

GUÍA PARA LA PREVENCIÓN DE EMISIONES DIFUSAS DE PARTÍCULAS



aireaAIRE

2012

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE
PLANGINTZA, NEKAZARITZA
ETA ARRANTZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL,
AGRICULTURA Y PESCA



ingurumena.net

Documento:	GUÍA PARA LA PREVENCIÓN DE EMISIONES DIFUSAS DE PARTÍCULAS
Fecha de edición:	2012
Propietario:	Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca. Dirección de Planificación Ambiental

INDICE

	<u>Pág.</u>
OBJETO	5
NORMATIVA	5
Calidad del aire	5
Emisiones	9
INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA	10
ACTIVIDADES POTENCIALMENTE GENERADORAS DE EMISIONES DIFUSAS DE PARTÍCULAS 13	
SECTORES Y PROCESOS.....	18
Canteras	18
Plantas de hormigón.....	19
Parques de almacenamiento.....	19
Coquerías	19
Puertos.....	20
Industrias minerales.....	21
Fabricación de cal	21
Fabricación de cemento.....	22
Fabricación de productos cerámicos	23
Fabricación de explosivos	25
Industrias del hierro	25
Industrias del acero	27
Industrias de metales no férreos	28
Industria química	29

FACTORES DE EMISION.....	32
ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES	36
Manipulación de materiales pulverulentos	36
Tráfico por carreteras sin pavimentar.....	38
Tráfico por carreteras pavimentadas.....	40
MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS	41
Mejores Técnicas Disponibles - BREF almacenamiento	42
Almacenamiento de materiales pulverulentos.....	45
Sistemas de nebulización de agua.....	46
Sistemas lava-ruedas y bajos de los camiones.....	46
Barredoras/aspiradoras para limpieza de suelos y viales	47
Barreras cortavientos artificiales.....	48
Barreras cortavientos naturales.....	48
MEDIDAS GENÉRICAS.....	49
Manipulación de materiales pulverulentos	49
Transporte de materiales pulverulentos	50
Almacenamientos a cielo abierto.....	50
Limpieza de suelos y viales	52
MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA ZONAS PORTUARIAS	52
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS.....	56
ANEXO 1.- PANTALLAS ARTIFICIALES	56
ANEXO 2.- SISTEMAS LAVARUEDAS Y BAJOS DE LOS CAMIONES	59

OBJETO

El objeto de esta Guía es complementar la “*Instrucción técnica 03 (IT-03): control de las emisiones difusas de partículas a la atmósfera*” para el control de las emisiones difusas de partículas mediante medidas de inmisión (calidad del aire ambiente) en los alrededores de las actividades que generan emisiones difusas de partículas como consecuencia del almacenamiento, transporte y manipulación de materiales. La manipulación incluye operaciones de mezclado, almacenamiento, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de sólidos pulverulentos en instalaciones industriales, puertos o centros logísticos.

NORMATIVA

La Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera ha creado un nuevo marco para la protección frente a la contaminación atmosférica. Esta Ley tiene por objeto establecer las bases en materia de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica con el fin de evitar y cuando esto no sea posible, aminorar los daños que puedan derivarse para las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.

Calidad del aire

El Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire es la norma básica que describe, unifica y actualiza en un mismo documento todos los objetivos de calidad del aire y las medidas necesarias para conseguirlos. Con el fin de minimizar el impacto en el medio ambiente en su conjunto establece valores de referencia para distintos contaminantes: valores límite, objetivo, umbrales de información y de alerta, etc.

A la entrada en vigor del citado Real Decreto 102/2011 ha quedado derogada toda la normativa anteriormente vigente sobre calidad del aire: los Reales Decretos 1073/2002, 1796/2003 y 812/2007 y el Decreto 833/1975.

El principal cambio respecto a la normativa anterior es que se han establecido valores de referencia para las partículas de diámetro aerodinámico menor que 2,5 μm (PM_{2,5}). El Real Decreto 102/2011 define y establece los objetivos de calidad del aire para las fracciones de partículas PM₁₀ y PM_{2,5} cuyo objeto es la protección de la salud humana.

El método de referencia para la toma de muestras y la medición de PM₁₀ es el método manual que se describe en la norma UNE-EN 12341:1999 «Calidad del aire-Determinación de la fracción PM₁₀ de la materia particulada en suspensión-Método de referencia y procedimiento de ensayo de campo para demostrar la equivalencia de los métodos de medida al de referencia».

