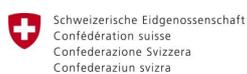


GUÍA METODOLÓGICA



GUÍA METODOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL INVENTARIO DE MAQUINARIA MÓVIL NO DE CARRETERA *(Estimación de la población de maquinaria)*



Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE



CALAC+ es un programa de COSUDE ejecutado por Swisscontact

Guía metodológica para la construcción del inventario de maquinaria móvil no de carretera (Estimación de la población de maquinaria)

Documento elaborado en el marco del Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina - CALAC+ (Fase 1) financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE y ejecutado por la Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico - Swisscontact

La presente guía metodológica es de carácter informativo y no necesariamente refleja los puntos de vista u opiniones de las organizaciones y gobiernos participantes.

Las denominaciones utilizadas y la presentación del material de esta publicación no implican en lo absoluto la expresión de ninguna opinión sobre el estatus legal de un país, territorio, ciudad o área, sobre sus autoridades.

Lo contenido en este documento debe ser estudiado con cuidado, por las entidades o gobiernos interesados, considerando las condiciones locales propias (ej. riesgos para salud, viabilidad tecnológica, aspectos económicos, factores políticos y sociales, nivel de desarrollo, la capacidad nacional o local, entre otros) antes de adoptar total o parcialmente contenidos de esta guía directamente en instrumentos con validez jurídica.

Elaborado por:

Mijahil Aliosha Reinoso Duran
Experto en Maquinaria Non-Road

Revisado por:

Adrián Montalvo
Director Programa CALAC+

Helberth Santiago Morales Pinilla
Coordinador Non-Road CALAC+

Guissele Nancy Castillo Coila
Coordinadora CALAC+ para Perú

Fotografía de Portada:

TECSUP sede Lima, Perú; AVESCO Langenthal Suiza (abajo); Minicargador en vía pública en Lima, Perú (arriba).

Edición: febrero 2020

LOS TEXTOS PUEDEN SER MENCIONADOS TOTAL O PARCIALMENTE CITANDO LA FUENTE

El Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+) persigue una visión de ciudades más sanas que reducen sus emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero (GEI), mediante el fomento de un cambio hacia autobuses urbanos y maquinaria móvil no de carretera libres de hollín y bajos en emisiones de carbono.

Esta guía forma parte de una serie de 7 documentos técnicos desarrollados por CALAC+ para fomentar el conocimiento y la gestión ambiental de reducción de emisiones de maquinaria en el contexto latinoamericano. Los temas tratados incluyen la generación de inventarios, estimación de contaminantes, sistemas de control de emisiones, políticas de estándares normativos y fiscalización de las medidas adoptadas.

La Guía metodológica para la construcción del inventario de maquinaria móvil no de carretera aporta una visión estandarizada para el uso de los tomadores de decisiones, que incentiven la creación y actualización periódica de inventarios para la adopción de medidas que reduzcan los impactos ambientales y en la salud.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	5
2. DEPURACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE ADUANAS	7
3. ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA POR ANTIGUEDAD	20
4. NIVEL TECNOLÓGICO O NORMATIVO DE LA FLOTA	24
5. ASIGNACIÓN GEOGRÁFICA.....	25
6. BIBLIOGRAFÍA	29

1. INTRODUCCIÓN

La metodología que se detalla a continuación es para la elaboración de un inventario de Maquinaria Móvil No de carretera (MMNC), en los países del Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+)¹. En tal sentido, recoge las experiencias y particularidades regionales en la elaboración de dichos inventarios, siendo la experiencia chilena, en la estimación de su inventario para el año 2013², una fuente relevante de información.

Un aspecto fundamental en el desarrollo del inventario es la información disponible para la caracterización de la flota. En este caso se considera como tal la base de datos de Aduanas con las importaciones de maquinaria. Esto es útil en los países que no son fabricantes de este tipo de maquinaria, pues son las importaciones el principal registro de comercialización. Otros casos deberán integrar las estadísticas de fabricación nacional.

Las bases de Aduanas incluyen información con respecto a la fecha de importación, país de origen, información de la empresa importadora, cantidad de maquinarias, además de una glosa descriptiva de la mercadería, la que permite obtener información adicional, tal como tipo de maquinaria (excavadora, cargador frontal, motoniveladora, etc), potencia (en kW, HP o CV), combustible (Diésel, gasolina o gas) y rubro (agrícola, construcción, forestal, industrial o minería). Toda la información anterior resulta necesaria para la correcta clasificación de la flota y posterior cálculo de emisiones.

Se ha incluido en la presente metodología la maquinaria con motores Diésel de potencias entre 19 y 560 [kW]³, al igual que en la legislación europea desde el estándar Stage II y hasta Stage IV. En esto se ha tenido en cuenta que la OMS ha declarado a las emisiones Diésel como cancerígenas en el grupo de mayor riesgo (Grupo 1)⁴, como también el segundo mayor contaminante de efecto invernadero⁵, después del dióxido de carbono.

En cuanto a los motores a gasolina, a pesar de que en general representan un gran número, cuentan con una menor participación en las emisiones considerando su nivel de actividad⁶ y el menor tamaño de los motores⁷. No obstante, las prioridades indicadas, es recomendable el perfeccionamiento permanente de estos inventarios hacia todos los rangos de potencia y combustibles.

¹ Actualmente participan en esta iniciativa las ciudades de Bogotá, Ciudad de México, Lima y Santiago de Chile.

² [GEASUR 2013]

³ Este rango de potencias corresponde al regulado por la legislación europea desde Stage II hasta Stage IV, para motores Diésel. Considera como potencia de referencia la potencia neta máxima (ver definición en Reglamento UE 2016/1628).

⁴ International Agency for Research on Cancer, WHO Press Release N° 213 – 2012.

⁵ IPCC AR5 WG1, Chapter 8, 2013

⁶ A manera de ejemplo, los resultados del inventario suizo señalan una participación en el consumo energético, en [PJ], de los motores no de carretera de un 88% para el Diesel y de un 12% para gasolina. No obstante, los motores a gasolina no de carretera son cuatro veces en cantidad que los motores diésel en dicho inventario.

⁷ La legislación de la Unión Europea las considera por debajo de 19 [kW] hasta Stage IV.

La metodología que se presenta a continuación permite la estimación de la flota o inventario de la maquinaria como una metodología base aplicable en los países de CALAC+, dado que cuentan con similares características de información disponible y de comportamiento del mercado de MMNC.

Tabla 1: Ejemplos de partidas de Aduanas de Chile para MMNC.

