

Guía de apoyo para la notificación de las emisiones en explotaciones a cielo abierto y canteras

Versión: Diciembre 2024





ÍNDICE

1. OBJETIVO DE ESTA GUÍA.....	5
2. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO Y DE LAS EMISIONES ASOCIADAS.....	5
2.1. Tipología de explotaciones mineras según extracción del material.....	5
2.1.1. Canteras.....	5
2.1.2. Graveras.....	6
2.1.3. Minería metálica.....	6
2.1.4. Minería energética.....	6
2.2. Procesado del material extraído: trituración y clasificación del material.....	7
3. PARÁMETROS CONTAMINANTES A NOTIFICAR.....	9
4. METODOLOGÍA DE NOTIFICACIÓN DE EMISIONES.....	11
4.1. C-Datos calculados.....	11
5. FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS PARA LA NOTIFICACIÓN DE EMISIONES A LA AT-MÓSFERA.....	12
5.1. F.E.: Extracción de materiales.....	12
5.2. F.E.: Tratamiento.....	13
5.3. Almacenamiento, carga y descarga de material apilado.....	16
5.4. Resuspensión de partículas del suelo debido al tránsito de vehículos.....	17
5.5. Otras emisiones.....	22
6. OTROS FACTORES DE EMISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA.....	24
7. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sub-lista de contaminantes E-PRTR correspondientes al epígrafe 3.b).....	9
Tabla 2. Contaminantes PRTR incluidos por R.D. 508/2007.....	10
Tabla 3. Ecuaciones para el cálculo de partículas en suspensión de minas de carbón (EPA).....	12
Tabla 4. F.E. EPA para procesado de la roca (Kg/t).....	13
Tabla 5. F.E. EPA para procesado y molienda de la roca (Kg/t).....	13
Tabla 6. F.E. NPI Australia para el sector minero metalífero (Kg/t).....	14
Tabla 7. Ecuaciones para el cálculo de F.E. de partículas en suspensión de minas de carbón (EPA).....	15
Tabla 8. Datos de porcentaje de humedad y limo (% de partículas sedimentables) en función del material tratado.....	15



Tabla 9. Ecuaciones para el cálculo de F.E. de partículas en las operaciones de almacenamiento carga y descarga de material apilado.....	16
Tabla 10. Datos de porcentaje de humedad de los productos más típicos de las canteras.....	17
Tabla 11. Determinación de F.E. de partículas difusas debido al tránsito de vehículos por viales pavimentados.....	17
Tabla 12. Valores de k para el cálculo del F.E.i anterior.....	18
Tabla 13. Valores de sL para el cálculo del F.E.i anterior.....	18
Tabla 14. Determinación de F.E. de partículas difusas debido al tránsito de vehículos por viales NO pavimentados.....	18
Tabla 15. Valores de k, a y b para el cálculo del F.E.i anterior.....	19
Tabla 16. Valores de s para el cálculo del F.E.i anterior.....	19
Tabla 17. Corrección por efecto de la precipitación.....	20
Tabla 18. Corrección por aplicación de medidas correctoras.....	20
Tabla 19. Valores de n para viales no pavimentados.....	21
Tabla 20. Valores de n para viales pavimentados.....	21
Tabla 21. F.E. para varias clases de equipos propios del sector minero, kg/l combustible.....	22
Tabla 22. Factores de Emisión para gases de combustión según el D. 503/2004.....	22
Tabla 23. F.E. de metales pesados para vehículos pesados, expresados en µg/kg combustible.....	23
Tabla 24. F.E. asociado al proceso de combustión de maquinaria (vehículos ligeros y pesados), expresados en g/kg combustible (CORINAIR).....	23
Tabla 25. F.E. en la minería del carbón a cielo abierto (CORINAIR).....	24
Tabla 26. F.E. en la minería del carbón a cielo abierto (CORINAIR).....	24
Tabla 27. F.E. en la minería del carbón a cielo abierto (CORINAIR).....	24
Tabla 28. Factores de emisión (CORINAIR).....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general del proceso molienda y clasificación de material extraído.....	8
--	---



ABREVIATURAS

CSMA	Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente
CORINAIR	Atmospheric Emissions Inventory Guidebook (Inventario de emisiones a la atmósfera)
EMEP	European Monitoring Evaluation Programme (Programa concertado de vigilancia continua y de evaluación de la transmisión a larga distancia de los contaminantes atmosféricos en Europa)
EPA	Environmental Protection Agency
E-PRTR	European Pollutant Release and Transfer Register (Registro Europeo de Emisiones Transferencias de Contaminantes)
F.E.	Factor de Emisión
MITERD	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
NPI	National Pollutant Inventory
PST	Partículas Totales en Suspensión
R.D.	Real Decreto
RP	Residuo Peligroso



1. Objetivo de esta guía

Con la elaboración de este documento se pretende establecer unas directrices básicas para la notificación de las emisiones declaradas por los complejos afectados por el epígrafe **3.b** “Explotaciones a cielo abierto y canteras cuando la superficie de la zona en la que efectivamente se practiquen operaciones extractivas equivalga a 25 hectáreas”.

En el apéndice 2 de la “Guía para la implantación del E-PRTR” de la Dirección General del Medio Ambiente de la Comisión Europea se aclara que “*la superficie de la zona en la que efectivamente se realicen operaciones extractivas*” es la **superficie de la zona de emplazamiento, menos la superficie de la zona rehabilitada y menos la zona de próxima excavación**. Puesto que en los planes anuales de labores se incluyen los planos de las zonas que son objeto de labores mineras, éstos deberían servir de referencia para el cálculo de las superficies activas y la determinación por parte de la instalación de su notificación E-PRTR.

2. Caracterización del proceso productivo y de las emisiones asociadas

Los tipos de explotaciones mineras son muy variados en su concepción y diseño. La elección del método a aplicar depende de numerosos factores tales como: la profundidad, la forma e inclinación del depósito, la distribución de leyes del mineral, las características geomecánicas de las rocas y del propio mineral, los costes de explotación, etc.

De una forma somera se describe a continuación los tipos de minerías que más frecuentemente se utilizan en la actividad extractiva:

2.1. Tipología de explotaciones mineras según extracción del material

2.1.1. Canteras

Canteras es el término genérico que se utiliza para referirse a las **explotaciones de rocas industriales y ornamentales**.



En Andalucía, y tal y como puede comprobarse en la estadística anual elaborada por la Consejería de Industria, Energía y Minas respecto a la producción minera, constituyen el sector más importante en cuanto a número, dado que abastecen de materias primas para uso final en la construcción.

Debido al valor relativamente pequeño que tienen los materiales extraídos, las canteras se sitúan cercanas a los centros de consumo y poseen unas dimensiones generalmente reducidas. El método de explotación aplicado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles, situándose un gran número de canteras a media ladera, aunque también puede desarrollarse en huecos.

2.1.2. Graveras

Los materiales detríticos, como las **arenas y las gravas**, albergados en los depósitos de valles y terrazas de los ríos son objeto de una explotación intensa debido a la demanda de construcción. El arranque se efectúa con equipos mecánicos. Las explotaciones suelen llevarse a cabo en un sólo banco con una profundidad inferior, por lo general, a los 20 m.

Cuando las formaciones se encuentran en niveles altos se utilizan equipos convencionales, como son las palas de ruedas y los volquetes. Es frecuente que los materiales se presenten en contacto con el subálveo o con los acuíferos infrayacentes, empleándose entonces otros equipos mineros como son las dragas, las dragalinas o las rasas.