El método de referencia para la toma de muestras y la medición de PM_{2,5} es el que se describe en la norma UNE-EN 14907:2006 «Calidad del aire ambiente-Método gravimétrico de medida para la determinación de la fracción másica PM_{2,5} de la materia particulada en suspensión».

El citado Real Decreto 102/2011 establece que el cumplimiento de los valores límite para la protección de la salud humana no se evaluará en los emplazamientos situados en zonas a las que el público no tenga acceso y no existan viviendas permanentes; ni en los locales de fábricas o instalaciones industriales en las que se aplican las normas de protección en el lugar de trabajo correspondientes.

Los valores límite y objetivo establecidos para partículas en el Real Decreto 102/2011, se indican a continuación:

	Período de promedio	Valor límite	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
1. Valor límite diario.	24 horas.	50 µg/m ³ , que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año.	50% (1).	En vigor desde el 1 de enero de 2005 (2).
2. Valor límite anual.	1 año civil.	40 µg/m ³	20% (1).	En vigor desde el 1 de enero de 2005 (2).

(1) Aplicable solo mientras esté en vigor la exención de cumplimiento de los valores límite concedida de acuerdo con el artículo 23.

(2) En las zonas en las que se haya concedido exención de cumplimiento, de acuerdo con el artículo 23, el 11 de junio de 2011.

Tabla 1.- Valores límite de partículas PM₁₀ en condiciones ambientales para la protección de la salud

	Período de promedio	Valor	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor objetivo anual.	1 año civil.	25 µg/m ³	—	En vigor desde el 1 de enero de 2010.
Valor límite anual (fase I).	1 año civil.	25 µg/m ³	20% el 11 de junio de 2008, que se reducirá el 1 de enero siguiente y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes idénticos anuales hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2015, estableciéndose los siguientes valores: 5 µg/m ³ en 2008; 4 µg/m ³ en 2009 y 2010; 3 µg/m ³ en 2011; 2 µg/m ³ en 2012; 1 µg/m ³ en 2013 y 2014	1 de enero de 2015.

	Período de promedio	Valor	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite anual (fase II) (1).	1 año civil.	20 µg/m ³	—	1 de enero de 2020.

(1) Valor límite indicativo que deberá ratificarse como valor límite en 2013 a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad técnica y la experiencia obtenida con el valor objetivo en los Estados Miembros de la Unión Europea.

Tabla 2.- Valores objetivo y límite de partículas PM_{2,5} en condiciones ambientales para la protección de la salud

Este Real Decreto 102/2011 contempla que se podrá restar el aporte de fuentes naturales para la evaluación de la calidad del aire. Para la demostración y sustracción de los niveles atribuibles a fuentes naturales se emplearán las directrices que publique la Comisión Europea. Mientras tanto, para el caso de las partículas se utilizará el «Procedimiento para la identificación de episodios naturales de PM₁₀ y PM_{2,5}, y la demostración de causa en lo referente a las superaciones del valor límite diario de PM₁₀», elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino en colaboración con las Comunidades Autónomas.

Con relación a las partículas sedimentables, para la determinación de los niveles de inmisión a los que se refería el Decreto 833/1975, en los Anexos de la Orden de 10 de agosto de 1976 se establecieron las normas técnicas para el análisis y valoración de los contaminantes de naturaleza química presentes en la atmósfera. El Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono, derogó el valor límite de partículas sedimentables y los apartados 2 y 3 del Anexo 2 de la citada Orden, donde se establecía el procedimiento para la determinación gravimétrica de las partículas en suspensión con captador de alto volumen. Sin embargo, no

han sido expresamente derogados el apartado 4 del Anexo 2 y el Anexo 5 de la Orden de 10 de agosto de 1976 donde se establece la metodología y el procedimiento para determinar el nivel de inmisión de partículas sedimentables.

El valor de referencia de 300 mg/m²×día es un indicador del umbral de molestia para la población por la presencia de polvo en el aire.

La concentración de partículas sedimentables (PS) en mg/m² se obtiene de la fórmula:

$$PS = F \times P$$

Donde:

- F: Factor del embudo (m⁻²)
- P: Residuo total soluble e insoluble, restada la cantidad añadida para evitar la proliferación de algas y hongos (mg)

La concentración de partículas sedimentables (mg/m² día) se obtiene de la fórmula:

$$PS = (F \times P) / D$$

Donde:

- D: Número de días del período muestreado

Las emisiones difusas de partículas dependen básicamente de la velocidad del viento y de la naturaleza, granulometría y humedad del material manipulado, almacenado y/o depositado y las partículas sedimentables generalmente se depositan en el entorno de la zona de emisión. Las emisiones difusas de partículas pueden ser mayoritariamente de un tamaño superior al contemplado en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire y aunque el impacto en la salud humana de las partículas más gruesas no implica el mismo riesgo que PM₁₀, pueden llegar a ocasionar importantes molestias en los receptores próximos y daños al medio ambiente.