CAPITULO 87	
Partida	Descripción
87013000	Tractores de orugas
87019011	Tractores de ruedas. Agrícolas
87019012	Tractores de ruedas. Forestales
87019019	Tractores de ruedas. Los demás
87019090	Los demás tractores
87041010	Vehículos automóviles para transporte de mercancías. Volquetes automotores concebidos para utilizarlos fuera de la red de carreteras-Con capacidad de carga útil inferior o igual a 30 t
87041090	Vehículos automóviles para transporte de mercancías. Volquetes automotores concebidos para utilizarlos fuera de la red de carreteras-los demás
87042140	Los demás, con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (Diesel o semi-Diesel)- De peso total con carga máxima inferior o igual a 5 t. Vehículos para el transporte fuera de carretera
87042240	Los demás, con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (Diesel o semi-Diesel)- De peso total con carga máxima superior a 5 t pero inferior o igual a 20 t. Vehículos para el transporte fuera de carretera
87042321	Los demás, con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (Diesel o semi-Diesel)- De peso total con carga máxima superior a 20 t. Vehículos para el transporte fuera de carretera: Camiones para minería
87042329	Los demás, con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (Diesel o semi-Diesel)- De peso total con carga máxima superior a 20 t. Vehículos para el transporte fuera de carretera: los demás camiones
87043140	Los demás, con motor de émbolo (pistón), de encendido por chispa- De peso total con carga máxima inferior o igual a 5 t. Vehículos para el transporte fuera de carretera
87049040	Los demás: Con motor de émbolo (pistón), de encendido por chispa. Vehículos para el transporte fuera de carretera
87091900	Carretillas automóviles sin dispositivo de elevación de los tipos utilizados en fábricas, almacenes, puertos o aeropuertos, para transporte de mercancías a corta distancia. Las demás

Fuente: Elaboración propia.

2. DEPURACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE ADUANAS

Con el propósito de utilizar el inventario de la flota de MMNC en el cálculo de las emisiones, la información de mayor relevancia es: el tipo de maquinaria, la potencia del motor, el tipo de combustible, el rubro al cual se dedica, la edad y el estándar de emisiones que cumplen. En este capítulo se describen los supuestos y criterios que se deben utilizar para la caracterización de la flota, a partir de la información de Aduanas.

Tipología

La caracterización del **tipo de maquinaria móvil no de carretera (MMNC)**, se realiza conforme a las definiciones de referencia contenidas en las metodologías de inventario de emisiones de la Unión Europea, denominado EMEP/EEA Air Pollutant Inventory Guidebook 2013 [CORINAIR 2013], específicamente el punto 2.2 del capítulo 1.A.4. “Non-road mobile sources and machinery”, y en el Appendix B del documento “User’s Guide for the Final NONROAD2005 Model” [EPA 2005]⁸ de la Agencia Ambiental de Estados Unidos (EPA).

No obstante, la MMNC puede tener diferentes denominaciones dependiendo del país en que se use y el argot propio de los gremios locales de construcción, por lo tanto, a partir de los tipos de maquinaria definidos en dichas metodologías y mediante un minucioso trabajo de depuración de las descripciones de las mercaderías importadas que figuran en las bases de datos de aduanas, es recomendable armonizar la terminología a los tipos de referencia.

⁸ El documento de referencia “User’s Guide for the Final NONROAD2005 Model” no ha sufrido a la fecha modificaciones respecto de los tipos de maquinaria definidos y se entiende contenido hasta la versión Move2014b del modelo de emisiones de la EPA.

EJEMPLO 1

A manera de ejemplo se presenta en la Tabla 2 la armonización de términos utilizado en Chile, donde la columna “Homologación Aduana” contiene los nombres encontrados en la descripción de Aduanas y que fueron sustituidos por la tipología convenida. Se presenta también una imagen ilustrativa de referencia, para identificar la maquinaria.

Tabla 2: Tipologías y definiciones maquinaria no de carretera

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Asfaltadora	Maquinaria autopropulsada usada para pavimentar.	Pavimentadora, Terminadora, Maquina asfaltadora.	
Barredora	Vehículos de barrido autopropulsado.	Barredora	
Bulldozer	Es un tipo de niveladora que empuja y excava la tierra (No es posible cargar materiales sobre camiones tolva). Es utilizada principalmente en construcción y minería.	Topadora frontal, bulldozer	
Camión fuera de carretera	Grandes camiones de volteo, para su uso fuera de carretera.	Camión volquete, Camión volteador, camión tolva y Dumper con potencias superiores a 50 kW	
Cargador de troncos	Equipos de uso forestal, normalmente parecen ser excavadoras o cargadores con pinzas de agarre que suelen cargar troncos enteros, para el transporte.	Cargador de troncos, arrastrador de troncos	

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Cargador frontal	Carga frontal con una cuchara de montaje frontal para sacar con pala, aunque puede utilizar otros accesorios en lugar de un cubo.	Cargador, cargador frontal	
Cosechadora	Equipo para la siega destinados a cosechar y enfardar	Cosechadora, maquina cosechadora, trilladora	
Dumper	Pequeños cargadores o camiones, para espacios confinados y de carga ligera. Se utilizan normalmente para proyectos de construcción pequeños.	Dumper con potencias menores a 50 kW.	
Excavadora	Excavadoras de ruedas o de orugas, diseñadas principalmente para excavar con una cuchara o cubo.	Excavadora	
Grúa horquilla	Grúas horquillas utilizadas en almacenes, bodegas, industrias y otros fines generales. Para levantar materiales.	Montacargas, grúa horquilla pertenecientes al rubro industrial	
Grúa horquilla todo terreno	Se pueden confundir con los montacargas típicos, pero poseen ruedas más robustas para trabajo todoterreno. Utilizadas en construcción, minería, forestal y agricultura.	Grúas Horquillas, montacargas pertenecientes al construcción, minería, forestal y agricultura	

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Grúa telescópica	Grúas autopropulsadas que usan cables de elevación. No confundir con equipamientos montados en camiones u otros equipos de uso en carretera.	Grúa telescópica, grúas.	
Minicargador	Es un cargador frontal más pequeño que utiliza un cubo como accesorio principal. Puede utilizar otros equipamientos como un perforador.	Minicargador	
Miniexcavadora	Generalmente montada sobre cadenas es una máquina autopropulsada diseñada principalmente para excavar con una cuchara.	Miniexcavadora	
Motoniveladora	Utilizadas para preparar un sitio, sobre todo un camino para la pavimentación.	Motoniveladora	
Manipulador	Maquinaria autopropulsada para la manipulación de objetos en altura.	Manipulador telescópico, manipulador	

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Otros equipos agrícolas	Otros tipos diferentes de equipos especiales de cultivo y uso agrícola no especificados anteriormente (Vendimiadora, recolectores, sembradora).	Recolector agrícola, sembradora, sacudidor, maquina vendimiadora	
Otros equipos de construcción	Clasifica a los equipos no categorizado anteriormente utilizados en el rubro de la construcción.	Tiendetubo	
Otros equipos en minas subterráneas	Clasifica a los equipos no categorizado anteriormente utilizados para realizar túneles especialmente diseñado trabajar en espacios confinados (Maquina para hacer túneles)	Maquina tunelera, máquina para hacer túneles	
Perforador	Equipos de perforación autopropulsados utilizados para el movimiento de tierra.	Perforadora, perforador	
Plataforma telescópica	Plataformas telescópicas (articulado, tijeras, y otros), equipo de ascensores para el personal también llamado levanta hombre.	Plataforma de Elevación, Plataforma Tijeras, plataforma telescópica	
Quitanieve	Maquinaria autopropulsada para remover nieve. No confundir con accesorios utilizados en otros vehículos de carretera.	Quitanieve	

