,9
Chiguayante	8103	1976,5	6023,9
Florida	8104	2531,1	6023,9
Hualqui	8105	2997,2	6023,9
Lota	8106	2106,3	6023,9
Penco	8107	2619,6	6023,9
San Pedro de la Paz	8108	2631,4	6023,9
Santa Juana	8109	2531,1	6023,9
Talcahuano	8110	2419	6023,9
Tomé	8111	3829,1	6023,9
Hualpén	8112	2684,5	6023,9
Lebu	8201	4543	6023,9
Arauco	8202	4543	6023,9
Cañete	8203	4543	6023,9
Contulmo	8204	5310	6023,9
Curanilahue	8205	4543	6023,9
Los Álamos	8206	4543	6023,9
Tirúa	8207	5310	6023,9
Los Ángeles	8301	3091,6	6023,9
Antuco	8302	3422	6023,9
Cabrero	8303	3835	6023,9
Laja	8304	3835	6023,9
Mulchén	8305	3835	6023,9
Nacimiento	8306	3835	6023,9
Negrete	8307	3422	6023,9
Quilaco	8308	3422	6023,9
Quilleco	8309	3422	6023,9
San Rosendo	8310	3422	6023,9
Santa Bárbara	8311	3422	6023,9
Tucapel	8312	3422	6023,9
Yumbel	8313	3422	6023,9
Alto Biobío	8314	3422	6023,9

Fuente: INFOR (2023) ¹⁴

Cabe destacar que el titular del proyecto deberá indicar si las viviendas de los beneficiarios se ubican en zona rural o zona urbana, respaldando dicha información con certificado del Servicio de Impuesto Internos. De lo contrario, se deberá considerar el nivel de actividad correspondiente a zona urbana.

3.1.4. Cálculo de las emisiones base

La cuantificación de las emisiones base se obtiene a partir de las variables identificadas en los apartados 3.1.2 y 3.1.3

En primer lugar, se estima la reducción unitaria de cada tipo de calefactor de combustión a leña que esté apto para el recambio por comuna y zona (urbana o rural) a través de la siguiente fórmula:

Ecuación 1. Cálculo de emisión unitaria de un calefactor de combustión a leña¹⁵

$$EUC_{i,y,z} = FE_i \times NA_{yz} \times 10^{-6}$$

Donde:

$EUC_{i,y,z}$ Emisión unitaria de un calefactor de combustión a leña de tipo "i" en la comuna "y" y en la zona "z" para el contaminante MP2,5, expresada en toneladas por año (t/año).

FE_i Factor de Emisión de un calefactor de combustión a leña de tipo "i" para el contaminante MP2,5, expresado en gramos por kilogramos de leña consumida (g contaminante/kg combustible)¹⁶.

NA_{yz} Nivel de Actividad de un calefactor de combustión a leña en la comuna "y" y en la zona "z", expresado en consumo anual de leña (kg/año)¹⁷.

i Tipo de calefactor de combustión a leña por recambiar.

y Comuna donde se ubican las emisiones.

z Zona donde se ubica la vivienda (urbana o rural).

¹⁴ Los valores obtenidos de la fuente, expresados como m³/vivienda-año, fueron transformados a unidades de kg/vivienda-año a partir de la densidad promedio de madera [0,59 t/m³] expresada en la Tabla 9-4 del Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) 1990-2022 de Chile (Ministerio del Medio Ambiente, 2024).

¹⁵ El termino 10⁻⁶ corresponde al cambio de unidad de gramos a toneladas.

¹⁶ Ver Tabla 2, **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

¹⁷ Ver Tabla 3 o a partir de las rutas mencionadas en la sección 3.1.3.

Luego, se deben agregar las emisiones, sumando el total de calefactores de combustión a leña de cada tipo y cantidad de tipos que sean reemplazados por comuna y zona:

Ecuación 2. Cálculo de emisiones de línea base por comuna

$$ETC_y = \sum_{z=1}^{Z_o} \sum_{i=1}^P EUC_{i,y,z} \times N_{i,y,z}$$

Donde:

- ETC_y Emisión total de los calefactores de combustión a leña por recambiar en el escenario base para la comuna "y" del contaminante MP2,5, expresada en toneladas por año (t/año).
- $EUC_{i,y,z}$ Emisión unitaria de un calefactor de combustión a leña de tipo "i" en la comuna "y" y en la zona "z" para el contaminante MP2,5, expresada en toneladas por año (t/año).
- i Tipo de calefactor de combustión a leña por recambiar.
- y Comuna donde se ubican las emisiones.
- z Zona donde se ubica la vivienda (urbana o rural).
- $N_{i,y,z}$ Número total de calefactores de combustión a leña de cada tipo "i" en cada comuna "y" y en cada zona "z" por recambiar.
- P Número total de tipos de calefactores de combustión a leña por recambiar (máximo 3).
- Zo Número total de zonas de calefactores de combustión a leña por recambiar (máximo 2).

