

GUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA



Capítulo: 3. Movimiento de tierra.

Versión: Octubre 2020.

ÍNDICE

Índice	1
3 Movimiento de tierra	2
3.1 Perforación	2
3.2 Escarpe	2
3.3 Excavación	2
3.4 Erosión de material en pila.....	3
3.5 Carguío y volteo de material	4
3.6 Compactación.....	4
3.7 Nivelación	5
Bibliografía.....	5

Créditos imagen de portada: “Wheel loader” de Rico S., licencia Pixabay.

3 MOVIMIENTO DE TIERRA

3.1 PERFORACIÓN

Corresponde a la actividad de perforaciones en terreno.

TABLA 3.1. FACTOR DE EMISIÓN PARA PERFORACIÓN

Factor de Emisión	Unidad
$fe_{MP10} = 0,177$	[kg/perforación]
$fe_{MP2,5} = 0,02655$	[kg/perforación]

Se considera un factor de emisión para perforación de partículas totales en suspensión (PTS) de 0,59 [kg/perforación]¹, del cual se obtiene el factor de emisión para MP10, considerando que corresponde al 30% de las PTS². Del mismo modo, se considera que el MP2,5 corresponde al 15% del MP10³.

El **nivel de actividad** se define como el número de perforaciones a realizar en el proyecto por año cronológico.

3.2 ESCARPE

Corresponde a la actividad de preparación del terreno (movimiento de tierra) y retiro de cobertura vegetal.

TABLA 3.2. FACTOR DE EMISIÓN PARA ESCARPE

Factor de Emisión ⁴	Unidad
$fe_{MP10} = 5,7$	[kg/km]
$fe_{MP2,5} = 0,855$	[kg/km]

Para el factor de emisión de MP2,5 se considera que corresponde a un 15% del MP10, al igual que en el caso de la perforación.

El **nivel de actividad** corresponde a los kilómetros recorridos por la maquinaria que realiza el escarpe. Este valor se determina a partir de las hectáreas a escarpar en el proyecto, las cuales deben ser multiplicadas por el factor 3,57 [km/ha]. En el caso que el proyecto considere obras de preparación del terreno en más de una ocasión sobre el mismo terreno, se debe considerar como área extra de escarpe para la contabilización de las emisiones. Por último, como respaldo, y para mayor detalle, el Titular debe presentar las áreas de escarpe en un mapa formato KMZ.

3.3 EXCAVACIÓN

Corresponde a las excavaciones realizadas en el predio del proyecto, por lo general mediante la utilización de maquinaria pesada.

¹ (EPA, 1998a), Tabla 11.9-4

² (EPA, 1999a)

³ (WRAP, 2006), página 2-2.

⁴ (EPA, 1995), Tabla 13.2.3-1.

TABLA 3.3. FACTOR DE EMISIÓN PARA EXCAVACIÓN

Fórmula ⁵	Unidad	Parámetros
$fe_{MP10} = \frac{0,75 \times 0,45(s)^{1,5}}{(M)^{1,4}}$	[kg/h]	s: Porcentaje de finos del suelo. Valor por defecto: 8,5.
$fe_{MP2,5} = \frac{0,105 \times 2,6(s)^{1,2}}{(M)^{1,3}}$	[kg/h]	M: Porcentaje de humedad del suelo. Valor por defecto: 6,5.

El **nivel de actividad** se determina dividiendo el volumen a excavar por el rendimiento de la maquinaria utilizada en la excavación. Por defecto, se considerará que para una máquina con capacidad de palada de 0,9 [m³], se tiene un rendimiento igual a 54,27 [m³/h], aplicando una eficiencia del 67% (Caterpillar, 2017). Cabe señalar que dicho rendimiento hace referencia a metros cúbicos sueltos de tierra excavada, por lo tanto, al momento de determinar las horas de operación de la excavadora, se debe utilizar el volumen de tierra esponjado en un 20% (INN Chile, 2000).

Para justificar el volumen a excavar, el Titular debe presentar la siguiente información:

- Dimensiones del volumen a excavar.
- Mapa en formato KMZ con las áreas de excavación.

3.4 EROSIÓN DE MATERIAL EN PILA

Corresponde a las emisiones producidas por la erosión eólica del material apilado.

TABLA 3.4. FACTOR DE EMISIÓN PARA EROSIÓN DE MATERIAL EN PILA

Fórmula ⁶	Unidad	Parámetros
$fe = k(s/1,5)(f/15)$	[kg/ha-día]	k MP10: 0,953. k MP2,5: 0,146. s: contenido de fino del material [%]. Valor por defecto: 8,5. f: porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento no obstruido es mayor a 5,4 [m/s] a la altura media de la pila.