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Retroexcavadora	Maquinaria multipropósito que posee una pala cargadora y una cuba. Que cumple la función de una excavadora y un cargador frontal.	Retroexcavadora	
Rodillo	Rodillos autopropulsados, utilizado para aplanar o compactar el suelo (no debe confundirse con compactadores de placas más pequeñas).	Rodillo compactador, rodillo aplanador	
Tractor	Tractores grandes y pequeños, utilizados para remolcar, arrastrar o empujar. De uso en construcción y minería.	Tractores pertenecientes al rubro construcción y minería.	
Tractor Agrícola	Tractores grandes y pequeños, utilizados para remolcar, arrastrar o empujar. De uso agrícola.	Tractor perteneciente al rubro agrícola.	
Zanjadora	Zanjadoras grandes y pequeñas normalmente utilizando un frente de rotación giratorio, para tirar el material de zanja y distribuirlo a un lado.	Zanjadora	

Fuente: [Geasur 2014]

A partir de la misma fuente de información ya citada ([CORINAIR 2013] y [EPA2005]), se obtiene también una clasificación de las maquinarias móviles no de carretera de acuerdo con el rubro donde se utilizan, la que se presenta a continuación:

Tabla 3: Tipología maquinaria no de carretera (MMNR) por rubro

Rubros	MMNC	Rubros	MMNC
Agrícola	Cosechadora	Construcción	Asfaltadora
	Deshojadora		Bulldozer
	Desmalezador		Cargador Frontal
	Maquina Vendimiadora		Dumper
	Plataforma Telescópica		Excavadora
	Recolector Agrícola		Grúa Horquilla
	Sacudidor		Grúa Telescópica
	Sembradora		Manipulador
	Tractor		Maquina Para Hacer Túneles
	Trilladora		Minicargador
	Zanjadora		Miniexcavadora
Forestal	Arrastrador De Tronco	Motoniveladora	
	Cargador De Troncos	Perforador	
	Grúa Telescópica	Plataforma Telescópica	
	Rodillo	Retroexcavadora	
	Tractor	Rodillo	
Minería	Minicargador	Tiendetubo	
	Bulldozer	Zanjadora	
	Camión Tolva	Industria	Grúa Horquilla
	Cargador Frontal		Cargador Frontal
	Dumper		Grúa Telescópica
	Excavadora		Manipulador
	Grúa Horquilla		Plataforma Telescópica
	Maquina Para Hacer Túneles		Rodillo
	Motoniveladora		
	Perforador		
	Retroexcavadora		
	Rodillo		

Fuente: [CORINAIR 2013] y [EPA2005]

Potencia

Para el caso de la potencia de referencia del motor, se puede considerar la glosa informativa contenida en las bases de importaciones, la que puede aparecer en unidades de [CV], [HP] o [kW]. También se puede utilizar la información de potencia obtenida por marca/modelo del motor de las maquinarias a través de catálogos disponibles en Internet (Ejemplo: <http://www.ritchiespecs.com>). En general, con esta metodología es posible caracterizar la mayoría de la flota (64% para el caso del inventario en Chile).

La potencia faltante se puede asignar a partir de la información existente. Para ello se debe agrupar la flota de la maquinaria con información de potencia, por rubro y tipo de maquinaria, o al menos por tipo de maquinaria (en ausencia de rubro). Luego obtener la participación y el valor promedio de potencia por rango de potencia (rangos definidos en [EPA 2008]). Finalmente, distribuir la flota por tipo y rubro en los rangos de potencia definidos, asignando el valor de potencia promedio correspondiente. Esta extrapolación de los valores de potencia a la flota sin información es aplicable sólo en el caso que no exista otra fuente de información disponible (industria, gremios, encuestas, etc), para completar la información faltante.

EJEMPLO 2

A continuación, se presenta un ejemplo de extrapolación de valores de potencia a la flota sin información:

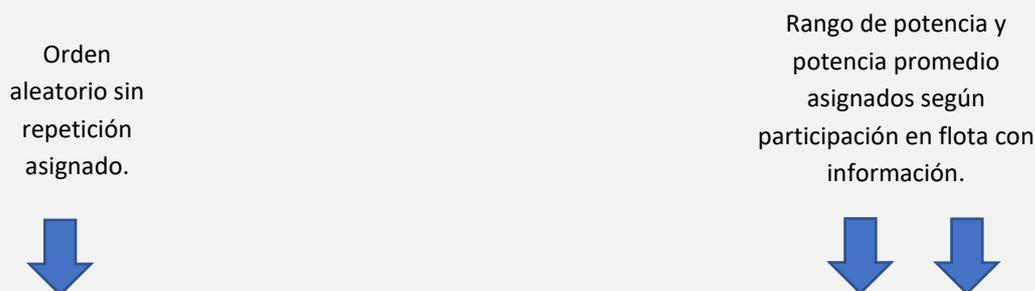
Paso 1: Estimación de la participación por rango de potencia en la flota con información, clasificada por tipo de maquinaria y rubro. Para este caso Minicargadores en el rubro construcción.

**Tabla 4: Participación por rangos de potencia
Minicargadores del rubro construcción**

Rangos de Potencia	Participación flota	Potencia Promedio [Kw]
19 - 37	11.77%	33
37 - 56	64.12%	45
56 - 75	24.11%	60
Total general	100.00%	

Fuente: [Geasur 2014]

Paso 2: Asignar aleatoriamente la flota sin información a los rangos de potencia, respetando los porcentajes de participación de la flota con información. Una forma, entre muchas posibles, para asignar aleatoriamente los rangos de potencia, es generar un orden aleatorio sin repetición, para la flota sin información. Luego se ordena la lista conforme dicho índice aleatorio y se asigna ordenadamente cada rango de potencia hasta completar la participación asignada.