Emisiones

El Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, tiene por objeto actualizar el Catálogo de Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera (CAPCA en adelante) recogido en el anexo IV de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, así como establecer disposiciones básicas para su aplicación y criterios comunes en relación con las medidas para el control de las emisiones para las actividades incluidas en dicho Catálogo.

A la entrada en vigor del Real Decreto 100/2011 ha sido derogada parte de la normativa sobre emisiones: el Decreto 833/1975 y la Orden de 18 de octubre de 1976 sobre prevención y corrección de la contaminación industrial de la atmósfera, si bien la citada Orden mantendrá su vigencia en aquellas comunidades autónomas que no tengan aprobada normativa y el anexo IV del Decreto 833/1975 estará vigente para instalaciones grupo C, en tanto no se dicte normativa en la materia.

El nuevo catálogo permite la desagregación de las actividades en función de su potencia o capacidad, permitiendo así su asignación a los diferentes grupos en función de su potencial contaminador. En relación a las asignaciones a grupos, incorpora la posibilidad de considerar ciertas actividades en un grupo más restrictivo en los casos en los que sea necesario para la consecución de los objetivos planteados en los planes de calidad del aire. Esta posibilidad de cambio de grupo se prevé también, a criterio de la autoridad competente, para aquellos casos en que la proximidad a núcleos urbanos o espacios naturales protegidos, o la emisión de determinadas sustancias peligrosas suponga un mayor riesgo de generar daños o molestias.

Actualmente, a las instalaciones sometidas a autorización, es en su autorización APCA donde se establece la periodicidad del control y los valores límite de emisión (VLE) de sustancias contaminantes, basados en las mejores técnicas disponibles (MTD) y teniendo en cuenta las características de la instalación, su implantación geográfica y las condiciones locales del medio ambiente.

El Real Decreto 100/2011 establece que los titulares de las instalaciones en las que se desarrollen actividades incluidas en el catálogo minimizarán tanto las emisiones canalizadas como las difusas de contaminantes a la atmósfera aplicando, en la medida de lo posible, las mejores técnicas disponibles. Asimismo el órgano competente podrá establecer las especificaciones técnicas y requisitos relativos a los procedimientos de control de las emisiones difusas.

La Directiva 2010/75/UE sobre emisiones industriales ha establecido un marco general para el control de las principales actividades industriales. Al igual que en calidad del aire, esta Directiva refunde en una única las siete Directivas actualmente existentes. Esta Directiva establece una serie de mecanismos más eficaces para que los Estados miembros puedan controlar e imponer el cumplimiento de la nueva normativa y refuerza la aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD). Con el impulso de las MTD se pretende que los operadores se esfuercen en aplicar soluciones innovadoras. Los nuevos requisitos deberán garantizar que los operadores de las actividades apliquen las MTD de un modo más uniforme y que con ello se logre una mayor igualdad para el conjunto de la industria.

La mencionada Directiva 2010/75/UE contempla que las MTD serán obligatorias a través de Decisiones publicadas por la Comisión sobre las conclusiones relativas a las MTD. Tras la adopción de una Decisión, la Comisión hará accesibles al público los documentos de referencia MTD y velará por la publicación de las conclusiones relativas a las MTD en todas las lenguas oficiales de la Unión.

INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA

La dispersión (transporte y difusión) de los contaminantes emitidos a la atmósfera depende de las variables meteorológicas, topografía de la zona, rugosidad del terreno, vegetación, altura de edificios, proximidad al mar, etc.

Las situaciones meteorológicas condicionan los niveles de calidad del aire, y, es por ello importante conocer las características atmosféricas de una zona para saber cómo se están dispersando los contaminantes emitidos y poder valorar su impacto en la calidad del aire. Los contaminantes emitidos en la superficie terrestre se dispersan tanto vertical como horizontalmente siguiendo los movimientos turbulentos del aire.

A escala local, la dispersión de las emisiones difusas de partículas generadas por la manipulación, transporte y almacenamiento de materiales y productos sólidos pulverulentos depende fundamentalmente de los parámetros meteorológicos: velocidad y dirección del viento, lluvia, clase de estabilidad atmosférica y altura de la capa de mezcla.