2.1.3. Minería metálica

Como su nombre indica se refiere a la **minería relacionada con la extracción de metales**, bien de forma diferenciada o bien como concentrados de más de un metal.

En yacimientos masivos o de capas inclinadas la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones transversales en forma troncocónica. Necesitan el uso de explosivo para la extracción de mineral.

2.1.4. Minería energética

Se refiere a la minería del carbón (turba, lignito, hulla y antracita) cuyas explotaciones a cielo abierto suelen emplear cortas similares a la minería metálica. En la mayoría de los casos suele ser viable la transferencia de los estériles a los huecos creados, pues los yacimientos son, generalmente, alargados y, una vez alcanzada la fase de hueco inicial en un extremo del depósito, es factible efectuar el auto-relleno.

Las escombreras exteriores de estériles que se crean sólo proceden de los materiales del hueco inicial, por lo que en estas explotaciones las posibilidades de recuperación son más amplias que en la minería metálica, al ser las modificaciones fisiográficas menos importantes que si fuera preciso abandonar grandes huecos y depósitos estériles.

El auto-relleno de los huecos no sólo es conveniente desde la óptica medio ambiental, sino que operativamente es ventajoso al reducirse las distancias de transporte.

El método de explotación puede requerir el uso de explosivos en unos casos o el empleo de grandes rotapalas en otros.



2.2. Procesado del material extraído: trituración y clasificación del material

Una vez extraído el material en la explotación, se transporta con camiones hasta la planta de procesado.

El proceso incluye: molienda, clasificación por tamaños, manejo del material y operaciones de almacenamiento. Cada uno de estos pasos en el proceso son fuentes significativas de emisiones incontroladas de partículas.

En un primer paso, se separan los gruesos de los finos que no requieren tratamiento, y pasan al **triturador primario**. La molienda se lleva a cabo mediante trituradores de palas, de impactos o giratorios. El producto obtenido, de tamaño 7,5 - 30 cm de diámetro, es almacenado temporalmente en silos o vendido como gruesos.

A continuación, el material pasa a un clasificador de plano inclinado y por vibración se distribuyen, por un lado los granos de mayor tamaño que se almacenan en silos para su posterior venta como material base y por otro, los de menor tamaño que se llevan a un **triturador secundario** de cono, donde se reducen hasta tener un diámetro de 2,5 - 10 cm.

El material de salida del triturador secundario vuelve a someterse a un clasificado y a un **tercer triturador** de impacto donde el tamaño del grano disminuye desde 0,5 - 2,5 cm de diámetro. El producto se almacena en silos para su venta.

En algunas instalaciones, el material de diámetro inferior a 0,5 cm pasa al proceso de mineral pulverizado.

Aparte de las emisiones de partículas producidas por las operaciones de tratamiento del material extraído, se dan emisiones asociadas al proceso de combustión (CO, CO₂, SO_x, NO_x y PM₁₀), debido al consumo de combustible en la maquinaria minera.

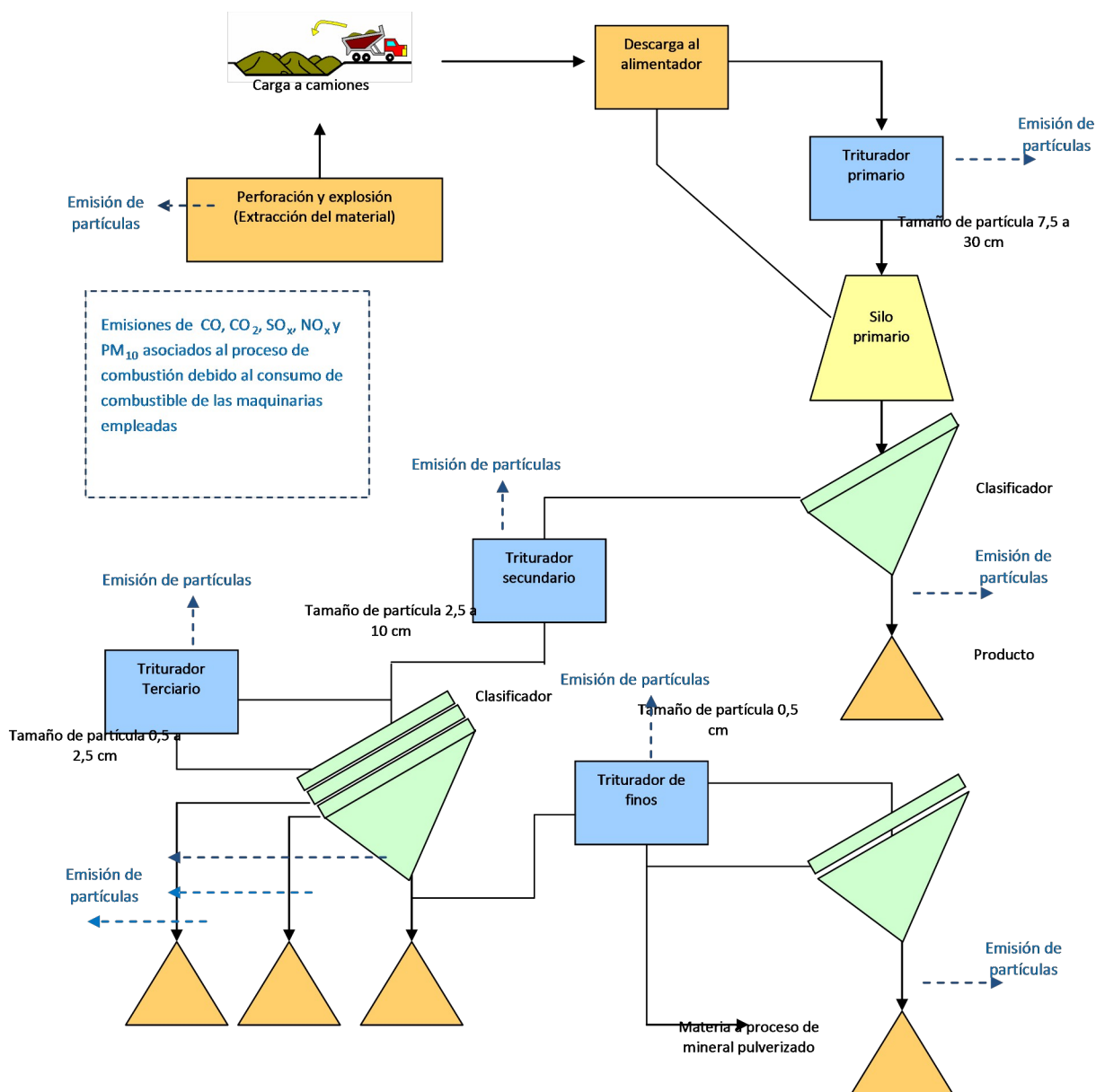


Figura 1. Esquema general del proceso molienda y clasificación de material extraído

Las principales emisiones van a depender del:

- Tipo de roca
- Tamaño de la piedra
- Cantidad de humedad
- Tipo de maquinaria
- Reducción requerida
- Contenido de finos



3. Parámetros contaminantes a notificar

En el apéndice 4 de la “Guía para la implantación del E-PRTR” de la Dirección General del Medio Ambiente de la Comisión Europea se adjuntan unas sub-listas que ilustran, a título orientativo, los parámetros contaminantes a notificar en función del tipo de actividad de la instalación para las emisiones al aire y emisiones y transferencias al medio hídrico. Para las instalaciones afectadas por el epígrafe 3 b) los contaminantes recogidos en las sub-listas son:

Tabla 1. Sub-lista de contaminantes E-PRTR correspondientes al epígrafe 3.b)

EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO			
NÚMERO PRTR	CONTAMINANTE	MEDIO ATMÓSFERA	MEDIO AGUA
1	Metano	■	-
2	Monóxido de Carbono (CO)	■	-
3	Dióxido de Carbono (CO ₂)	■	-
8	Óxidos de Nitrógeno (NO _x /NO ₂)	■	-
11	Óxidos de Azufre (SO _x /SO ₂)	■	-
12	Nitrógeno total	-	■
13	Fósforo total	-	■
17	Arsénico y sus compuestos (como As)	■	■
18	Cadmio y sus compuestos (como Cd)	■	■
19	Cromo y sus compuestos (como Cr)	■	■
20	Cobre y sus compuestos (como Cu)	■	■
22	Níquel y sus compuestos (como Ni)	■	■
23	Plomo y sus compuestos (como Pb)	■	■
24	Cinc y sus compuestos (como Zn)	■	■
76	Carbono orgánico total (COT) (como C total o DQO/3)	-	■
79	Cloruros (como Cl total)	-	■



EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO			
NÚMERO PRTR	CONTAMINANTE	MEDIO ATMÓSFERA	MEDIO AGUA
80	Cloro y compuestos inorgánicos (como HCl)	■	-
86	PM ₁₀	■	-

En relación a los contaminantes incluidos en la tabla anterior, se debe realizar la siguiente consideración:

- Todos los metales (nº PRTR 17-24) se comunicarán como la masa total del elemento en todas las formas químicas presentes en la emisión.

Por otro lado, en el R.D. 508/2007 han sido incluidos una serie de contaminantes que deben notificarse, aunque en principio no se incluirán en la información que el MITERD remita a organismos europeos o a cualquier otro organismo de carácter internacional. Estos contaminantes se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Contaminantes PRTR incluidos por R.D. 508/2007

OTRAS SUSTANCIAS INCLUIDAS EN EL PRTR POR EL REAL DECRETO 508/2007			
Nº PRTR	ATMÓSFERA	Nº PRTR	AGUA
76	Carbono Orgánico Total (COT)	98	DQO
92	Partículas totales en suspensión (PST)	200	o,p'-DDT
93	Talio	201	p,p'-DDT
94	Antimonio	202	p,p'-DDE
95	Cobalto	203	p,p'-DD
96	Manganeso	204	Benzo(a)pireno
97	Vanadio	205	Benzo(b)fluoranteno
		206	Benzo(k)fluoranteno
		207	Indeno(1,2,3-cg)pireno
		208	1,2,3-Triclorobenceno
		209	1,2,4-Triclorobenceno
		210	1,3,5-Triclorobenceno
		211	p-xileno
		212	o-xileno
		213	m-xileno
		214	Penta-BDE
		215	Octa-BDE
		216	Deca-BDE



Las sustancias con número PRTR desde el 200 al 216 corresponden a isómeros de otras sustancias incluidas en la lista de contaminantes PRTR (DDT, HAP, Triclorobencenos, Xilenos y Bromodifeniléteres).

Además, en el caso de las transferencias de residuos peligrosos y no peligrosos, se debe indicar la cantidad total de cada tipo de residuo, la operación del tratamiento, y el código LER correspondiente según la Decisión de la Comisión de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos (Ej. 20 01 01 papel y cartón).

4. Metodología de notificación de emisiones

Según el **Reglamento (CE) 166/2006, de 18 de enero de 2006**, la notificación de las emisiones puede realizarse de tres formas distintas:

1. **Datos Medidos (M):** Los datos notificados proceden de mediciones realizadas utilizando métodos normalizados o aceptados.
2. **Datos Calculados (C):** Los datos notificados proceden de cálculos realizados utilizando métodos de estimación y factores de emisión aceptados en el ámbito nacional e internacional y representativos de los sectores industriales.
3. **Datos Estimados (E):** Los datos notificados proceden de estimaciones no normalizadas fundamentadas en hipótesis óptimas o en las previsiones de expertos.

La casuística asociada a cada una de las posibilidades citadas queda descrita en el siguiente documento “Notificación de Datos PRTR – Guía de Apoyo”, de diciembre de 2024. No obstante se detalla de forma explícita la notificación a través de datos calculados que son específicos de cada actividad.

4.1. C-Datos calculados

Las fuentes bibliográficas consultadas para la selección de los factores de emisión a la atmósfera han sido:

- **OFICEMEN:** Agrupación de fabricantes de cemento de España.
- **CORINAIR.** Inventario de emisiones atmosféricas realizado por la European Environmental Agency.
- **EPA:** Environmental Protection Agency U.S.
- **NPI Australia:** National Pollutant Inventory.



5. Factores de emisión seleccionados para la notificación de emisiones a la atmósfera

Tras el estudio de las distintas fuentes bibliográficas, se recogen los factores de emisión seleccionados para cada contaminante, en función de cada etapa del proceso productivo.

Las principales emisiones de este tipo de instalaciones son las emisiones incontroladas de partículas que se dan en las diferentes etapas del proceso.

Dado que las canteras son las instalaciones que se presentan en mayor número en nuestra comunidad iniciaremos con este tipo de instalaciones la determinación de los factores de emisión identificados.

La carga contaminante anual se corresponde con la suma de las emisiones de partículas en cada una de las actividades del proceso.

$$PST\left(\frac{\text{kg}}{\text{año}}\right) = \sum_i^n \text{Carga contaminante de la actividad } i\left(\frac{\text{kg}}{\text{año}}\right)$$

5.1. F.E.: Extracción de materiales

Tras la consulta de la bibliografía se dispone de un factor de emisión en los casos en los que el método de **extracción sea la voladura**. El factor de emisión deriva del documento AP-42 de la EPA sección 11.9 “Western Surface Coal Mining”. No obstante, en la revisión de la guía del OFICEMEN del año 2009, basándose en los comentarios incluidos en la sección 11.9.2 “Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing” del mismo documento AP-42, se advertía sobre el empleo con cautela del factor para minería no energética, puesto que los explosivos y área de voladura empleada en la minería de cielo abierto de carbón difiere mucho del resto.

La abreviatura que se debe utilizar si se emplean estos F.E. es **OTH**:

Tabla 3. Ecuaciones para el cálculo de partículas en suspensión de minas de carbón (EPA)

Fuentes difusas de emisión	PST	PM ₁₀	Udes.	Tipo del Factor
Voladura	$E_v = 0,00022 \cdot A^{1,5}$	$E_v = 0,000114 \cdot A^{1,5}$	Kg/voladura	C

E_v = emisión por voladura; A = área de voladura (m^2)

PST: Tabla 11.9-2 de la sección 11.9 “Western Surface Coal Mining” del AP-42 de la EPA. Octubre 1998

PM₁₀: Tabla 2 de la Guía “Emission Estimation Technique Manual for Mining” (NPI Australia). Enero 2012



En los casos en los que la extracción se lleve a cabo **por perforación** la EPA incluye el siguiente factor de emisión:

Tabla 4. F.E. EPA para procesamiento de la roca (Kg/t)

Fuente	PST	Calidad F.E.	PM ₁₀	Calidad F.E.
Perforación húmeda (roca sin fragmentar)	ND	-	$4,0 \cdot 10^{-5}$	E

Tabla 11.19.2-1. Capítulo 11.19.2. Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing. AP-42 EPA. Agosto 2004

5.2. F.E.: Tratamiento

Para el caso del tratamiento de **rocas en cantera** se proponen los siguientes factores de emisión derivados de la EPA. Dichos factores se desarrollan en función de la fase del proceso y de si dispone o no de técnicas de control, como por ejemplo, sistemas encaminados a humedecer la piedra para la disminución de emisión de partículas.