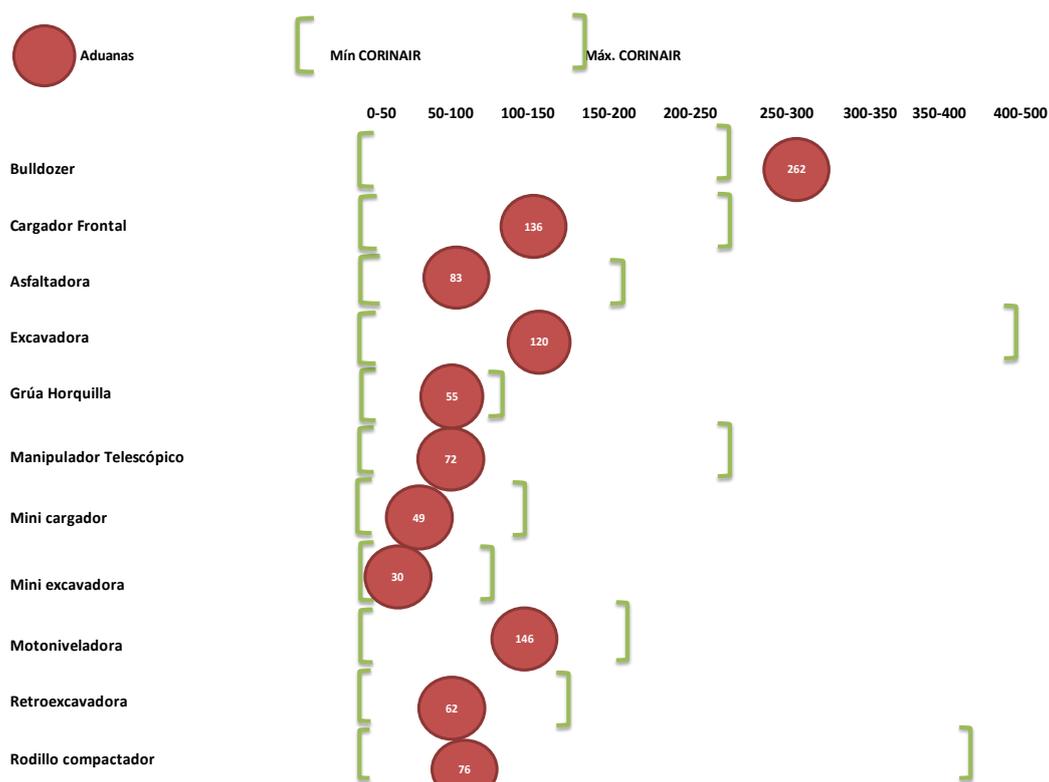


ORDEN ALEATORIO	FECHA	AÑO	ORIGEN	Q MERCANCIA	TIPO MAQUINARIA	RUBRO	RANGO POTENCIA Kw	POTENCIA PROMEDIO Kw
1	05-jun-08	2008	U.S.A.	1	Minicargador	Construcción	19 - 37	33
2	17-sept-08	2008	JAPON	1	Minicargador	Construcción	37 - 56	45
3	17-oct-08	2008	U.S.A.	1	Minicargador	Construcción	37 - 56	45
4	26-sept-02	2002	CHINA	1	Minicargador	Construcción	37 - 56	45
5	12-jun-08	2008	CHINA	1	Minicargador	Construcción	37 - 56	45
6	18-may-12	2012	REPUBLICA CHECA	1	Minicargador	Construcción	37 - 56	45
7	08-sept-10	2010	U.S.A.	1	Minicargador	Construcción	37 - 56	45
8	02-sept-11	2011	U.S.A.	1	Minicargador	Construcción	37 - 56	45
9	12-oct-07	2007	JAPON	1	Minicargador	Construcción	56 - 75	60
10	04-may-12	2012	U.S.A.	1	Minicargador	Construcción	56 - 75	60

Fuente: [Geasur 2014]

Con esto se obtiene el 100% de las potencias. En la Figura 1, se presentan las potencias promedio obtenidas por rubro y tipología en el caso del inventario en Chile. En este caso las potencias promedio obtenidas en la depuración se compararon con el rango establecido en [CORINAIR 2013] por tipo de maquinaria, demostrándose que la información se mantiene en torno a estos valores, excepto para los Bulldozer en donde los valores de Aduanas son mayores al máximo en un 4.8%. Todos los otros valores están dentro del rango internacional como se demuestra en la figura que sigue.

Figura 1: Comparación [Corinair 2013] y Aduanas, Construcción



Fuente: [Geasur 2014]

Rubro

Para la definición del rubro es necesario tomar en cuenta varios pasos de depuración, dado que esta característica no depende sólo del tipo de maquinaria, sino más bien del uso que se le da.

Se consideran 4 rubros, en referencia a los determinados internacionalmente en la documentación de referencia ([CORINAIR2013] y [EPA2005]), estos son: Agrícola-Forestal, Construcción, Industrial y Minería.

Para la clasificación de la flota según rubros, se pueden utilizar los siguientes criterios:

- Se utiliza la información del rubro para el cual es importada la maquinaria y que en ocasiones es explícitamente indicada en la base de Aduanas.
- La maquinaria importada solo aplica a un rubro específico, por ejemplo, las cosechadoras aplican al rubro agrícola o las pavimentadoras al de la construcción.

- La empresa que importó la maquinaria está asociada u orientada a un rubro específico, por ejemplo, constructoras.

En general la aplicación de estos criterios permite la caracterización de la mayoría de la flota importada (55% en el caso de la información en Chile).

Para la maquinaria todavía faltante de clasificación de rubro, se puede utilizar información entregada por los importadores a través de encuestas⁹ y entrevistas. En este sentido, se debe complementar la información faltante con criterios de distribución discutidos con ellos.

Combustible

Por otro lado, los registros de Aduanas cuentan en general con información bastante completa sobre el tipo de combustible de la flota importada, la que se puede complementar con información recabada en catálogos según la marca y modelo de la maquinaria.

Para completar la información faltante de tipo de combustible y que no cuentan con información de catálogo, se puede asignar a partir de la información existente. Para ello, igual que en el caso de la Potencia (ver Ejemplo 2), se debe agrupar la flota de la maquinaria con información de tipo de combustible, por rubro y tipo de maquinaria, o al menos por tipo de maquinaria (en ausencia de rubro). Luego, obtener la participación por tipo de combustible en el segmento rubro-tipo de maquinaria. Finalmente, distribuir la flota sin información, agrupada también por rubro y tipo de maquinaria, según la participación por tipo de combustible de la flota con información. Lo anterior asume que la distribución por tipo de combustible de la maquinaria con información es representativa del total de la maquinaria, por lo que se asigna a la información faltante según tipología y rubro.

⁹ [GEASUR 2013]

EJEMPLO 3

A manera de ejemplo se muestra a continuación los resultados obtenidos de la información de importaciones de Chile

Tabla 5 Indicación de tipo de Combustible en Base de Datos de Aduanas

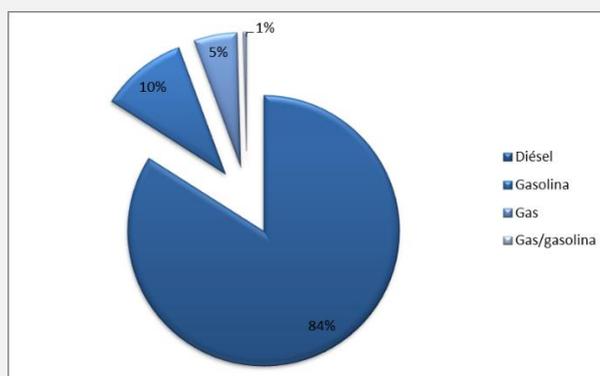
Combustible	Otra Indicación	Cantidad de MFR	% Participación
Diésel		85.490	62,92%
Gasolina		10.894	8,02%
Gas		6.462	4,76%
Gas/gasolina		565	0,42%
No disponible		23.760	17,49%
No disponible	Autopropulsada	3.551	2,61%
No disponible	Contiene motor	3.538	2,60%
No disponible	Contiene HP	1.421	1,05%
No disponible	Contiene Cilindrada	198	0,15%
Total general		135.879	100,00%

Fuente: [Geasur 2014]

Como se observa el 62,9% corresponde a Diésel, si se le agrega gasolina, gas y dual se obtiene un 76,11% con información de combustible. Luego un 17,49% no contiene información de ningún tipo y el otro 6,4% contienen la indicación de motor, potencia, es autopropulsada y/o contiene cilindrada, por lo que llevan implícito el atributo del combustible, pero no se detalla el tipo de combustible.