La lluvia ejerce un efecto de “limpieza” sobre el material particulado en suspensión en el aire, así como el depositado en el suelo, evitando su resuspensión. El viento puede ser el origen de muchas de las emisiones y también su mecanismo de transporte, pudiendo arrastrar las partículas en suspensión hasta kilómetros del foco, dependiendo del tamaño de las

partículas y de la dirección y velocidad del viento. Cuanto más finas sean las partículas más fácilmente podrán ser resuspendidas por la acción del viento y podrán ser transportadas a mayores distancias.

El rozamiento del aire con el terreno provoca una reducción de la velocidad del viento en las capas próximas al suelo. Cerca del suelo la velocidad del viento es menor y la variación con la altura depende de la rugosidad del terreno (vegetación, cultivos, edificios,...). En superficies con muy poca rugosidad (terrenos llanos sin arbolado, grandes superficies lisas de agua o de nieve,...) el gradiente vertical de velocidad de viento es suave, mientras que por el contrario, terrenos con gran rugosidad (edificaciones altas de las ciudades, bosques,...) el gradiente de velocidad es más acusado.

Para caracterizar los tipos de terreno se utiliza el parámetro z_0 denominado longitud de rugosidad. En Tabla 3 se muestran algunos valores representativos para z_0 .

Tipos de superficies	z_0 (m)
Superficie muy lisa	0,00001
Superficie lisa (agua, nieve)	0,001
Zonas costeras	0,001 a 0,002
Vegetación de poca altura y edificaciones aisladas	0,01 a 0,03
Terreno agrícola	0,1
Zona residencial (edificios de poca altura)	1
Zona urbana (edificios altos)	5 a 10

Tabla 3.- Valores de longitud de rugosidad z_0 para diferentes tipos de superficies

La rugosidad del terreno modifica el perfil de velocidades del lugar. Existen diferentes expresiones para calcular este perfil de distribución de velocidades. Con el perfil logarítmico,

conociendo la velocidad del viento en superficie se puede extrapolar la velocidad del viento en altura mediante la fórmula¹:

$$U(z) = \frac{U^*}{0,41} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{siendo } z > z_0$$

Con esta fórmula se obtiene el perfil de velocidades entre el suelo y la capa límite, que es la zona en la que la fórmula es válida.

Para analizar cual es la velocidad del viento a partir de la cual se empiezan a resuspender las partículas, según estudios de la USEPA la velocidad de fricción umbral (U^*_t) varía entre 0,55 m/s para carbón de tamaño fino y 1,12 m/s para partículas de un diámetro medio de 3mm. A la velocidad existente en un punto de la superficie se le denomina velocidad de fricción (U^*). Para no provocar emisiones (resuspensión) la velocidad del viento en cada punto de la superficie debe ser menor que la velocidad umbral, se debe cumplir que:

$$U^* < U^*_t$$

Experimentalmente se ha demostrado que una simplificación válida de la ecuación de velocidades es utilizar una longitud de rugosidad $Z_0 = 0,5$ cm (terreno liso) y estimar que $U^* = 0.053 \times U^*_{10}$; siendo U^*_{10} la velocidad pico promediada en 1 minuto y referida a una altura de 10m.

¹ Emissions Factors & AP 42, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. 13.2.5.- *Industrial wind erosion*

ACTIVIDADES POTENCIALMENTE GENERADORAS DE EMISIONES DIFUSAS DE PARTÍCULAS

A continuación se detallan principales actividades potencialmente generadoras de emisiones difusas, donde el grupo y código se refiere al Catálogo APCA:

ACTIVIDADES	GRUPO	CÓDIGOS
<p>PROCESOS INDUSTRIALES SIN COMBUSTIÓN</p> <p>INDUSTRIA DEL HIERRO Y ACERO Y LAS COQUERÍAS</p> <p>Almacenamiento u operaciones de manipulación, mezclado, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de materiales sólidos pulverulentos en la industria del hierro, del acero, coquerías, instalaciones industriales, puertos o centros logísticos, con capacidad de manipulación de estos materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ≥ 500 t/día - ≥ 100 t/ día y < 500 t/día - < 100 t/día 	<p>B ^(*)</p> <p>C ^(*)</p> <p>- ^(*)</p>	<p>04 02 10 50</p> <p>04 02 10 51</p> <p>04 02 10 52</p>
<p>INDUSTRIA DE METALES NO FÉRREOS</p> <p>Almacenamiento u operaciones de manipulación, mezclado, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de materiales sólidos pulverulentos en la industria de metales no férreos, en instalaciones industriales, puertos o centros logísticos, con capacidad de manipulación de estos materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ≥ 500 t/día 		