3.1.5. Emisiones año calendario

Las reducciones de emisiones deben poder atribuirse a un año específico. Con el fin de estimar las reducciones correspondientes al primer año calendario de implementación, se utiliza la siguiente ecuación para estimar las emisiones mensuales:

Ecuación 3¹⁸. Cálculo de emisiones mensuales de línea base por comuna para el primer año de implementación

$$ETC_{y,m} = ETC_y \times FM_m$$

Donde:

¹⁸ Ecuación utilizada solo aplica al primer año calendario de implementación del proyecto.

$ETC_{y,m}$ Emisión total de los calefactores de combustión a leña por recambiar en el escenario base en la comuna "y" del contaminante MP2,5 en el mes "m", expresada en toneladas por mes (t/mes).

ETC_y Emisión total de los calefactores de combustión a leña por recambiar en el escenario base en la comuna "y" del contaminante MP2,5, expresada en toneladas por año (t/año).

FM_m Factor mensual adimensional que indica la proporción del total de emisiones anuales atribuida a cada mes "m".

y Comuna donde se ubican las emisiones.

m Mes considerando enero como 1 y diciembre como 12.

El factor mensual adimensional FM_m se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 4¹⁹. Factores mensuales utilizado para obtener las reducciones de emisiones mensuales

Mes	Factor mensual
ENE	0
FEB	0,0056
MAR	0,0243
ABR	0,1432
MAY	0,1729
JUN	0,1736
JUL	0,1736
AGO	0,1711
SEPT	0,1076
OCT	0,016
NOV	0,0065
DIC	0,0056

Fuente: SIMEF-INFOR (2023) ²⁰

¹⁹ Para meses anteriores a la implementación del proyecto se considera un factor mensual con valor de 0. Para fracciones de mes, el factor debe ser proporcional según la fecha realizado el recambio.

²⁰ Los valores obtenidos a partir del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) 1990-2022 de Chile (Ministerio del Medio Ambiente, 2024).

Para obtener las emisiones para la elaboración de la línea base por año calendario se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Cálculo de emisiones anuales de línea base por comuna

$$ETC_{y,a} = \begin{cases} \sum_{m=Mi}^{12} ETC_{y,m}, & a = 1 \\ ETC_y, & a > 1 \end{cases}$$

Donde:

$ETC_{y,a}$ Emisión total de los calefactores de combustión a leña por recambiar en el escenario base en la comuna "y" del contaminante MP2,5 en el año "a", expresada en toneladas por año (t/año).

$ETC_{y,m}$ Emisión total de calefactores de combustión a leña por recambiar en el escenario base en la comuna "y" del contaminante MP2,5 en el mes "m", expresada en toneladas por mes (t/mes).

ETC_y Emisión total de los calefactores de combustión a leña por recambiar en el escenario en para la comuna "y" del contaminante MP2,5, expresada en toneladas por año (t/año).

Mi Mes de implementación considerando enero como 1 y diciembre como 12.

y Comuna donde se ubican las emisiones.

m Mes considerando enero como 1 y diciembre como 12.

a Año calendario en el que se cuantifican las reducciones.

3.2. Cuantificación de emisiones del proyecto

Los PRE a los que aplica la presente metodología, consisten en el recambio de calefactores de combustión a leña por equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética en viviendas de la Región de Biobío, los cuales no generan emisiones de MP2,5 por lo que se le asigna valor 0 (t/año).

3.3. Cuantificación de la reducción de emisiones

El número total de calefactores de combustión a leña recambiado debe ser el mismo que se consideró para la estimación del escenario base, por lo que se debe considerar cantidad por tipo, comuna y zona, de acuerdo con la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Número total de calefactores de combustión a leña recambiados.

$$N_y = \sum_{i,z} N_{i,y,z}$$

N_y Número total de calefactores de combustión a leña recambiados en la comuna "y".