La abreviatura que se debe utilizar si se emplean estos F.E. es **OTH**:

Tabla 5. F.E. EPA para procesamiento y molienda de la roca (Kg/t)

Fuente (a)	PST	Calidad F.E.	PM ₁₀	Calidad F.E.
Descarga de camiones (roca fragmentada)	ND		$8,0 \cdot 10^{-6}$	E
Tamizador	0,0125	E	0,0043	C
Tamizador (controlado)	0,0011	E	0,00037	C
Triturador primario	ND		(b)	
Triturador primario (controlado)	ND		(b)	
Triturador secundario	ND		(b)	
Triturador secundario (controlado)	ND		(b)	
Triturador terciario	0,0027	E	0,0012	C
Triturador terciario (controlado)	0,0006	E	0,00027	C
Triturador de finos	0,0195	E	0,0075	E
Triturador de finos (controlado)	0,0015	E	0,0006	E
Tamizador de finos	0,15	E	0,036	E
Tamizador de finos (controlado)	0,0018	E	0,0011	E
Cinta transportadora	0,0015	E	0,00055	D



Fuente (a)	PST	Calidad F.E.	PM ₁₀	Calidad F.E.
Cinta transportadora (controlado)	0,00007	E	2,3 · 10 ⁻⁵	D
Carga de camiones (cinta transportadora, roca triturada)	ND		5,0 · 10 ⁻⁵	E

ND: No Disponible

(a) Las fuentes que tienen control son las que disponen de una supresión húmeda. La cantidad de humedad del grupo de estudio sin sistemas de supresión, es decir sin control, es del orden del 0,21 a 1,3%, mientras que con las mismas condiciones de operación pero con sistemas de supresión húmeda, son del 0,55 a 2,88%.

(b) Utilizar el factor de emisión de trituración terciaria.

Tabla 11.19.2-1. Capítulo 11.19.2. Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing. AP-42 EPA. Agosto 2004

Asimismo, **en NPI Australia** se encuentran recogidos unos factores de emisión asociados a la minería dedicada al **sector metalífero**.

La abreviatura que se debe utilizar es **OTH**:

Tabla 6. F.E. NPI Australia para el sector minero metalífero (Kg/t)

Operación/Actividad	Metalíferos con alto contenido de humedad		Metalíferos con bajo contenido de humedad		Calidad del Factor
	PST	PM ₁₀	PST	PM ₁₀	
Triturador primario	0,01	0,004	0,2	0,02	C
Triturador secundario	0,03	0,012	0,6	ND	D
Triturador terciario	0,03	0,01	1,4	0,08	E
Molienda húmeda	0	0	0	0	
Molienda seca con clasificador o clasificador mediante aire	14,4	13	14,4	13	C
Molienda seca sin clasificación	1,2	0,16	1,2	0,16	D
Secado (todos los minerales excepto tierras de titanio o zirconio)	9,8	5,9	9,8	5,9	C
Manipulación, transferencia, y transporte del material (cinta transportadora) incluyendo apilado (excepto bauxita) (1)	0,005	0,002	0,06	0,03	C
Tamizado o Clasificación			0,08	0,06	C

ND: No Disponible

(1) El factor de emisión se aplica a cada una de las operaciones

Tabla 3 de la Guía "Emission Estimation Technique Manual for Mining" (NPI Australia).

Para el cálculo **en minas de carbón**, se propone un método de estimación de factores de emisión recogido en la guía de Minas del NPI Australia, que toma como fuente de información diferentes capítulos de la EPA. La abreviatura que se debe utilizar es **OTH**:



Tabla 7. Ecuaciones para el cálculo de F.E. de partículas en suspensión de minas de carbón (EPA)

Fuentes difusas de emisión	PST	PM ₁₀	Udes.	Calidad Factor
Carga de camiones	$E_c = \frac{0,580}{M^{1,2}}$	$E_c = \frac{0,0447}{M^{0,9}}$	Kg/t	B/C
Excavadoras:				
Carbón	$E_{ec} = 35,6 \cdot \frac{S^{1,2}}{M^{1,3}}$	$E_{ec} = 6,33 \cdot \frac{S^{1,5}}{M^{1,4}}$	Kg/h	C/B
Resto de materiales que no son carbón (estériles)	$E_{ee} = 2,6 \cdot \frac{S^{1,2}}{M^{1,3}}$	$E_{ee} = 0,34 \cdot \frac{S^{1,5}}{M^{1,4}}$	Kg/h	B/B

Ec: Emisión por carga; **Eec:** Emisiones por excavadoras de carbón; **Eee:** Emisiones por excavadoras de estériles; **M:** Humedad del material (%); **S:** Contenido de limo en % (partículas sedimentables)

Tabla 11.9-2 del Capítulo 11.9. “Western Surface Coal Mining” de EPA AP-42;

Tabla 2 de la Guía “Emission Estimation Technique Manual for Mining” (NPI Australia). Enero 2012

Se adjunta el listado de M y S en función de la tipología de material extractado.

Tabla 8. Datos de porcentaje de humedad y limo (% de partículas sedimentables) en función del material tratado

Tipo de minas	Material	S (%)		M (%)	
		(Contenido de Limo)		(Humedad)	
		Rango	Media	Rango	Media
Producción de Hierro y acero	Mineral en “Pellets”	1,3 - 13	4,3	0,64 - 4,0	2,2
	Mineral en Terrones	2,8 - 19	9,5	1,6 - 8,0	5,4
	Carbón	2,0 - 7,7	4,6	2,8 - 11	4,8
	Escoria	3,0 - 7,3	5,3	0,25 - 2,0	0,92
	Material Pulverizado	2,7 - 23	13	---	7
	Coque	4,4 - 5,4	4,9	6,4 - 9,2	7,8
	Mezcla de minerales	---	15	---	6,6
	Aglomerado	---	0,7	---	---
	Caliza	0,4 - 2,3	1,0	---	0,2
Extracción y procesado de la roca	Caliza triturada	1,3 - 1,9	1,6	0,3 - 1,1	0,7
	Diferentes productos de la caliza	0,8 - 14	3,9	0,46 - 5,0	2,1
Extracción y procesado de la Taconita	Pellets	2,2 - 5,4	3,4	0,05 - 2,0	0,9



Tipo de minas	Material	S (%)		M (%)	
		(Contenido de Limo)		(Humedad)	
		Rango	Media	Rango	Media
Minas de Carbón	Carbón	3,4 - 16	6,2	2,8 - 20	6,9
	Estériles	3,8 - 15	7,5	---	---
	Material machacado	5,1 - 21	15	0,8 - 6,4	3,4

Tabla 13.2.4-1 del capítulo 13.2.4. "Agregated Handling and Storage Piles" EPA AP-42. Noviembre 2006

5.3. Almacenamiento, carga y descarga de material apilado

Las ecuaciones asociadas al manejo de material pulverulento son válidas para cualquier tipo de minería y se recogen en la tabla siguiente:

Tabla 9. Ecuaciones para el cálculo de F.E. de partículas en las operaciones de almacenamiento carga y descarga de material apilado

Fuentes difusas de emisión	PST	PM ₁₀	Udes
Manipulación de material pulverulento	$E_A = K \cdot 0,0016 \cdot \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	$E_A = K \cdot 0,0016 \cdot \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	Kg/t

Ecuaciones del apartado 13.2.4.3. del capítulo 13.2.4 "Agregated Handling and Storage Piles" EPA AP-42. Noviembre 2006

E_A= emisiones de partículas por material apilado

K= factor adimensional en función del tamaño aerodinámico de las partículas. Tomar los valores de 0,35 en PM₁₀ y 0,74 en PST. (Para PST se adopta por defecto el valor de K que se incluye en la sección 13.2.4 del documento AP-42 de la EPA para PM₃₀).