ACTIVIDADES	GRUPO	CÓDIGOS
<ul style="list-style-type: none"> - ≥ 100 t/ día y < 500 t/día - < 100 t/día 	B (*) C (*) - (*)	04 03 09 50 04 03 10 51 04 03 09 52
INDUSTRIA QUÍMICA INORGÁNICA Almacenamiento u operaciones de manipulación, mezclado, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de productos químicos inorgánicos sólidos a granel en instalaciones industriales, puertos o centros logísticos, con capacidad de manipulación de estos materiales: <ul style="list-style-type: none"> - ≥ 500 t/día - ≥ 100 t/ día y < 500 t/día - < 100 t/día 	B (*) C (*) - (*)	04 04 16 50 04 04 16 51 04 04 16 52
INDUSTRIA QUÍMICA ORGÁNICA Almacenamiento u operaciones de manipulación, mezclado, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de productos químicos orgánicos sólidos a granel en instalaciones industriales, puertos o centros logísticos, con capacidad de manipulación de estos materiales: <ul style="list-style-type: none"> - ≥ 500 t/día - ≥ 100 t/ día y < 500 t/día - < 100 t/día 	B (*) C (*) - (*)	04 05 27 50 04 05 27 51 04 05 27 52

ACTIVIDADES	GRUPO	CÓDIGOS
INDUSTRIA Y USO DE MATERIAS MINERALES		
Plantas de hormigón	B	04 06 12 06
OTRA INDUSTRIA DIVERSA		
<p>Almacenamiento u operaciones de manipulación, mezclado, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de materiales pulverulentos en la industria de transformación de la madera, pasta de papel, alimentación, bebidas, industria mineral o resto de actividades diversas no especificadas en otros epígrafes en instalaciones industriales, puertos o centros logísticos, con capacidad de manipulación de estos materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ≥ 1.000 t/día - ≥ 200 t/ día y < 1.000 t/día - < 200 t/día 	<p>B (*)</p> <p>C (*)</p> <p>- (*)</p>	<p>04 06 17 50</p> <p>04 06 17 51</p> <p>04 06 17 52</p>
MINERIA NO ENERGÉTICA Y LOGÍSTICA PRODUCTOS		
<p>Actividades primarias de minería no energética que conlleven la extracción o tratamiento de productos minerales cuando la capacidad es:</p> <ul style="list-style-type: none"> - >200.000 t/año o para cualquier capacidad cuando la instalación se encuentre a menos de 500 m de un núcleo de población - ≤ 200.000 t/año siempre que la instalación no se encuentre a 	B	04 06 16 01

ACTIVIDADES	GRUPO	CÓDIGOS
menos de 500 m de un núcleo de población	C	04 06 16 02
MINERIA NO ENERGÉTICA Y LOGÍSTICA PRODUCTOS Actividades logísticas o de distribución de productos mineros como el almacenamiento, la manipulación o el transporte de estos productos mineros pulverulentos no energéticos incluidas las desarrolladas en puertos o centros logísticos de materias primas o productos, con capacidad de manipulación de estos materiales: <ul style="list-style-type: none"> - ≥ 1.000 t/día - ≥ 200 t/ día y < 1.000 t/día - < 200 t/día 	B (*) C (*) - (*)	04 06 16 50 04 06 16 51 04 06 16 52
EXTRACCIÓN Y PRIMER TRATAMIENTO DE COMBUSTIBLES FÓSILES SÓLIDOS <ul style="list-style-type: none"> - Minería a cielo abierto - Almacenamiento u operaciones de manipulación, mezclado, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de materiales sólidos pulverulentos en parques de carbón o coque, en instalaciones industriales, puertos o centros logísticos 	B B	05 01 01 00 05 01 03 00
RESUSPENSIÓN DE MATERIAL PULVERULENTO <ul style="list-style-type: none"> - En carreteras pavimentadas - En carreteras no pavimentadas 	- -	07 09 01 00 07 09 02 00