Finalmente se presenta una gráfica con los resultados de la flota chilena, considerando los 4 tipos de combustibles: Diésel, gas, gasolina y dual (gas/gasolina).

Figura 2 Participación cantidad de maquinaria según combustible



Fuente: [Geasur 2014]

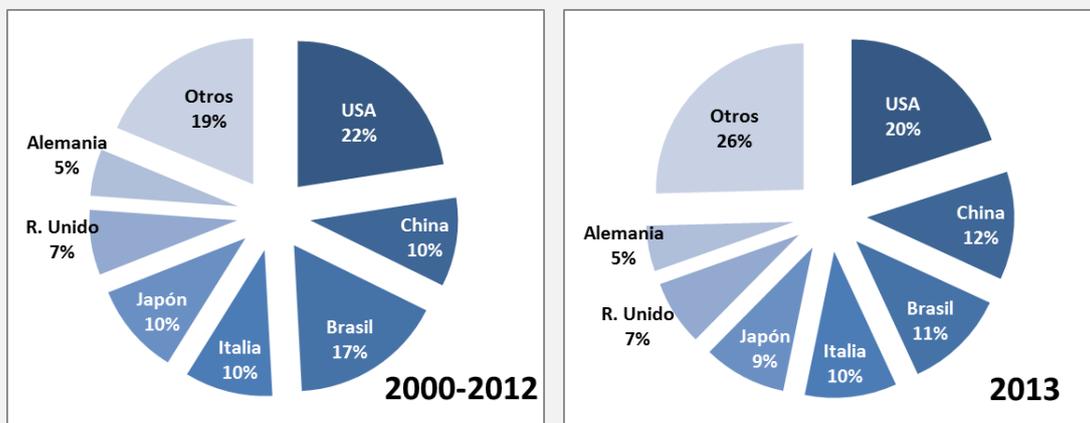
Origen

Respecto a la caracterización del origen de la maquinaria, esta es información que viene ineludiblemente declarada en la información de Aduanas.

EJEMPLO 4

Para el caso de Chile, existe un total de 72 países de procedencia de la maquinaria, sin embargo, el 80% de las importaciones provienen sólo de 7 Países. Los porcentajes de participación se presentan en la gráfica a continuación.

Figura 3 Origen del 80% de la maquinaria importada entre 2000 y 2013.



Fuente: [Geasur 2014]

3. ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA POR ANTIGUEDAD

Las importaciones de maquinaria por tipo, rubro, potencia combustible y año consideradas hasta aquí, corresponden a maquinaria comercializada. No obstante parte de esta flota puede haber cumplido su vida útil al año del inventario. Entonces, la distribución final de la flota por antigüedad es el resultado de las ventas anuales (importaciones del año) menos las unidades “chatarreadas”.

El término "chatarrear" como se usa aquí, significa la disposición o retiro final del equipo, de tal manera que ya no contribuye a las emisiones o al consumo de combustible de la flota. Para la estimación del inventario de la maquinaria no de carretera, en Chile se utilizó el modelo de chatarrización de la EPA ([EPA2005-B]), sobre el inventario de las importaciones 2010-2013.

El modelo EPA utiliza una curva de chatarreo, para determinar la proporción de equipos que han sido desechados. Para ello define la “Vida Media”, como el periodo de tiempo (en horas), de uso de la maquinaria a carga nominal del motor (factor de carga LF=1 o LF=100%), y para el cual el 50% de la maquinaria es chatarreada. Considerando para la maquinaria un nivel de actividad en horas anuales (NA), y el factor de carga típico (LF)¹⁰, es posible calcular la Vida Útil en años, que viene a ser el periodo de tiempo en condiciones reales de carga (LF), para el cual el 50% de la maquinaria es chatarreada. Lo anterior se puede expresar como sigue:

$$Vida\ útil = \frac{vida\ media\ [hrs]}{NA\ \left[\frac{hrs}{año}\right] \cdot factor\ de\ carga}$$

Para Factor de Carga (FC) y Nivel de Actividad (NA) se deben usar los valores de la tabla del Apéndice A, del documento [EPA 2008-A], que entrega valores por tipo de maquinaria, no obstante, es recomendable validar estos valores con información local disponible y la opinión de la industria local.

Tabla 6 Nivel de actividad por tipo de maquinaria.

Tipo de maquinaria	NA [Hrs/año]	Factor de Carga
Asfaltadora	821	0.59
Barredoras	1220	0.43
Bulldozer	899	0.59
Camiones Fuera de Carretera	1641	0.59
Cargador de troncos	1276	0.59
Cargador Frontal	761	0.59
Cosechadora Agricultura	110	0.59
Dumper	566	0.21
Excavadoras	1092	0.59
Grúa Horquilla	1700	0.59
Grúa horquilla todo terreno	662	0.59
Grúa telescópica	990	0.43
Manipulador	878	0.43