U= Velocidad media anual del viento. Se puede solicitar en la Agencia Estatal de Meteorología.

M= Humedad de los materiales (%). Se recomienda el uso de datos de humedad obtenidos de campañas de muestreo. En su defecto pueden emplearse los datos incluidos en la tabla 8 anterior. Se extractan en la siguiente los más típicos de las canteras:



Tabla 10. Datos de porcentaje de humedad de los productos más típicos de las canteras

Material	Humedad (%)	
	Rango	Media
Caliza	-	0,2
Caliza triturada	0,3 – 1,1	0,7
Otros productos de la caliza	0,46 – 5,0	2,1
Arena	--	7,4
Arcilla	8,9 -11	10

Tabla 13.2.4-1 del capítulo 13.2.4. “Agregated Handling and Storage Piles” EPA AP-42. Noviembre 2006

La abreviatura que se debe utilizar es **OTH**.

5.4. Resuspensión de partículas del suelo debido al tránsito de vehículos

Han de determinarse las emisiones de cada uno de los tramos en los que se dividen los viales teniendo en cuenta que cada tramo tendrá un factor de emisión propio. Asimismo, se diferencian factores de emisión en función de si se trata de viales industriales pavimentados o no pavimentados.

El procedimiento de cálculo implica:

- Calcular los **F.E.**, emisiones en **kg/(vehículo-km)** para cada tramo.
- Calcular la carga contaminante anual emitida (kg) en cada tramo a partir de los **km totales recorridos por todos los vehículos** que pasan por ese tramo y el **F.E. anterior**.
- Sumar las emisiones anuales de cada tramo para el cálculo de las emisiones totales.
- Aplicar los factores de corrección correspondientes derivados de los efectos de la precipitación o riego.

CÁLCULO DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Tabla 11. Determinación de F.E. de partículas difusas debido al tránsito de vehículos por viales pavimentados

F.E. en gramos de partículas re-suspendidas por Km en viales pavimentados
$F.E.i = \left[k \cdot (sL)^{0,91} \cdot (W)^{1,02} \right]$

Ecuación (1) del capítulo 13.2.1 “Paved Roads” de EPA AP-42. Enero de 2011



Donde:

F.E.i: Factor de emisión en el tramo i en (g/kilómetro recorrido por vehículo)

i: cada uno de los tramos en los que se dividen los viales pavimentados

k: factor de corrección en función del tamaño de las partículas que toma el valor de la tabla 12

sL: contenido de partículas sedimentables (materiales de tamaño inferior a 75 µm) en los viales (g/m²). Se recomienda tomar el valor derivado de campañas de muestreo. En su defecto pueden emplearse los valores propuestos en la tabla 13

W: peso promedio de los vehículos que circulan por la carretera (tons)

1 tons = 0,9071847 t

Tabla 12. Valores de k para el cálculo del F.E.i anterior

Ud. (g/Vehículo-Km)	PST(*)	PM ₁₀
k	3,23	0,62

(*) En defecto de valores específicos para PST, los valores del parámetro k son los indicados en el documento AP-42 sección 13.2.1 para PM30.

Tabla 13.2.1.-1 del capítulo 13.2.1 “Paved Roads” de EPA AP-42. Enero de 2011

Tabla 13. Valores de sL para el cálculo del F.E.i anterior

Material	Contenido en partículas sedimentadas en viales, sL (g/m ²)	
	Rango	Valor medio
Arena y grava	53 - 95	70
Canteras	2,4 - 14	8,2

Tabla 13.2.1.-3 del capítulo 13.2.1 “Paved Roads” de EPA AP-42. Enero de 2011

Tabla 14. Determinación de F.E. de partículas difusas debido al tránsito de vehículos por viales NO pavimentados

F.E. en gramos de partículas re-suspendidas por Km recorrido en viales NO pavimentados

$$F.E.i = k \cdot \left(\frac{s}{12}\right)^a \cdot \left(\frac{W}{3}\right)^b$$

Ecuación (1a) del Capítulo 13.2.2 “Unpaved Roads” de EPA AP-42. Enero de 2011

Donde:

F.E.i: Factor de emisión en el tramo i en (g/kilómetro recorrido por vehículo)

i: cada uno de los tramos en los que se dividen los viales pavimentados

k: factor de corrección en función del tamaño de las partículas que toma el valor de la tabla 15



a y b: constantes empíricas que toman los valores de la tabla 15

s: contenido de partículas sedimentables (materiales de tamaño inferior a 75 μm) en los viales en %. Se recomienda tomar el valor derivado de campañas de muestreo. En su defecto pueden emplearse los valores propuestos en la tabla 16

W: peso promedio de los vehículos que circulan por la carretera (tons)

1 tons = 0,9071847 t

Tabla 15. Valores de k, a y b para el cálculo del F.E.i anterior

Ud. (g/Vehículo-Km)	PST(*)	PM ₁₀
k	1.381,31	422,85
a	0,7	0,9
b	0,45	0,45

Los valores de k se incluyen en las tablas de referencia en lb/VMT y se han pasado al sistema métrico empleando el factor de conversión 1lb/VMT= 281,9 g/VKM.

(*) En defecto de valores específicos para PST, los valores del parámetro k, a y b son los indicados en el documento AP-42 sección 13.2.2 para PM₃₀.

Tabla 13.2.2-2 del capítulo 13.2.2 “Unpaved Roads” de EPA AP-42. Enero de 2011

Tabla 16. Valores de s para el cálculo del F.E.i anterior

MATERIAL		Contenido en partículas sedimentadas en viales NO pavimentados, S (%)	
		Rango	Valor Medio
Arena y grava	Viales	4,1 - 6,0	4,8
	Áreas de almacenamiento de material	--	7,1
Canteras	Viales	2,4 - 16	10
	Viales entre bancos	5,0 - 15	8,3

Tabla 13.2.2-1 del capítulo 13.2.2 “Unpaved Roads” de EPA AP-42. Enero de 2011

CÁLCULO DE LAS EMISIONES POR TRAMO

Una vez calculados los F.E. (kg/vehículo-km) la carga anual por tramo se corresponde con la siguiente ecuación:

$$\text{Carga contaminante en tramo}_i \text{ (kg/año)} = \text{F.E.}_{\text{tramo } i} \times \text{VKM}$$

Donde:

F.E._{tramo i} = factor de emisión para el tramo i en kg/(vehículo-km)

VKM = Kilómetros recorridos por vehículos en el tramo i en un año. Podría determinarse multiplicando la longitud del tramo en kilómetros por el número de circulaciones de vehículos por el tramo i en un año te-



niendo en cuenta que si se hace un recorrido de ida y vuelta contabiliza como dos circulaciones. Por lo que VKM puede calcularse por la siguiente fórmula:

VKM (km recorridos en el tramo i por los vehículos que pasan por el tramo) = Longitud del tramo en km * N° de circulaciones

CÁLCULO DE LAS EMISIONES TOTALES

Se corresponde con el sumatorio de las emisiones anuales de cada tramo:

$$\text{Carga contaminante total} \left(\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right) = \sum_i^n \text{Carga contaminante anual tramo } i \left(\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right)$$

CORRECCIÓN POR EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN

La carga anual de partículas corregidas por efecto de la precipitación se calcula aplicando la siguiente ecuación sobre los resultados de la carga anual obtenida:

Tabla 17. Corrección por efecto de la precipitación

Corrección en viales NO pavimentados

Carga anual corregida por precipitación (kg/año) = Carga contaminante total (kg/año) * [1 - (P/365)]

Corrección en viales pavimentados

Carga anual corregida por precipitación (kg/año) = Carga contaminante total (kg/año) * [1 - (P/1460)]

Capítulo 13.2.1 "Paved Roads" de EPA AP-42. Enero de 2011

Capítulo 13.2.2 "Unpaved Roads" de EPA AP-42. Noviembre de 2006

P= número de días al año en los que la precipitación supera 0,254 mm. Este dato puede comprobarse mediante la información contenida de pluviometría en las Estaciones Agroclimáticas que la Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural tiene en Andalucía. La dirección donde puede comprobarse esto es la siguiente:

<http://web5.ifapa.junta-andalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController>

CORRECCIÓN POR EFECTO DE MEDIDAS CORRECTORAS

Según el OFICEMEN los **efectos mitigantes de diversas medidas correctoras** pueden calcularse una vez aplicada la corrección por precipitación tal y como sigue:

Tabla 18. Corrección por aplicación de medidas correctoras

Corrección

Carga anual corregida (kg/año) = Carga contaminante total corregida por medidas correctoras (kg/año) * [1 - (n/100)]

OFICEMEN "Estudio de métodos de medición, cálculo y estimación para las emisiones de las sustancias PRTR adecuados al sector del cemento en España" Octubre 2009



Los valores que puede adoptar n son los siguientes:

A) VIALES NO PAVIMENTADOS: MEDIDA CORRECTORA, RIEGO

n = factor corrector de la eficacia del riego que depende de RM (relación de humidificación)

$$RM = M_{\text{regada}} / M_{\text{sin regar}}$$

M_{regada} = Contenido de humedad de la superficie del tramo tras el riego con agua en %

$M_{\text{sin regar}}$ = Contenido de humedad de la superficie del tramo antes del riego con agua en %

Tabla 19. Valores de n para viales no pavimentados

RM	n
RM menor o igual a 1	0
RM entre 1 y 2	$75 * RM - 75$
RM mayor a 2	$61,67 + 6,67 * RM$

OFICEMEN “Estudio de métodos de medición, cálculo y estimación para las emisiones de las sustancias PRTR adecuados al sector del cemento en España” Octubre 2009

B) VIALES PAVIMENTADOS: MEDIDA CORRECTORA, OTRAS

En los viales pavimentados los efectos mitigantes pueden deberse a otras medidas como barrido, riego con agua, o ambas donde pueden calcularse una vez aplicada la corrección por precipitación tal y como sigue:

Tabla 20. Valores de n para viales pavimentados

Medidas correctoras en viales pavimentados	n
Barrido	70
Riego con agua	80
Ambas	94

OFICEMEN “Estudio de métodos de medición, cálculo y estimación para las emisiones de las sustancias PRTR adecuados al sector del cemento en España” Octubre 2009



5.5. Otras emisiones

Las emisiones de CO, CO₂, CH₄, NO_x, SO_x, y metales, están asociadas principalmente a gases de combustión producidos por la maquinaria de explotación, camiones y secado del material.

En la siguiente tabla se adjuntan los F.E. derivados del empleo de alguna maquinaria característica de este tipo de instalaciones que utilizan diesel como combustible:

Tabla 21. F.E. para varias clases de equipos propios del sector minero, kg/l combustible

Tipo de maquinaria	PM ₁₀	CO	NO _x	SO _x (como SO ₂)	Tipo de Factor
Tractor tipo huella	0,00306	0,0095	0,0347	0,000024	E/E/E/U
Tractor de ruedas	0,00561	0,0325	0,0528	0,000024	U
Excavadora	0,00176	0,015	0,0349	0,000024	U
Rascadora	0,00329	0,0102	0,031	0,000024	U
Niveladora	0,00268	0,00659	0,0306	0,000024	U
Camión	0,00209	0,0146	0,0338	0,000024	U
Cargador tipo huella	0,0029	0,012	0,0413	0,0000247	U
Cargador tipo rueda	0,00356	0,012	0,0389	0,0000247	D/D/D/U
Rodillo	0,00291	0,0226	0,049	0,000024	U
General	0,00363	0,0185	0,0444	0,000024	E/E/E/U

Tablas 26-35: Guía "Combustión Engines Version 3.0 June 2008" (NPI Australia). Junio 2008

NOTA: El contenido de azufre máximo en el combustible se supone de 10 ppm

En la siguiente tabla se exponen los factores de emisión recogidos en el D. 503/2004 para el **consumo de combustibles líquidos de la maquinaria minera**. La abreviatura que se debe utilizar es **NRB**:

Tabla 22. Factores de Emisión para gases de combustión según el D. 503/2004

Gasoil	F.E. (Decreto 503/2004) Kg/GJ
CO ₂	80
NO _x	0,346
SO _x	0,093

El factor de emisión para el SO_x se ha calculado a partir de la fórmula:



$$F.E. = 2000 \cdot \frac{Cs}{Hu \cdot (1 - R)}$$

Donde:

- F.E.** Factor de emisión para el SO_x en función del combustible empleado expresado en kg/GJ.
- Cs** Contenido de S en peso del combustible expresado en tanto por 1 (Contenido de azufre por defecto, 0,2%).
- Hu** Poder calorífico inferior del combustible (MJ/kg). (Hu por defecto → 43,0).
- R** Eficacia de las medidas de reducción secundarias, en tanto por 1.

El contenido en azufre y el poder calorífico podrá ser promediado a partir de los datos garantizados por el suministrador para las distintas partidas, o bien empleando métodos normalizados.

En la siguiente tabla se muestran los factores de emisión de algunos metales pesados, asociados al proceso de combustión de la maquinaria minera, que recoge la guía EMEP/CORINAIR 2023. La abreviatura que se debe utilizar es **SCC**:

Tabla 23. F.E. de metales pesados para vehículos pesados, expresados en µg/kg combustible

Combustible	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Gasolina	0,3	0,2	6,3	4,5	8,7	2,3	1,6	33
Diesel	0,1	0,05	8,5	5,7	5,3	0,2	0,5	18

Tabla 3-89: Heavy metal emission factors for all vehicle categories. Sección 1.A.3.b.i-iv. EMEP/CORINAIR 2023 – Update 2024

Tabla 24. F.E. asociado al proceso de combustión de maquinaria (vehículos ligeros y pesados), expresados en g/kg combustible (CORINAIR)

Parámetro	Gasolina LCV	Diésel LCV	Diésel HDV
CO	118,70	6,81	6,10
NO _x	5,93	13,48	25,95
CO ₂ (kg/kg combustible)	3,168		3,180

LCV: Light Commercial Vehicle (Vehículo comercial ligero)

HDV: Heavy-Duty Vehicle (Vehículos pesados)

Tabla 3-5; 3-6 y 3-12. Sección 1.A.3.b.i-iv. EMEP/CORINAIR 2023 – Update 2024

Para los gases de combustión originados por los secaderos, u otras instalaciones de combustión que puedan existir en este tipo de instalaciones, se considerará los factores de emisión de la “**Guía de apoyo para la notificación de las emisiones de las centrales térmicas y otras instalaciones de combustión**” publicada por la CSMA.