$N_{i,y,z}$ Número total de calefactores de combustión a leña de cada tipo "i" en cada comuna "y" y en cada zona "z" por recambiar.

i Tipo de calefactor de combustión a leña por recambiar.

y Comuna donde se ubican las emisiones.

z Zona donde se ubica la vivienda (urbana o rural).

El cálculo de la reducción de emisiones consiste en la resta entre las emisiones que se habrían generado sin el proyecto, descritas en el apartado 3.1, y las emisiones generadas con proyecto, disponibles en el apartado 3.2, como se aprecia en la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Cálculo de reducción emisiones del proyecto

$$RE_{y,a} = ETC_{y,a} - ETE_{y,a} \times N_y$$

Donde:

$RE_{y,a}$ Reducción de emisiones del contaminante MP2,5 en la comuna "y" durante al año "a", expresada en toneladas por año (t/año).

$ETC_{y,a}$ Emisión total de los calefactores de combustión a leña por recambiar en el escenario base en la comuna "y" del contaminante MP2,5 en el año "a", expresada en toneladas por año (t/año).

$ETE_{y,a}$ Emisión total de los equipos instalados en la comuna "y" del contaminante MP2,5 en el año "a", expresada en toneladas por año (t/año).

y Comuna donde se ubican las emisiones.

a Año calendario en el que se cuantifican las reducciones.

N_y Número total de calefactores de combustión a leña recambiados en la comuna "y".

4. Monitoreo

Para asegurar que la reducción de emisiones producto de la implementación del proyecto sea medible, verificable y permanente, es necesario realizar un correcto seguimiento de los datos,

acreditando su trazabilidad y concordancia con lo planteado en el procedimiento de cuantificación de emisiones propuesto en el apartado 3.

4.1. Datos y parámetros no monitoreados

Si bien, los siguientes parámetros no son monitoreables, ya que no varían en el tiempo, tanto el Titular como la Entidad Verificadora deberán acreditar que el proyecto se haya ejecutado de acuerdo con los datos utilizados para la cuantificación de emisiones del escenario base.

Al respecto, los parámetros no monitoreados se describen en las siguientes tablas:

Tabla 5. Comuna (y)

Dato/ Parámetro	Comuna, y
Unidad:	--
Descripción:	Comunas donde se implementaron los recambios de calefactores de combustión a leña.
Fuente de Información:	Ubicación (coordenadas UTM y dirección postal) de los beneficiarios del proyecto, presente en las fichas de registro de los beneficiarios.
Procedimientos de Medición (si aplica):	Registro de inspección en terreno, que incluya evidencia fotográfica georreferenciada y con fecha.
Procedimientos de verificación:	Actividad: Corroborar la ubicación de los beneficiarios del proyecto mediante visitas a terreno. Producto: Listado de calefactores de combustión a leña recambiados, que incluya ubicación, comuna y resultados de la inspección.
Obtención de dato:	Única vez al inicio del proyecto, una vez implementado el recambio de calefactores de combustión a leña.
Procedimientos de QA/QC:	--
Comentarios:	--

Tabla 6. Mes (Mi)

Dato/ Parámetro	Mes, Mi
Unidad:	--
Descripción:	Mes en el que se implementó el recambio de calefactores de combustión a leña.
Fuente de Información:	Fecha en la que se retiraron los calefactores de combustión a leña y que se implementaron los equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética, disponible en los certificados de los servicios de desinstalación e instalación respectivamente.
Procedimientos de Medición (si aplica):	--
Procedimientos de verificación:	Actividad: Revisar certificados de los servicios de desinstalación de calefactores de combustión a leña y de instalación de equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética. Producto: Listado de calefactores de combustión a leña recambiados, que incluya fecha, mes y número de los certificados.
Obtención de dato:	Única vez al inicio del proyecto, una vez implementado el recambio de calefactores de combustión a leña.
Procedimientos de QA/QC:	--
Comentarios:	--

Tabla 7. Nivel de Actividad, consumo de leña (NAy,z)

Dato/ Parámetro	Nivel de Actividad de los calefactores de combustión a leña recambiados por comuna y zona, N _{Ay,z} .
Unidad:	Kg leña/vivienda-año
Descripción:	Consumo promedio anual de los calefactores de combustión a leña recambiados por comunas y zonas donde se implementó el proyecto.