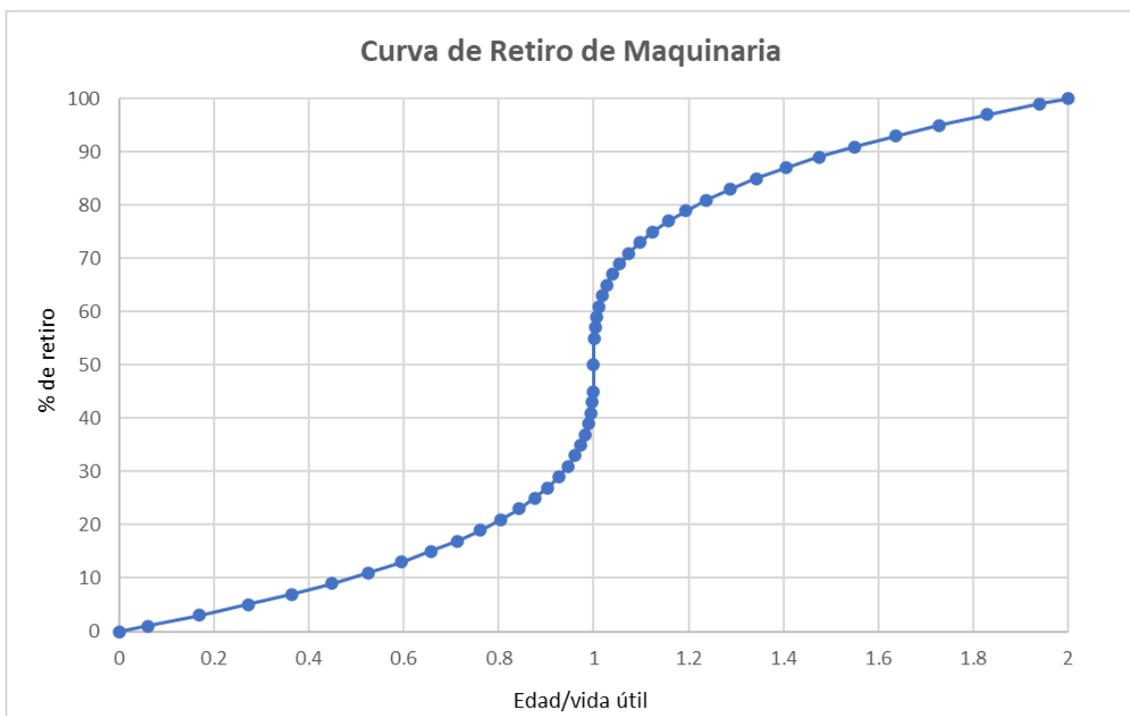
¹⁰ Factor de carga (LF), representa la fracción o porcentaje de la potencia nominal del motor, a la que típicamente opera la maquinaria. Para Factor de Carga y Actividad se usaron los valores de la tabla del Apéndice A, del documento [EPA 2008-A], que entrega valores por tipo de maquinaria.

Tipo de maquinaria	NA [Hrs/año]	Factor de Carga
Minicargadoras	818	0.21
Miniexcavadoras	818	0.21
Motoniveladoras	962	0.59
Otro Equipo Agrícola	381	0.59
Otro equipo de construcción	606	0.59
Otro Equipo Para Minería Subterránea	1533	0.21
Perforador	466	0.43
Plataforma telescópica	384	0.21
Quitanieve	40	0.34
Retroexcavadora	1135	0.21
Rodillos	760	0.59
Tractores no agrícolas	1135	0.21
Tractores agrícolas y forestal	475	0.59
Zanjadoras	593	0.59

Fuente: Elaboración propia a partir de [EPA2008]

El Modelo utiliza una distribución normal para caracterizar la curva de retiro de la maquinaria, considerando que el 50% de la flota se retira al momento de cumplir la Vida Útil y el 100% se retira al cumplir 2 veces la vida útil. Para expresar esta curva de forma normalizada, para todos los casos de Vida Útil, se procede a calcular el “factor de edad”, que es el cociente entre la edad que tiene la maquinaria y su vida útil (Edad/Vida Útil). Con este factor se procede a buscar el porcentaje de maquinaria a retirar. A continuación, se presenta la curva de retiro en su forma gráfica:

Figura 4 Curva de chatarrización



Fuente: [EPA 2005-B]

Tabla 7 Tabla de chatarrización

Factor Edad	% Acumulado de Chatarrización	Factor Edad	% Acumulado de Chatarrización
0.0000	0	continuación...	
0.0588	1	1.0010	55
0.1694	3	1.0027	57
0.2710	5	1.0058	59
0.3639	7	1.0106	61
0.4486	9	1.0176	63
0.5254	11	1.0270	65
0.5948	13	1.0393	67
0.6570	15	1.0549	69
0.7125	17	1.0741	71
0.7617	19	1.0973	73
0.8049	21	1.1250	75
0.8425	23	1.1575	77
0.8750	25	1.1951	79
0.9027	27	1.2383	81
0.9259	29	1.2875	83
0.9451	31	1.3430	85
0.9607	33	1.4052	87
0.9730	35	1.4746	89
0.9824	37	1.5514	91
0.9894	39	1.6361	93
0.9942	41	1.7290	95
0.9973	43	1.8306	97
0.9990	45	1.9412	99
1.0000	50	2.0000	100

Fuente: [EPA 2005-B]

EJEMPLO 5

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo de chatarreo, respecto de las excavadoras que se detallan a continuación:

VARIABLE/PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
País Origen	EEUU	
Rubro	Construcción	
Tipo (<i>Etíp</i>)	Excavadora	
Rangos Potencia EPA (<i>Rpot</i>)	56 ≤ kW < 75	
Año importación	2013	
Año fabricación	2013	
Cantidad	252	
Potencia prom (<i>Pot</i>)	66	[kW]
Estándar de Emisiones (<i>Eniv</i>)	Tier 3	
Edad en años (<i>Edad</i>)	1	[años]

El nivel de actividad en horas anuales de la flota (*NA*), y el factor de carga (*FC*) dependen directamente del tipo de maquinaria (*Etíp*). Conforme la Tabla 6 de la Guía, las excavadoras tienen un valor estimado de 1092 [hrs/año]. En cuanto a *FC*, la Tabla entrega un valor de 0.59 para este tipo de maquinaria.

La Vida Media para motores en el rango de potencia del subsegmento es de 4667 hrs. a plena carga. Para calcular el Factor Edad, que es la fracción de la vida media a la que se encuentra la maquinaria, en condiciones de operación reales (a una fracción de plena carga), se debe considerar los años de operación ($NA * EDAD = 1092 * 1 = 1092$) y la fracción de la potencia nominal a la que en promedio opera la flota ($FC = 0.59$).