El **nivel de actividad** se obtiene tras la multiplicación de las hectáreas de acopio por los días al año que se mantiene el material apilado. Como respaldo, se debe adjuntar el área de acopio en un mapa formato KMZ, y además, para el cálculo de las toneladas de material deberá considerar las densidades obtenidas en el estudio de mecánica de suelo del proyecto.

⁵ (EPA, 1998a), Tabla 11.9-2.

⁶ (WRAP, 2006), página 9-8.

3.5 CARGUÍO Y VOLTEO DE MATERIAL

Corresponden a las emisiones producidas al momento de cargar o descargar el material escarpado, excavado, los escombros, etc.

TABLA 3.5. FACTOR DE EMISIÓN PARA CARGUÍO Y VOLTEO DE MATERIAL

Fórmula ⁷	Unidad	Parámetros
$fe = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	[kg/t]	k MP10: 0,35. k MP2,5: 0,053. U: velocidad del viento promedio. Valor por defecto: 5 [m/s]. M: porcentaje de humedad del suelo. Valor por defecto: 6,5.

Para contemplar todas las emisiones, el **nivel de actividad** es equivalente a las toneladas del material cargado más el descargado, es decir, es igual a las toneladas del material trasladado, multiplicadas por dos.

3.6 COMPACTACIÓN

La compactación consiste en el aumento en la densidad del suelo, por medio del paso de maquinaria pesada sobre una superficie. Según el AP 42, para esta actividad se puede utilizar la misma fórmula que la de excavación.

TABLA 3.6. FACTOR DE EMISIÓN PARA COMPACTACIÓN

Fórmula ⁸	Unidad	Parámetros
$fe_{MP10} = \frac{0,75 \times 0,45(s)^{1,5}}{(M)^{1,4}}$	[kg/h]	s: Porcentaje de finos del suelo. Valor por defecto: 8,5.
$fe_{MP2,5} = \frac{0,105 \times 2,6(s)^{1,2}}{(M)^{1,3}}$	[kg/h]	M: Porcentaje de humedad del suelo. Valor por defecto: 6,5.

El **nivel de actividad** corresponde a las horas de compactación, las que se pueden obtener en base al área a recorrer, número de pasadas, velocidad y ancho de la compactadora, como se muestra en la Ec. 1. Como medio de verificación, el Titular debe presentar el área a compactar en un mapa formato KMZ.

$$Hrs. compactación = \frac{Área[m^2]}{Ancho [m] \times Vel \left[\frac{km}{h}\right] \times 1.000 \left[\frac{m}{km}\right]} \times N^{\circ} pasadas \quad EC. 1$$

⁷ (EPA, 2006)

⁸ (EPA, 1995), Tabla 13.2.3-1, ec; y (EPA, 1998a) Tabla 11.9-2.

3.7 NIVELACIÓN

Corresponde a la actividad de asegurar un cierto nivel sobre una superficie, ya sea horizontal o con cierta pendiente, mediante el uso de maquinaria.

TABLA 3.7. FACTOR DE EMISIÓN PARA EROSIÓN DE NIVELACIÓN

Fórmula ⁹	Unidad	Parámetros
$f_{e_{MP10}} = 0,6 \times 0,0056(S)^2$	[kg/km]	S: Velocidad media de niveladora [km/h]. Valor por defecto: 11,4 [km/h]
$f_{e_{MP2,5}} = 0,031 \times 0,0034(S)^{2,5}$	[kg/km]	

El **nivel de actividad** corresponde a los kilómetros recorridos por la niveladora, determinados a partir del área a nivelar, el ancho de la maquinaria y el número de pasadas, como se puede observar en la Ec. 2. Como medio de verificación, el Titular debe presentar el área a nivelar en un mapa formato KMZ.

$$km \text{ de nivelación} = \frac{\text{Área}[m^2]}{\text{Ancho}[m]} \times \frac{1}{1000} \left[\frac{km}{m} \right] \times N^{\circ} \text{ pasadas} \quad \text{EC. 2}$$

BIBLIOGRAFÍA

Caterpillar Caterpillar Performance Handbook. - 2017.

EPA Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42, 5th Edition, Ch.11.9 Western surface coal mining. - 1998a.

EPA Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42, 5th Edition, Ch.13.2.3 Heavy Construction Operation. - 1995.

EPA Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42, 5th Edition, Ch.13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles. - 2006.

EPA Estimating particulate matter emissions from construction operations, final Report prepared by the Midwest Research Institute (MRI) for US EPA Missouri. - 1999a.

INN Chile NCh 353.Of2000 "Construcción - Cubicación de obras de edificación - Requisitos". - 2000.

WRAP Fugitive Dust Handbook, Ch. 2 Agricultural Tilling. - 2006.

⁹ (EPA, 1998a), Tabla 11.9-2.