Fuente de información:	de	Valores por defecto del Instituto Forestal (ver apartado 3.1.3.2) o medición directa a partir de encuestas (ver apartado 3.1.3.1).
Procedimientos de Medición (si aplica):	de	--
Procedimientos de verificación	de	En el caso de haber realizado encuestas para cuantificar el escenario base: Actividad: contrastar encuestas realizadas en el marco de la presentación del proyecto y fichas de registro de los beneficiarios. Producto: Nivel de Actividad de los calefactores de combustión a leña recambiados.
Obtención de dato:		Única vez al inicio del proyecto, una vez implementado el recambio de calefactores de combustión a leña.
Procedimientos de QA/QC:	de	--
Comentarios:		En el caso de que se realicen encuestas, considerando el muestreo planteado en el apartado 3.1.3.1, deberá anexar la memoria de cálculo de la muestra al proyecto.

Tabla 8. Factor de Emisión (FEi)

Dato/ Parámetro		Factor de Emisión de calefactores de combustión a leña por tipo, FEi
Unidad:		g contaminante/kg combustible
Descripción:		Emisión de MP 2,5 por unidad de consumo (kg) por tipo de calefactor de combustión a leña.
Fuente de Información	de	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 ²¹
Procedimientos de Medición (si aplica):	de	--

²¹ Capítulo 1.A.4 Small Combustion.

Procedimientos de verificación	--
Obtención de dato:	--
Procedimientos de QA/QC:	--
Comentarios:	Valor considerado para "conventional stove"

4.2. Datos y parámetros monitoreados

Por otro lado, el parámetro monitoreado se describe en la siguiente tabla:

Tabla 9. Número de calefactores de combustión a leña reemplazados (Ni,y,z)

Dato/ Parámetro	Número de calefactores de combustión a leña reemplazados por tipo, comuna y zona, Ni,y,z
Unidad:	Número
Descripción:	Número total de calefactores de combustión a leña recambiados por tipo, comuna y zona, por equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética.
Fuente de Información:	Calefactores de combustión a leña retirados y chatarrizados, disponibles en las fichas de registro y en los certificados de desinstalación y chatarrización respectivamente. Equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética implementados, disponibles en los certificados del servicio de instalación, y operativos, disponibles en los registros de mantención y/o uso de garantías.
Procedimientos de Medición (si aplica):	Registro de inspección en terreno, que incluya evidencia fotográfica georreferenciada y con fecha de los equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética instalados, encuesta de verificación remota al beneficiario del proyecto u otro medio de verificación que permita acreditar que los equipos de calefacción eléctrica de alta

	eficiencia energética se encuentran instalados. Lo anterior, previa aprobación, toda vez que el titular de proyecto describa y justifique su elección.
Procedimientos de verificación:	Actividad: Corroborar retiro de calefactores de combustión a leña y la implementación de equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética. Producto: Listado de calefactores de combustión a leña recambiados, que incluya número de los certificados de desinstalación y chatarrización de calefactores de combustión a leña, número de los certificados de instalación de equipos eléctricos de alta eficiencia energética, registros de mantención y/o uso de garantías de equipos eléctricos de alta eficiencia energética y resultados de la inspección en terreno, encuesta de verificación remota u otro medio de verificación.
Frecuencia de monitoreo:	Con el objetivo de asegurar la permanencia de las reducciones originadas por el proyecto y poder certificarlas ante la autoridad ambiental, se recomienda monitorear el parámetro, a lo menos, de forma anual. Sin embargo, el titular del proyecto podrá proponer una frecuencia de monitoreo distinta, previa aprobación, toda vez que describa y justifique su elección. Finalmente, considerar que a lo menos un monitoreo se debe realizar previo a cada proceso de verificación de la reducción de emisiones.
Procedimientos de QA/QC:	--
Comentarios:	--

4.3. Descripción del plan de monitoreo

4.3.1. Registro de datos

A continuación, se describe la información mínima que debe registrarse para acreditar la implementación del proyecto y estimar la reducción de emisiones:

Tabla 10 Datos del beneficiario

ítem	Descripción y/o Formato
Nombre completo	Mayúscula y sin tildes.
Rut	Con punto separador de miles y guion.
Teléfono	11 dígitos incluyendo código de país y ciudad.
Correo electrónico	Mayúscula y sin tildes.
Coordenadas	Coordenadas en formato UTM WGS-84 Huso 19 Sur. Ingresar solo números sin puntos y máximo dos decimales separados por punto.
Dirección	ROL SII del inmueble, Calle, número en mayúscula y sin tildes.
Comuna	Nombre y código único territorial, mayúscula y sin tildes.
Provincia	Mayúscula y sin tildes.
Región	Mayúscula y sin tildes.
Zona	Indicar URBANO o RURAL