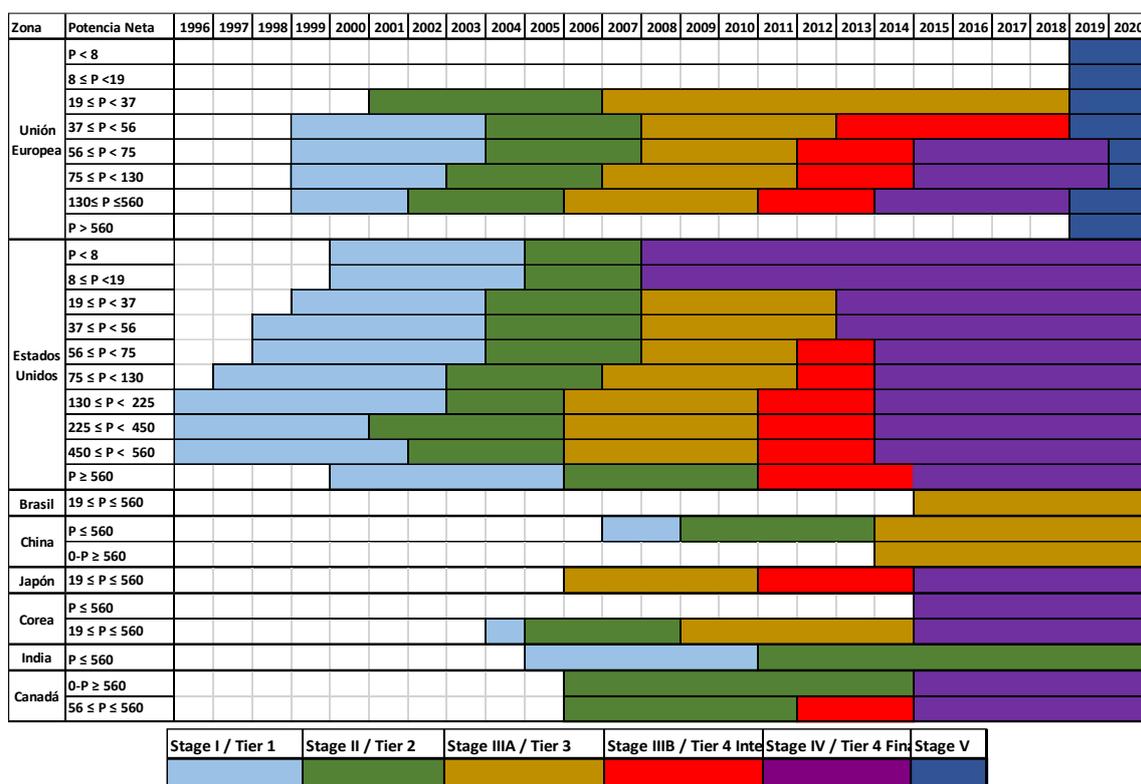
$$= 0.14$$

Para este valor del Factor Edad, la tasa de chatarrización es de aproximadamente 3%, lo que corresponde a 7 máquinas menos de la flota de 252 unidades, a la fecha del inventario.

4. NIVEL TECNOLÓGICO O NORMATIVO DE LA FLOTA

Un parámetro fundamental para que la caracterización de la flota permita el cálculo de sus emisiones y una estimación del inventario es el nivel tecnológico, ya que éste determina finalmente su nivel de emisiones durante la operación. Junto con el desarrollo internacional de los estándares de emisiones para motores diésel no de carretera se ha desarrollado la tecnología para el control de dichas emisiones, principalmente en lo que se refiere a sistemas de inyección, mejoras en los sistemas de admisión, en la cámara de combustión y finalmente en los sistemas de post tratamiento de emisiones.

Figura 5 Comparación general normativas internacionales



Fuente: Construido a partir de Worldwide emissions standards On and off-highway comercial vehicles (Delphi Technologies 2018/2019)

Para los países de CALAC+, donde no existe normativa de ingreso para este tipo de fuentes, es posible asumir como caso desfavorable que la maquinaria ha ingresado sin ningún control de emisiones. No obstante, se trata de un supuesto muy desfavorable toda vez que la incorporación de mejores tecnologías en los sistemas de inyección o en general en el motor son el estado del arte en la industria a nivel mundial. Por ejemplo, para el caso de Chile, donde no existía a la fecha de realización de su inventario ningún calendario normativo para la MMNC, fue necesario discutir un criterio de aproximación para clasificar las importaciones o ventas de la industria en algún nivel tecnológico. El criterio acordado con la industria fue que la maquinaria llegaba a Chile cumpliendo en general la norma de ingreso del país de origen con un retraso de 5 años. Sin embargo, un criterio de esta naturaleza no es general y debe ser acordado localmente con los expertos de la industria.

5. ASIGNACIÓN GEOGRÁFICA

Para asignar la maquinaria no de carretera desde el nivel nacional a nivel regional, se utilizó la metodología de la EPA¹¹, con los indicadores estadísticos y económicos disponibles en Chile.

Indicadores máquina de construcción

El indicador de la actividad de los equipos de la construcción, que plantea la EPA, es el **gasto de la construcción** (“**dollar value of construction**”¹²), que es un buen reflejo de la actividad, ya que existe una relación proporcional entre el gasto en construcción y la actividad del rubro construcción en un área determinada, indicando donde se están utilizando los equipos realmente.

EJEMPLO 6

A manera de ejemplo, examinaremos el caso de Chile, donde se cuenta con el indicador del gasto en construcción¹³ publicado por la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), que considera los proyectos sobre USD \$5 millones, para infraestructura productiva.

Para considerar en el indicador los proyectos de edificación de menor valor, se examinan los permisos de edificación autorizados de las estadísticas oficiales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) de Chile, que presenta en su versión extensa las estadísticas autorizadas del sector privado y público, en metros cuadrados, para obras nuevas y ampliaciones por destino.

Considerando que, en la opinión de los expertos de la CChC, la distribución en Chile de la inversión entre edificación e infraestructura es de 30% y 70% respectivamente, se propone un indicador ponderado entre ambos como sigue:

$$\text{Indicador Actividad} = 0.3 * (\text{Permisos de edificación}) + 0.7 * (\text{Gasto en construcción})$$

A continuación, se presentan ambos indicadores y su ponderación para todas las regiones de Chile:

¹¹ [EPA 2005-C], “Geographic Allocation of Nonroad Engine Population Data to the State and County Level”, EPA420-R-05-021 December 2005 NR-014d.

¹² El valor de la construcción incluye el costo de mano de obra y materiales, costos de arquitectura y trabajos de ingeniería, costos de administración, intereses e impuestos pagados durante la construcción, y utilidades (<https://www.investopedia.com/terms/c/constructionspending.asp>)

¹³ El indicador de gasto por concepto de obras incluye: ingeniería, maquinaria y equipos, construcción y otros (mano de obra, permisos, entre otros). Adicionalmente se podría considerar indicadores más específicos como gasto en maquinaria, si estuvieran disponibles.

Tabla 8 Gasto en construcción en millones de Dólares. 2013

Región	Gasto Construcción 2013		Permisos Edificación 2013		Indicador Ponderado
	(Mill. USD)	Participación (%)	(m ²)	Participación (%)	Participación (%)
Arica	74	0.94%	89,920	0.73%	0.88%
Tarapacá	336	4.29%	254,126	2.06%	3.62%
Antofagasta	2,933	37.43%	659,948	5.34%	27.80%
Atacama	1,315	16.78%	241,456	1.95%	12.33%
Coquimbo	225	2.87%	582,626	4.72%	3.42%
Valparaíso	339	4.33%	1,185,883	9.60%	5.91%
Metropolitana	1,604	20.47%	5,778,767	46.77%	28.36%
O'Higgins	310	3.96%	469,799	3.80%	3.91%
Maule	45	0.57%	674,856	5.46%	2.04%
Biobío	305	3.89%	1,231,012	9.96%	5.71%
Araucanía	65	0.83%	453,350	3.67%	1.68%
Los Ríos	5	0.06%	191,014	1.55%	0.51%
Los Lagos	125	1.59%	401,390	3.25%	2.09%
Aysén	7	0.09%	68,180	0.55%	0.23%
Magallanes	149	1.90%	72,624	0.59%	1.51%
Total	7,837	100.00%	12,354,951	100.00%	100.00%

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción (CChC), Instituto Nacional de Estadísticas (INE) de Chile

Indicadores maquinaria agrícola

Para esta categoría, la EPA ([EPA2005-C]) utiliza la **superficie de tierras de cultivo cosechado** para asignar la población de equipos agrícolas. Afirmo la EPA que la cantidad de tierras de cultivo cosechado es un buen predictor de la actividad del equipo agrícola, ya que generalmente existe una relación proporcional entre la cantidad de tierras de cultivo cosechado y la cantidad de actividad para preparar la tierra, plantar, mantener y cosechar los cultivos. Luego, y puesto que el propósito del modelo es estimar los niveles de emisión y dado que las emisiones están más directamente asociadas con los niveles de actividad que con las poblaciones de equipo, la EPA considera que la cantidad de tierras de cultivo cosechado es un factor de asignación adecuada.