ACTIVIDADES	GRUPO	CÓDIGOS
<p>OTROS TRATAMIENTOS DE RESIDUOS</p> <p>Almacenamiento u operaciones de manipulación tales como mezclado, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de residuos no metálicos o de residuos metálicos pulverulentos, con capacidad de manipulación de estos materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ≥ 500 t/día, ó ≥ 10 t/día en el caso de residuos peligrosos - ≥ 100 t/ día y < 500 t/día; ó ≥ 1 t/ día y < 10 t/día de residuos peligrosos en el caso de residuos peligrosos - < 100 t/día 	<p>B (*)</p> <p>C (*)</p> <p>- (*)</p>	<p>09 10 09 50</p> <p>09 10 09 51</p> <p>09 10 09 52</p>

- : Sin grupo asignado

(*) Las actividades pertenecientes al grupo B pasarán a considerarse como grupo A, las del grupo C pasarán a considerarse grupo B y las sin grupo pasarán a considerarse grupo C a criterio del órgano competente de la Comunidad Autónoma, en el caso en que se utilicen sustancias peligrosas o la actividad se desarrolle a menos de 500 m de alguno de los siguientes espacios: núcleos de población, espacios naturales protegidos de acuerdo al artículo 27 de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, incluidas sus zonas periféricas de protección, espacios pertenecientes a la Red Natura 2000 y áreas protegidas por instrumentos internacionales.

Tabla 4.- Actividades potencialmente generadoras de emisiones difusas de partículas

SECTORES Y PROCESOS

En los siguientes apartados se indican etapas de proceso en las que se generan emisiones difusas de partículas debido a la manipulación y almacenamiento de materiales y sólidos pulverulentos: materias primas, combustibles, residuos, mercancías,...

Parte de la información utilizada a continuación se ha extraído de las *Guías Técnicas para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire (IHOBE)*.

Canteras

Las canteras de la CAPV se dedican a la extracción de arenas y gravas, o piedra, en dos etapas principales: extracción de la piedra (caliza normalmente), arenas y gravas y cribado de la piedra (instalación de machaqueo para la trituración y clasificación de piedra caliza para fabricar áridos generalmente).

La mayor parte de las emisiones generadas en canteras son difusas, partículas arrastradas por el viento, siendo la cantidad de humedad de la piedra y las condiciones meteorológicas (fundamentalmente el viento) los principales factores que van a determinar la cantidad de materia particulada que se emita de manera difusa. Las zonas de canteras están sometidas a una fuerte carga contaminante producida por la resuspensión de partículas debido a las diferentes operaciones propias de esta actividad minera.

Las emisiones de la trituración de la piedra dependen del tipo de roca, tamaño de la piedra, cantidad de humedad, tipo de maquinaria, reducción del tamaño requerido y contenido de finos. Según bibliografía al respecto, no existe una diferencia significativa en las emisiones de materia particulada durante la extracción y procesado de piedra caliza y de granito.

En las canteras, además de por carreteras pavimentadas, también hay tráfico de camiones pesados por carreteras sin pavimentar. Los caminos mineros que se construyen para dar acceso a los diferentes bloques de explotación, por lo general están pavimentados, pero los caminos que parten de los principales a los diferentes frentes de minería no llevan capa de rodadura ya que se construyen sobre el mineral y se pierden con la minería.

En las canteras se generan importantes emisiones difusas de partículas a la atmósfera cuando el transporte se realiza mediante camiones que trasladan el mineral hacia el punto de recepción a través de caminos no pavimentados.

Plantas de hormigón

Las plantas de hormigón son instalaciones utilizadas para la fabricación del hormigón a partir de la materia prima que lo compone: árido, cemento y agua (también puede incluir otros componentes como filler, fibras de refuerzo o aditivos). Estos componentes que previamente se encuentran almacenados en la planta de hormigón, son dosificados en las proporciones adecuadas, para ser mezclados en el caso de centrales amasadoras o directamente descargados a un camión hormigonera en el caso de las centrales dosificadoras.

Se producen emisiones difusas de partículas a consecuencia de los acopios de áridos utilizados como materia prima para la fabricación del hormigón y también se producen emisiones difusas debido a la resuspensión del polvo cuando circulan por suelos y viales sucios los camiones y la maquinaria utilizada para el movimiento de los áridos como dumpers, retroexcavadoras, retrocargadoras, etc.

Las plantas de hormigón son instalaciones completamente automatizadas, con sistemas integrados de control de peso y producciones, como son los sistemas de dosificación de aditivos, sistema de dosificación de fibras, sistemas neumáticos de carga de cemento, etc.

Parques de almacenamiento

En los almacenamientos a cielo abierto los materiales están expuestos a las condiciones meteorológicas y el viento puede ocasionar emisiones de partículas por resuspensión del material almacenado. Para reducir su influencia se pueden aplicar una serie de medidas, las más eficaces son las barreras cortavientos tanto naturales como artificiales y el regado con agua y algún aditivo que actúe como sellante, siempre que los materiales sean compatibles con el agua y los aditivos.