Tabla 11 Datos del calefactor de combustión a leña retirado

ítem	Descripción y/o Formato
Código de identificación	Código para identificar a cada calefactor de combustión a leña por retirar. Deberá seguir la lógica Año-Código Único Territorial Comunal-Número Correlativo. Año deberá considerar 4 dígitos, si es un número con menos de 4 dígitos se deberá rellenar con tantos ceros como sea necesario al inicio del número. Código Único Territorial Comunal deberá considerar 5 dígitos, si es un número con menos de 5 dígitos se deberá rellenar con

	tantos ceros como sea necesario al inicio del número. Número Correlativo deberá considerar 4 dígitos, si es un número con menos de 4 dígitos se deberá rellenar con tantos ceros como sea necesario al inicio del número. Además, deberá comenzar en 1 y continuar correlativamente hasta completar la cantidad de calefactores de combustión a leña.
Tipo	Indicar si corresponde a: CALEFACTOR HECHIZO SALAMANDRA CÁMARA SIMPLE CALEFACTOR DOBLE CÁMARA OTROS
Modelo	Según Ficha Técnica en mayúscula y sin tildes en caso de estar disponible.
Antigüedad	Fecha de la boleta o factura de compra del equipo o según Ficha Técnica (dd-mm-aaaa) en caso de estar disponible.
Nivel de Actividad	Consumo promedio de leña anual (kg/año).

Tabla 12 Datos del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética implementado

ítem	Descripción y/o Formato
Código de identificación	Número de serie.
Tipo	Según Ficha Técnica en mayúscula y sin tildes.
Modelo	Según Ficha Técnica en mayúscula y sin tildes.
Eficiencia energética	Según Ficha Técnica en mayúscula y sin tildes.

Tabla 13 Antecedentes del recambio del calefactor de combustión a leña por un equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética

ítem	Descripción y/o Formato
------	-------------------------

Retiro de calefactores de combustión a leña	Número del certificado de desinstalación, considerar números y/o letras en mayúscula y sin tildes.
	Fecha del certificado de desinstalación (dd-mm-aaaa).
Chatarrización de calefactores de combustión a leña	Número del certificado de chatarrización, considerar números y/o letras en mayúscula y sin tildes.
	Fecha del certificado de chatarrización (dd-mm-aaaa).
Instalación del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética	Número del certificado de instalación, considerar números y/o letras en mayúscula y sin tildes.
	Fecha del certificado de instalación (dd-mm-aaaa).

Tabla 14 Antecedentes de la permanencia del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética

ítem	Descripción y/o Formato
Mantenión y/o uso de garantías del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética	Número del registro si lo hubiese, considerar números y/o letras en mayúscula y sin tildes.
	Indicar si corresponden a una mantención y/o uso de garantías.
	Fecha del registro de mantención y/o uso de garantías (dd-mm-aaaa).
Inspección en terreno del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética	Coordenadas en formato UTM WGS-84 Huso 19 Sur. Ingresar solo números sin puntos y máximo dos decimales separados por punto.
	Fecha de la inspección en terreno (dd-mm-aaaa).
	Indicar permanencia del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética en la vivienda del beneficiario (SI/NO).
	Indicar si se instalaron nuevos calefactores de combustión a leña en la vivienda del beneficiario (SI/NO).

Encuesta de verificación remota del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética	Fecha de la encuesta de verificación remota (dd-mm-aaaa).
	Indicar permanencia del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética en la vivienda del beneficiario (SI/NO).
	Indicar si se instalaron nuevos calefactores de combustión a leña en la vivienda del beneficiario (SI/NO).
Otro medio de verificación del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética	Fecha de la verificación (dd-mm-aaaa).
	Indicar permanencia del equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética en la vivienda del beneficiario (SI/NO).
	Indicar si se instalaron nuevos calefactores de combustión a leña en la vivienda del beneficiario (SI/NO).

El registro debe realizarse mediante una base de datos en un archivo Excel y deberá complementarse con representaciones gráficas en un archivo KMZ y fotografías, entre otros antecedentes que considere adecuados el Titular del proyecto y se encuentren disponibles para su revisión por la entidad verificadora y la autoridad ambiental.