6. Otros factores de emisión de la bibliografía

Además de los factores de emisión por fase del proceso seleccionados en el apartado anterior, existen otros factores de emisión más generalistas, derivados de la guía EMEP/CORINAIR 2023 que en el caso de las canteras se proponen para aquellos casos en los que no se disponen de datos explícitos de cada fase del proceso. Son factores de emisión de nivel dos e incluyen como factores de emisión de tercer nivel algunos de los modelos de cálculo determinados en la sección 5. Por ello, a pesar de ser estos factores de emisión procedentes del CORINAIR, solo se aconsejan en el caso de no disponer de datos para la aplicación de las ecuaciones descritas en el apartado 5. Se adjuntan en las siguientes tablas:

MINERÍA DE CARBÓN

Tabla 25. F.E. en la minería del carbón a cielo abierto (CORINAIR)

Fase del proceso	Parámetro	F.E.	Udes.
Extracción y primera manipulación del carbón	COVDM	0,8	Kg/t carbón
	PST	0,089	Kg/t carbón
	PM ₁₀	0,042	Kg/t carbón

Tabla 3-2. Sección 1.B.1.a. Coal mining and handling, Open cast mining. EMEP/CORINAIR 2023

Tabla 26. F.E. en la minería del carbón a cielo abierto (CORINAIR)

Fase del proceso	Parámetro	F.E.	Udes.
Almacenamiento de carbón sin sistemas de control	PST	10,25	t/hectárea/año
	PM ₁₀	4,1	t/hectárea/año
Almacenamiento de carbón con sistemas de control	PST	1,025	t/hectárea/año
	PM ₁₀	0,41	t/hectárea/año

Tabla 3-5 de la Sección 1.B.1.a Coal mining and handling, Storage of Coal Uncontrolled; y Table 3-6 Sección 1.B.1.a Coal mining and handling, Storage of Coal Controlled EMEP/CORINAIR 2023

Tabla 27. F.E. en la minería del carbón a cielo abierto (CORINAIR)

Fase del proceso	Parámetro	F.E.	Unidades
Manipulación del carbón	PST	7,5	g/t carbón
	PM ₁₀	3	g/t carbón

Tabla 3-7; Sección 1.B.1.a Coal mining and handling, Handling of Coal, unabated. EMEP/CORINAIR 2023



MINERÍA DIFERENTE A LA DE CARBÓN

Tabla 28. Factores de emisión (CORINAIR)

Parámetro	F.E.	Unidades
PST	102	g/tonelada de mineral
PM ₁₀	50	g/tonelada de mineral

Tabla 3-1 Sección 2.A.5.a Quarrying and mining of minerals other than coal. EMEP/CORINAIR 2023

7. Documentación de referencia

OFICEMEN: Agrupación de fabricantes de cementos de España. 2009 “Estudio de métodos de medición, cálculo y estimación para las emisiones de las sustancias PRTR adecuados al sector del cemento en España”, así como las modificaciones posteriores.

EPA: Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos.

- Capítulo 11.9 (Western Surface Coal Mining, appendix B “Review of Surface Coal Mining Emisión Factors”) AP-42.
- Capítulo 11.19.1 (Sand and Gravel Processing) AP-42.
- Capítulo 11.19.2 (Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing) AP-42.
- Capítulo 13.2 (Miscellaneous Sources) AP-42.

CORINAIR: Inventario de emisiones atmosféricas realizado por la European Environmental Agency.

- (1) Sección 1.A.3.b.i-iv. Exhaust Emissions from road transport
- (2) Sección 1.B.1.a Coal mining and handling
- (3) Sección 2.A.5.a Quarrying and mining of minerals other than coal

NPI – Australia: National Pollutant Inventory.

- (1) Guía: “Emission Estimation Technique Manual for Mining”, versión 3.1
- (2) Guía: “Combustion engines”, versión 3.0.

Reglamento 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2006, relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencia de contaminantes y por el que se modifica las Directivas 91/689/CE y 96/61/CE del Consejo.

Guía para la implantación del E-PRTR de 31 de mayo de 2006.

Desde la **página Web del Registro PRTR** del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico se puede obtener información.

<http://www.prtr-es.es>



ANEXO 1

Ejemplos de aplicación de los factores de emisión propuestos

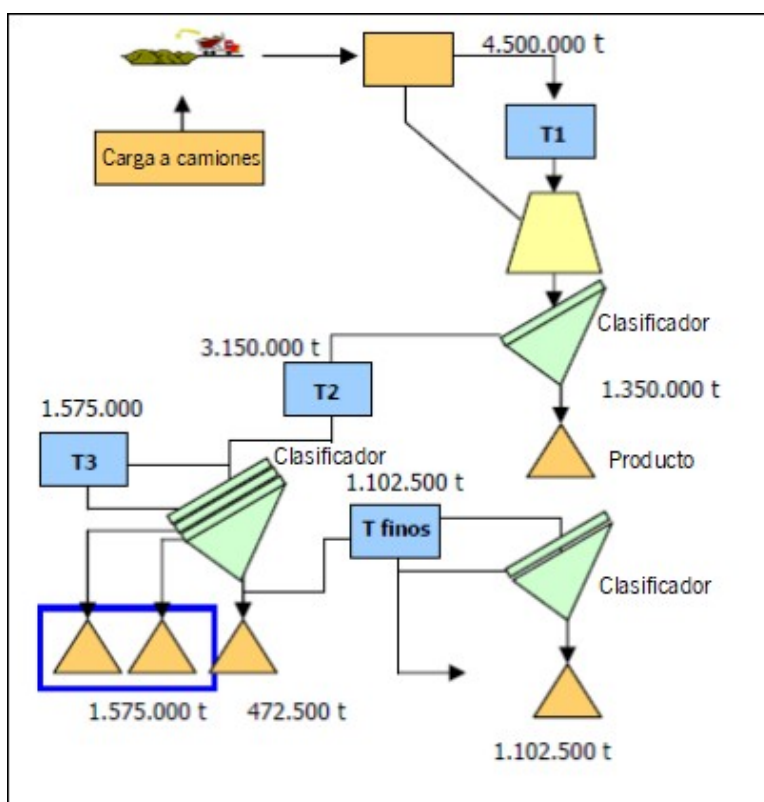


Ejemplo:

A continuación se procede a la determinación de las emisiones atmosféricas para una cantera de roca caliza representativa del sector.

Datos de partida:

- Cantera de explotación de roca caliza.
- El proceso de tratamiento de la roca consta de 3 trituradores sin sistema de control húmedo, con sus respectivos clasificadores de tamaño de partículas y clasificador de finos.



- 2 Camiones con capacidad de 35 m³/viaje. Consumo de gasoil: 1.000 m³
- Consumo de gasoil en total de maquinaria minera (2 camiones: 1.000 m³, 3 excavadoras: 1.500 m³): 2.500 m³
- Velocidad del viento = 2,5 m/s.
- Densidad del gasoil: 900 kg/ m³.

Datos de producción:

- Producción: 4.500.000 t/año de roca caliza.