Coquerías

En el proceso de fabricación de coque (coquerías) se realizan como subprocesos:

- ☐ Manejo del carbón: almacenamiento, mezclado, transporte al horno,...
- ☐ Manejo del coque: molienda, tamizado y almacenamiento del coque.

Se producen emisiones difusas de partículas en las operaciones de manejo del carbón:

- ☐ La descarga del carbón desde los barcos o trenes. El viento puede ocasionar emisiones difusas de partículas de carbón.
- ☐ El almacenamiento del carbón. Las baterías de coque normalmente disponen de grandes parques de almacenamiento. El viento puede ocasionar emisiones fugitivas de partículas de carbón.
- ☐ El mezclado del carbón. Si se utilizan sustancias recicladas que contengan alquitrán, además de partículas, también pueden producirse emisiones de compuestos orgánicos volátiles.
- ☐ La carga del bunker del carbón preparado para el llenado de los hornos.
- ☐ La carga del carro móvil o cargadora de los hornos.

Puertos

En los puertos, junto con el dragado, la manipulación de graneles sólidos representa una de las mayores fuentes de emisiones difusas de partículas a la atmósfera. Muchas mercancías sólidas se transportan y cargan y descargan en los puertos en forma de granel. Es el caso del carbón (mineral y coque), de diversos minerales, de productos alimentarios (grano y harinas) y de muchos otros tipos de materiales como chatarra, fertilizantes, arenas y tierras, etc.

Existen diferentes tipos de sistemas de carga y descarga de mercancías sólidas, continuos y discontinuos, siendo los más efectivos los continuos que pueden llegar a una reducción de las emisiones de cerca del 100%. Los sistemas de carga y descarga de graneles en los puertos son diversos y dependen mucho del tipo de material.

Actualmente hay diferentes sistemas continuos de carga y descarga de graneles sólidos alternativos al sistema original de grúa-cuchara-parva en muelle, los más utilizados son la descarga neumática por aspiración (productos alimentarios, cemento,...) y la utilización de cintas transportadoras, capotadas o incluso cerradas. Sin embargo, su aplicación no es adecuada a todo tipo de mercancías y además puede entorpecer otras actividades.

También se utilizan otras alternativas, que en lugar de apilar los materiales directamente en el muelle, lo hacen sobre tolvas equipadas con aspiración de polvo y filtros de aire. Este sistema de tolvas que reciben el nombre de “tolvas ecológicas” no siempre da el resultado

deseado porque debe adaptarse a un tipo determinado de producto para que sean eficaces en la captación del polvo generado.

En zonas portuarias la resuspensión del material almacenado a la intemperie, o depositado sobre suelos y viales que es resuspendida por el paso de los camiones, puede ser importante cuando se manipulan y/o almacenan cantidades importantes de materiales y productos sólidos pulverulentos a granel.

Por las características topográficas en las que están ubicados los puertos la velocidad del viento suele ser alta y este efecto es perjudicial para las operaciones con graneles pulverulentos de baja densidad, porque las partículas más finas pueden ser erosionadas y transportadas con bastante facilidad. Cualquier obstáculo que se oponga al viento, siempre que no provoque turbulencias, será beneficioso para reducir la resuspensión del material particulado. En general, los productos con >60% de su masa de tamaño <1 mm son susceptibles de erosión eólica.

Industrias minerales

Son industrias minerales la fabricación de cal, cemento, vidrio, materiales cerámicos,...

Fabricación de cal

La cal se utiliza en una gran variedad de productos, como fundente en el proceso de refinado del acero, como aglomerante en la construcción, como agente precipitador de impurezas en el tratamiento del agua,.... La cal es el producto de la descomposición de la caliza a alta temperatura. La etapa principal de la fabricación es la calcinación de la caliza que implica calentar la caliza por encima de los 800°C para favorecer la descarbonatación y mantener la cal a elevada temperatura (generalmente en el rango 1200 a 1300°C) el tiempo necesario para ajustar su reactividad.

Las emisiones difusas se producen por el transporte, manipulación y almacenamiento de materias primas y combustibles sólidos. En la Figura 1 se muestran las emisiones de partículas y puede verse que en todas las etapas del proceso de fabricación se producen emisiones de partículas, si bien las emisiones difusas están asociadas al manejo de las materias primas.