Al respecto, con el objetivo de respaldar la información recopilada, el Titular del proyecto deberá archivar los antecedentes descritos en las tablas anteriores en carpetas por año, indicando el siguiente contenido:

- a. Encuestas para medir el consumo promedio anual de leña por vivienda (si lo hubiese).
- b. Fichas de registro de los beneficiarios.
- c. Certificado de desinstalación de calefactores de combustión a leña.
- d. Certificado de chatarrización de calefactores de combustión a leña.
- e. Certificado de instalación de equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética.
- f. Registros de mantención y/o uso de garantías de equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética.

- g. Ficha de registro de inspección en terreno, encuesta de verificación remota u otro medio de verificación.

4.3.2. Prevención de prácticas de doble contabilización

El Titular del proyecto debe demostrar que se previene la doble contabilización de reducciones de emisiones por parte de cualquier actor que pueda intentar reclamarlas. La propiedad de las reducciones de emisiones generadas por la actividad del proyecto debe ser informada claramente mediante contratos o declaraciones juradas en los documentos de entrega de equipos a los beneficiarios, los cuales deben ser informados de que no pueden reclamar reducciones por el uso de los equipos distribuidos en el marco del proyecto.

4.3.3. Medidas de control

Dentro del proyecto, se deberán considerar las siguientes medidas de control con el objetivo de reducir la incertidumbre de las reducciones estimadas o errores en el cálculo y/o medición de contaminantes locales.

- a. El Titular del proyecto debe asegurar que no se instalen otros calefactores de combustión a leña en las viviendas de los beneficiarios que puedan alterar la estimación original de reducciones. Esto puede ser planteado dentro de los contratos o declaraciones juradas que suscriban los beneficiarios al momento que les sean entregados los equipos bajo el PRE.
- b. Se deberá contar con una capacitación explícita en medidas de uso adecuado de los equipos y eficiencia energética para reducir las emisiones indirectas de contaminantes globales por mala operación y/o falta de mantenimiento.
- c. Para evitar fugas de emisiones, se debe asegurar la correcta valorización, tratamiento y/o disposición de los equipos reemplazados de forma que no sean reubicados o contabilizados por otros proyectos en el marco de esta metodología.

4.4. Trazabilidad de los datos

Tabla 15. Acreditación del plan de monitoreo para la tipología

Ítem	Forma de acreditación
Acreditación de supuestos del estado inicial o	El Titular del proyecto deberá:

<i>línea base de fuentes afectas</i>	a. Registrar los beneficiarios de la medida, incluyendo los contenidos de la Tabla 10 y la Tabla 11. b. Obtener una declaración jurada de los beneficiarios del cumplimiento de las condiciones asociadas a la medida, descritas en el apartado 4.3.3.
<i>Acreditación de la ejecución del PRE</i>	El Titular del proyecto deberá: a. Obtener el certificado de desinstalación del calefactor de combustión a leña, incluyendo los contenidos de la Tabla 11. b. Obtener el certificado de chatarrización del calefactor de combustión a leña. c. Obtener el certificado de instalación del equipo eléctrico de alta eficiencia energética, incluyendo los contenidos de la Tabla 12. d. Capacitar a los beneficiarios de la medida para el correcto funcionamiento y mantención de los equipos de calefacción eléctricos. Cabe destacar que, si la empresa que desinstala el calefactor de combustión a leña e instala el equipo de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética es la misma, podrá emitir solo un certificado, indicando que realizó ambas tareas y la fecha de cada una. Por otro lado, en caso de que sea el Titular del proyecto quien ejecute dichos servicios, deberá obtener una declaración jurada de los beneficiarios de la recepción conforme. Adicionalmente, para poder identificar y diferenciar cada recambio, el Titular deberá exigir y/o incorporar, según sea el caso, los contenidos de la Tabla 10.

Monitoreo del PRE	Anualmente el Titular del proyecto deberá elaborar un informe de monitoreo considerando a lo menos: a. Base de Datos del PRE, que al menos incluya los antecedentes listados en el apartado 4.3.1. b. Registro de inspecciones en terreno, encuestas remotas u otro medio de verificación que permita acreditar que los equipos de calefacción eléctrica de alta eficiencia energética se encuentran instalados. c. Registro de mantención y/o uso de garantías del equipo. Cabe destacar que el primer informe de monitoreo, adicionalmente, debe adjuntar los antecedentes listados en los ítems anteriores.
Verificación del PRE	Para el proceso de verificación de Reducción de Emisiones, el informe de monitoreo deberá ser validado por una entidad verificadora autorizada por la autoridad ambiental responsable del SCE y reportado dentro del informe de verificación correspondiente. Al respecto, en el marco de la presente metodología, la entidad verificadora deberá realizar dicho proceso mediante inspecciones en terreno.