EJEMPLO 7

Como ejemplo, en Chile, para el desarrollo de los indicadores nacionales se utiliza como información disponible el de las superficies sembradas a nivel regional la que se encuentra en las estadísticas reportadas por el INE y corroboradas por la ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). Los datos están disponibles para los años agrícolas 1979/1980 al

2013/2014. Para la distribución regional de la actividad agrícola del presente estudio se considera el año agrícola 2013/2014.

Por otra parte, para los equipos forestales, a pesar de que en la EPA no se hace referencia a la asignación del rubro forestal, se decidió en la misma línea de la asignación agrícola, hacer la distribución regional a través de **“Superficie Forestada y Reforestada, 2013 por Hectárea”** la información fue obtenida para el año 2013, desde las estadísticas de la página Web de la Corporación Nacional Forestal (Conaf).

En la Tabla 9 los indicadores Agrícola y forestal, son integrados de acuerdo con la ponderación de la participación que tiene cada uno en términos de maquinaria en la flota (98% Agrícola y 2% Forestal).

Tabla 9 Superficie Forestada y Reforestada a nivel regional 2013, en hectáreas.

Región	Agrícola ⁽¹⁾	Forestal ⁽²⁾	Agrícola-Forestal
XV	0,08%	0,03%	0,08%
I	0,08%	0,00%	0,08%
II	0,08%	0,02%	0,08%
III	0,08%	0,06%	0,08%
IV	0,50%	0,06%	0,49%
V	0,60%	2,28%	0,64%
RM	3,00%	0,24%	2,93%
VI	9,70%	2,07%	9,51%
VII	16,30%	19,04%	16,37%
VIII	24,80%	48,01%	25,37%
IX	36,20%	18,50%	35,76%
XIV	3,80%	7,65%	3,90%
X	4,60%	1,95%	4,53%
XI	0,08%	0,03%	0,08%
XII	0,08%	0,05%	0,08%

Fuente: (1) INE. Estimación de superficie sembrada a nivel regional año agrícola 2013/2014. (2) Bases estadísticas CONAF. 2013

Indicadores maquinaria industrial

En relación con la maquinaria industrial la EPA utiliza el **número de empleados en el sector manufacturero**. Estos son un buen predictor según la EPA dado que las empresas manufactureras no se trasladan de lugar geográfico como en el caso de las del rubro de la construcción.

EJEMPLO 8

Como ejemplo, en Chile se cuenta con la información de ocupados por rama de actividad económica y por regiones para el año 2013, dichas estadísticas son obtenidas desde el INE (Instituto Nacional de Estadísticas).

La tabla que sigue presenta los ocupados del sector industrial, en miles de personas y el porcentaje de participación en cada región.

Tabla 10 Ocupados sector industrial, por Regiones. En miles de personas. 2013

Región	Ocupados 2013 Industria	Participación 2013/2014
XV	5	0,60%
I	10	1,10%
II	25	2,80%
III	10	1,10%
IV	19	2,10%
V	66	7,30%
RM	449	49,40%
VI	33	3,60%
VII	41	4,50%
VIII	107	11,70%
IX	47	5,10%
XIV	24	2,70%
X	61	6,70%
XI	6	0,60%
XII	6	0,60%
Total País	909	100,00%

Fuente: INE. Ocupados por rama de actividad económica. 2013

Indicadores maquinaria de minería

Para asignar la población de equipos de minería y actividad del sector, la EPA utiliza como indicador las **toneladas de producción de carbón**. No obstante, se debe pensar en cuál es el recurso minero predominante que se explota en cada país.

EJEMPLO 9

Por ejemplo, para el caso de Chile el mejor indicador es la producción metálica de minerales de cobre, la que es medida en Toneladas Métricas de contenido Fino (tmf). Esta es la única información disponible a nivel regional. Para el presente estudio se utilizarán las tmf de cobre. Información disponible por regiones al año 2013, en las estadísticas de producción minera del Ministerio de Minería (<http://www.sernageomin.cl/sminera-estadisticasprod.php>).

Tabla 11 Producción de cobre por regiones, 2013 (tmf)

Región	Producción de Cobre	Participación 2013
XV	647	0,01%
I	587881	10,05%
II	3048303	52,10%
III	420992	7,20%
IV	577495	9,87%
V	329422	5,63%
R.M.	415784	7,11%

VI	470596	8,04%
TOTALES	5.851.120	100,00%

Fuente: Sernageomin. 2013

6. BIBLIOGRAFÍA

- [EPA 2014] “Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Compression-Ignition Engines in MOVES2014b”, EPA-420-R-18-009, July 2018.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P100UXEN.pdf>
- [EPA 2008] “Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling”, EPA-420-R-10-016 NR-005d July 2010.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P10081RV.pdf>
- [EPA 2005-A] “User’s Guide for the Final NONROAD2005 Model”, EPA420-R-05-013 December 2005.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1004L24.PDF?Dockey=P1004L24.PDF>
- [EPA 2005-B] “Calculation of Age Distributions in the Nonroad Model: Growth and Scrappage”, EPA420-R-05-018 December 2005 NR-007c.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P1004L8U.pdf>
- [EPA 2005-C] “Geographic Allocation of Nonroad Engine Population Data to the State and County Level”, EPA420-R-05-021 December 2005 NR-014d
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P1004LDX.pdf>
- [CORINAIR 2013] “Non-road mobile sources and machinery”, Guidebook 2013.
<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-non-road-mobile-sources/view>
- [GEASUR 2014] “Análisis técnico-económico de la aplicación de una nueva norma de emisión para motores de maquinaria fuera de ruta a nivel país”, estudio realizado por Geasur el año 2014
- [GEASUR 2013] “Elaboración de Diagnóstico e Inventario de Emisión para Maquinaria Fuera de Ruta”, estudio realizado por Geasur el año 2013.



Es un Programa de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE**

Ejecutado por:



calac@swisscontact.org.pe

www.programacalac.com

Facebook: @CALACplus

Twitter: @Calacplus

Prolongación Arenales N°722, Miraflores

Lima 15074 – Perú

Teléfonos: +511 2641707, 2642547

Fax: +511 2643212

www.swisscontact.org