PM₁₀:

Foco 1. Trituración de las rocas (Tabla 5)

Triturador 1: 0,0012 kg/t x 4.500.000 t = 5.400 kg/año

Triturador 2: 0,0012 kg/t x 3.150.000 t = 3.780 kg/año

Triturador 3: 0,0012 kg/t x 1.575.000 t = 1.890 Kg/año

Foco 2. Clasificación por tamaño de partículas (Tabla 5)

Clasificador 1: --

Clasificador 2: --

Clasificador 3: 0,0043 Kg/t x 472.500 t = 2.031,75 Kg/año

Clasificador finos: 0,036 Kg/t x 1.102.500 t = 39.690 Kg/año

Foco 3. Tratamiento de material pulverulento: (Tabla 9)

$$E = 0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \quad U = 2,5 \text{ m/s; } M = 2,1 \% \text{ (M se obtiene de la Tabla 10)}$$

$E = 6,17 \times 10^{-4} \text{ kg/t} \rightarrow 6,17 \times 10^{-4} \times 4.500.000 = 2.776,5 \text{ kg/año.}$

La suma total será:

$PM_{10} \text{ total} = 5.400 + 3.780 + 1.890 + 2.031,75 + 39.690 + 2.776,5 = \mathbf{55.568,25 \text{ kg/año}}$

Partículas totales (PST)

Foco 1. Trituración de las rocas (Tabla 5)

Triturador 1: 0,0027 Kg/t x 4.500.000 t = 12.150 Kg/año

Triturador 2: 0,0027 Kg/t x 3.150.000 t = 8.505 Kg/año

Triturador 3: 0,0027 Kg/t x 1.575.000 t = 4.252,5 Kg/año

Foco 2. Clasificación por tamaño de partículas (Tabla 5)

Clasificador 1: --

Clasificador 2: --

Clasificador 3: 0,0125 Kg/t x 472.500 t = 5.906,25 Kg/año

Clasificador finos: 0,15 Kg/t x 1.102.500 t = 165.375 Kg/año.



Foco 3. Tratamiento de material pulverulento: (Tabla 9)

$$E = 0,74 \times 0,0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \quad U=2,5 \text{ m/s; } M=2,1 \% \text{ (M se obtiene de la Tabla 10)}$$

$$E = 1,306 \times 10^{-3} \text{ kg/t} \rightarrow 1,306 \times 10^{-3} \times 4.500.000 = \underline{5.875,86 \text{ kg/año.}}$$

La suma total será:

$$\text{PST total} = 12.150 + 8.505 + 4.252,5 + 5.906,25 + 165.375 + 5.875,86 = \underline{\underline{202.064,61 \text{ kg/año}}}$$

Foco 4. Combustión de gasoil de maquinaria

2 Camiones (1.000 m³) y 3 excavadoras (1.500 m³): Consumo total de combustible: 2.500 m³

Monóxido de Carbono (CO): (Tabla 24)

$$\text{Emisión}_{\text{Camiones}} (\text{kg/año}) = 6,81 \text{ g/Kg comb} \times 1.000 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-3} \text{ kg/g} = 5.229 \text{ kg/año}$$

$$\text{Emisión}_{\text{Excavadoras}} (\text{kg/año}) = 6,1 \text{ g/Kg comb} \times 1.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-3} \text{ kg/g} = 8.235 \text{ kg/año}$$

$$\text{Emisión CO} = \underline{\underline{13.464 \text{ kg/año}}}$$

Dióxido de Carbono (CO₂): (Tabla 22)

$$\text{Emisión} (\text{kg/año}) = 80 \text{ kg/GJ} \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 43,0 \text{ GJ/t} \times 10^{-3} \text{ t/Kg} = 7.740.000 \text{ kg/año}$$

$$\text{Emisión CO}_2 = \underline{\underline{7.740.000 \text{ kg/año}}}$$

Óxido de Nitrógeno (NO_x): (Tabla 22)

$$\text{Emisión} (\text{kg/año}) = 0,346 \text{ kg/GJ} \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 43,0 \text{ GJ/t} \times 10^{-3} \text{ t/Kg} = 33.475,5 \text{ kg/año}$$

$$\text{Emisión NO}_x = \underline{\underline{33.475,5 \text{ kg/año}}}$$

Óxido de Azufre (SO_x): (Tabla 22)

$$\text{Emisión} (\text{kg/año}) = 0,093 \text{ kg/GJ} \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 43,0 \text{ GJ/t} \times 10^{-3} \text{ t/Kg} = 8.997,75 \text{ kg/año}$$

$$\text{Emisión SO}_x = \underline{\underline{8.997,75 \text{ kg/año}}}$$

Arsénico (As): (Tabla 23)

$$\text{Emisión} (\text{kg/año}) = 0,1 \text{ µg/kg} \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-9} \text{ kg/µg} = \underline{\underline{0,000225 \text{ kg As/año}}}$$



Cadmio (Cd): (Tabla 23)

Emisión (kg/año) = $0,05 \mu\text{g/kg} \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-9} \text{ kg}/\mu\text{g} = \mathbf{0,0001125 \text{ kg Cd/año}}$

Cromo (Cr): (Tabla 23)

Emisión (kg/año) = $8,5 \mu\text{g/kg} \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-9} \text{ kg}/\mu\text{g} = \mathbf{0,019125 \text{ kg Cr/año}}$

Cobre (Cu): (Tabla 23)

Emisión (kg/año) = $5,7 \mu\text{g/kg} \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-9} \text{ kg}/\mu\text{g} = \mathbf{0,012825 \text{ kg Cu/año}}$

Mercurio (Hg): (Tabla 23)

Emisión (kg/año) = $5,3 \mu\text{g/kg} \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-9} \text{ kg}/\mu\text{g} = \mathbf{0,011925 \text{ kg Hg/año}}$

Níquel (Ni): (Tabla 23)

Emisión (kg/año) = $0,2 \mu\text{g/kg} \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-9} \text{ kg}/\mu\text{g} = \mathbf{0,00045 \text{ kg Ni/año}}$

Plomo (Pb): (Tabla 23)

Emisión (kg/año) = $0,5 \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-9} \text{ kg}/\mu\text{g} = \mathbf{0,001125 \text{ kg Pb/año}}$

Zinc (Zn): (Tabla 23)

Emisión (kg/año) = $18 \times 2.500 \text{ m}^3 \times 900 \text{ kg/m}^3 \times 10^{-9} \mu\text{g/kg} = \mathbf{0,0405 \text{ kg Zn/año}}$

Emisiones totales a la atmósfera

Nº PRTR	Contaminante	Emisiones (Kg/año)	Emisiones con 3 cifras significativas	Mét.	Abrev.	Fuente
2	Monóxido de Carbono (CO)	13.464	13.500	C	SCC	CORINAIR
3	Dióxido de Carbono (CO ₂)	7.740.000	7.740.000	C	NRB	D.503/04
8	Óxidos de Nitrógeno (NO _x /NO ₂)	33.475,5	33.500	C	NRB	D.503/04
11	Óxidos de Azufre (SO _x /SO ₂)	8.997,75	9.000	C	NRB	D.503/04
17	Arsénico y sus compuestos (como As)	0,000225	0,000225	C	SCC	CORINAIR
18	Cadmio y sus compuestos (como Cd)	0,0001125	0,000113	C	SCC	CORINAIR
19	Cromo y sus compuestos (como Cr)	0,019125	0,0191	C	SCC	CORINAIR
20	Cobre y sus compuestos (como Cu)	0,012825	0,0128	C	SCC	CORINAIR



Nº PRTR	Contaminante	Emisiones (Kg/año)	Emisiones con 3 cifras significativas	Mét.	Abrev.	Fuente
21	Mercurio y sus compuestos (como Hg)	0,011925	0,0119	C	SCC	CORINAIR
22	Níquel y sus compuestos (como Ni)	0,00045	0,00045	C	SCC	CORINAIR
23	Plomo y sus compuestos (como Pb)	0,001125	0,00113	C	SCC	CORINAIR
24	Zinc y sus compuestos (como Zn)	0,0405	0,0405	C	SCC	CORINAIR
86	PM ₁₀	55.568,25	55.600	C	OTH	EPA AP-42
92	PST	202.064,61	202.000	C	OTH	EPA AP-42