5. Referencias bibliográficas

Decreto 1 de 2013 [Ministerio del Medio Ambiente]. Aprueba Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC. 02 de enero de 2013.

Decreto 39 de 2011 [Ministerio de Energía]. Establece Norma de Emisión de Material Particulado, para los Artefactos que Combustionen o Puedan Combustionar Leña y Pellet de Madera. 11 de noviembre de 2011.

Decreto 4 de 2023 [Ministerio del Medio Ambiente]. Aprueba reglamento de proyectos de reducción de emisiones de contaminantes para compensar emisiones gravadas conforme a lo dispuesto en el artículo 8° de la Ley N° 20.780. 25 de enero de 2023.

Decreto 46 de 2013 [Ministerio de Energía]. Revisa Norma de Emisión de Material Particulado, para los Artefactos que Combustionen o Puedan Combustionar Leña y Derivados de la Madera, Contenida en el Decreto 39, de 2011. 04 de diciembre de 2013.

Decreto N°4 de 2017 [Ministerio del Medio Ambiente]. Establece Plan de Descontaminación Atmosférica para la comuna De Los Ángeles. 22 de febrero de 2017.

Decreto N°6 de 2018 [Ministerio del Medio Ambiente]. Establece Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano. 25 de enero de 2018.

Del Favero-Meneses Consultores Ambientales (2019). Guía de alternativas de compensación para fuentes de combustión, Editorial Ministerio del Medio Ambiente <https://airerm.mma.gob.cl/guias-y-orientaciones/>

European Environment Agency (2023). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook: Chapter 1.A.4 Small Combustion, Editorial EEA, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>

Instituto Forestal (2023). Reporte de Consumo de Leña. Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos de Chile. Recuperado el 07 de mayo de 2025 de https://simef.infor.cl/reporte_lenia/

Ley 20.586 de 2012. Regula Certificación de Artefactos para Combustión de Leña y Otros Dendroenergéticos. 16 de mayo de 2012. D.O. No. 40263.

Ministerio del Medio Ambiente (2024). Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile 1990-2020. <https://snichile.mma.gob.cl/documentos/>

Resolución Exenta 0955 de 2023 [Ministerio del Medio Ambiente]. Aprueba bases de postulación y anexos al "Programa de Recambio de Calefactores a Leña, por sistemas de calefacción más eficientes y menos contaminantes en viviendas de las comunas de Concepción Metropolitano: Lota, Coronel, Talcahuano, Concepción, San Pedro de la Paz, Hualpén, Chiguayante, Hualqui, Penco y Tomé - líneas pellet alta potencia, pellet media potencia y aire acondicionado invertir, año 2023". 11 de septiembre de 2023.

Resolución Exenta 1024 de 2023 [Ministerio del Medio Ambiente]. Aprueba bases de postulación y anexos al "Programa de Recambio de Calefactores a Leña, por sistemas de calefacción más eficientes y menos contaminantes en viviendas de la comuna de Los Ángeles - línea kerosene, año 2022". 27 de septiembre de 2023.

Resolución Exenta 4 de 2019 [Ministerio de Energía]. Fija Estándar Mínimo de Eficiencia Energética para Equipos de Aire Acondicionado que Indica. 8 de febrero de 2018.

SICAM (2015). "Actualización Inventario de Emisiones Atmosféricas y Modelación de Contaminantes de Concepción Metropolitano, año base 2013". Elaborado para la SEREMI del Medio Ambiente de la Región de Biobío. https://www.cpcbiobio.cl/wp-content/uploads/2016/07/CAPITULO-I_Fuentes-area_Lena.pdf

Vivanco Arancibia, M. (2005). Muestreo estadístico: diseño y aplicaciones. (S. d. Universitaria, Ed.) Obtenido de https://bibliotecadigital.uchile.cl/discovery/fulldisplay/alma991004614739703936/56UDC_INST:56UDC_INST

Anexo 1. Consideraciones para el muestreo de línea base

Un muestreo estadístico adecuado para la determinación del nivel de actividad dentro de la presente metodología deberá realizarse a partir de los siguientes pasos.

A. Determinación del tamaño de muestra y tipo de muestreo

Para esta tipología, se consideran dos tipos de muestreo que dependerán de las características de la población beneficiaria y el tipo de reemplazo que se realice, de tal forma que:

- Si la población beneficiaria se encuentra dividida entre varias comunas deberá aplicarse un Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE).
- En cambio, si se realiza reemplazo para viviendas dentro de una misma comuna, se aplicará un Muestreo Aleatorio Simple (MAS).

La principal diferencia entre ambos tipos de muestreo es que el MAE considera dividir la muestra estadística de forma proporcional al número de equipos por estrato o grupo homogéneo, en este caso, aquellos equipos que se encuentran dentro de una misma comuna y que pasen por un solo tipo de reemplazo, mientras que el MAS considera una muestra homogénea sin estratificación o diferencias en sus características de reemplazo y/o ubicación.

El tamaño de muestra total para ambos casos deberá considerar los siguientes parámetros estadísticos.

Tabla 16. Parámetros estadísticos para el muestreo de línea base

Símbolo	Nombre del parámetro estadístico	Descripción
N	Tamaño de la población	Número total de elementos en la población objetivo (en este caso, finita).
n	Tamaño de la muestra	Número de elementos que se deben seleccionar de la población para garantizar representatividad estadística bajo un nivel de confianza $(1-\alpha)$
n₀	Tamaño de muestra preliminar	Tamaño calculado bajo el supuesto de una población infinita; se ajusta luego a población finita a partir del tamaño total (N).

z	Valor crítico z	Valor de la distribución normal estándar que corresponde al nivel de confianza deseado y corresponde a una distribución normal estándar. Utilizamos un valor 1,96 para un nivel de confianza de 95%.
α	Nivel de significación	Es la probabilidad de cometer un error por sacar una conclusión incorrecta al azar.
1-α	Nivel de confianza o significancia	Es la probabilidad de que un intervalo de confianza contenga el verdadero valor del parámetro poblacional. En otras palabras, indica cuánta certeza tenemos de que nuestra muestra representa correctamente a la población. Utilizamos un valor de 95% o 0,95.
E	Error máximo de estimación o margen de error	Máxima diferencia aceptable entre el parámetro poblacional y el estimador muestral. Usualmente expresado en forma decimal. Utilizamos un valor de 0,05 para asegurar que la cuantificación sea realista y conservadora.
p	Proporción esperada	Estimación de la proporción de la característica de interés en la población. Si se desconoce, se usa 0,5 como valor conservador.
q	Complemento de la proporción	Representa la proporción de unidades que no poseen la característica de interés, es el complemento de "p" para llegar a la unidad. Para el caso donde p sea igual a 0,5, q sería igual a 1-p o, numéricamente, 0,5.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Vivanco Arancibia, 2005)

Así, empleamos la siguiente serie de ecuaciones para determinar el tamaño muestral total.

Ecuación 7. Tamaño de muestra preliminar (n_0)

$$n_0 = \frac{Z^2 \times p \times q}{E^2}$$

La Ecuación 7 permite determinar el tamaño de muestra preliminar que se ajustará a una población finita de tamaño N.

Ecuación 8. Tamaño de muestra representativa (n)

$$n = \frac{n_0 \times N}{n_0 + N - 1}$$

De esta forma, obtenemos el parámetro "n" que será utilizado tanto para el MAS como para el MAE.

B. Tamaño de muestra por estrato en MAE

Cuando se deba realizar un MAE, se deberán establecer tamaños de muestra acordes a cada estrato, de forma que se logre una muestra total representativa que permita obtener un valor conservador y realista.

- a. Lo primero que se debe hacer es identificar los estratos que conforman a la población total, de forma que se asegure que estos sean homogéneos internamente y heterogéneos entre sí en base a las características del reemplazo y donde se ubican, de tal forma que la suma de poblaciones por estrato (N_h) sea equivalente a N.
- b. Se calcula el tamaño de muestra en base a las ecuaciones dentro de la sección A, considerando el tamaño total N.
- c. Se procede a asignar la muestra proporcionalmente en base a cada N_h , obteniendo muestras por estrato (n_h).

Ecuación 9. Tamaño de muestra por estrato (n_h)

$$n_h = n \times \frac{N_h}{N}$$

Así, se procede a aplicar un muestreo aleatorio simple para cada estrato a partir de su tamaño de muestra específico, n_h .

Se deberá registrar y documentar al final del proceso lo relacionado al método utilizado, tipo de muestreo, fecha de la selección, software o herramienta digital utilizada y el listado de números de identificación obtenidos por muestra o muestras (dependiendo del tipo, MAS o MAE). Asimismo, se deberán documentar los parámetros estadísticos utilizados y si estos fueron por defecto.