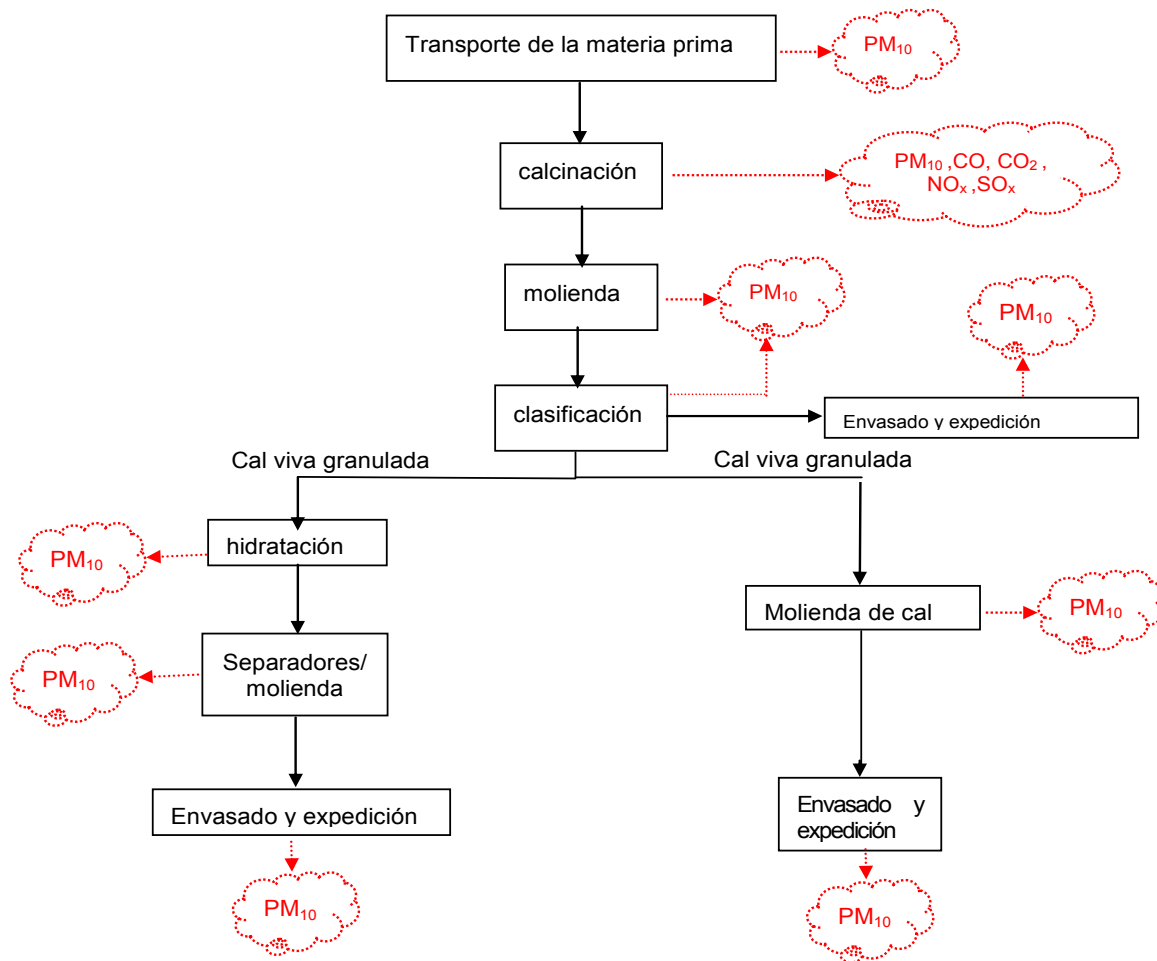


Figura 1.- Etapas del proceso productivo de cal

Fabricación de cemento

En la producción de cemento se producen emisiones difusas de partículas (polvo) en las operaciones de: extracción, trituración, molienda y homogenización de las materias primas; operaciones de carga, descarga y envasado; acción del viento sobre los almacenamientos de materias primas y combustibles sólidos y sobre los viales sucios; transferencia y transporte interno. Estas emisiones difusas de partículas se suelen sedimentar en el entorno de la instalación.

Los combustibles más utilizados son coque de petróleo, carbón y distintos tipos de residuos, seguido por lignito y subproductos: neumáticos usados, harinas animales, residuos de madera,....

En la Figura 7 se muestra un esquema del proceso de fabricación de cemento que es un material básico para la construcción de edificios y obras civiles.

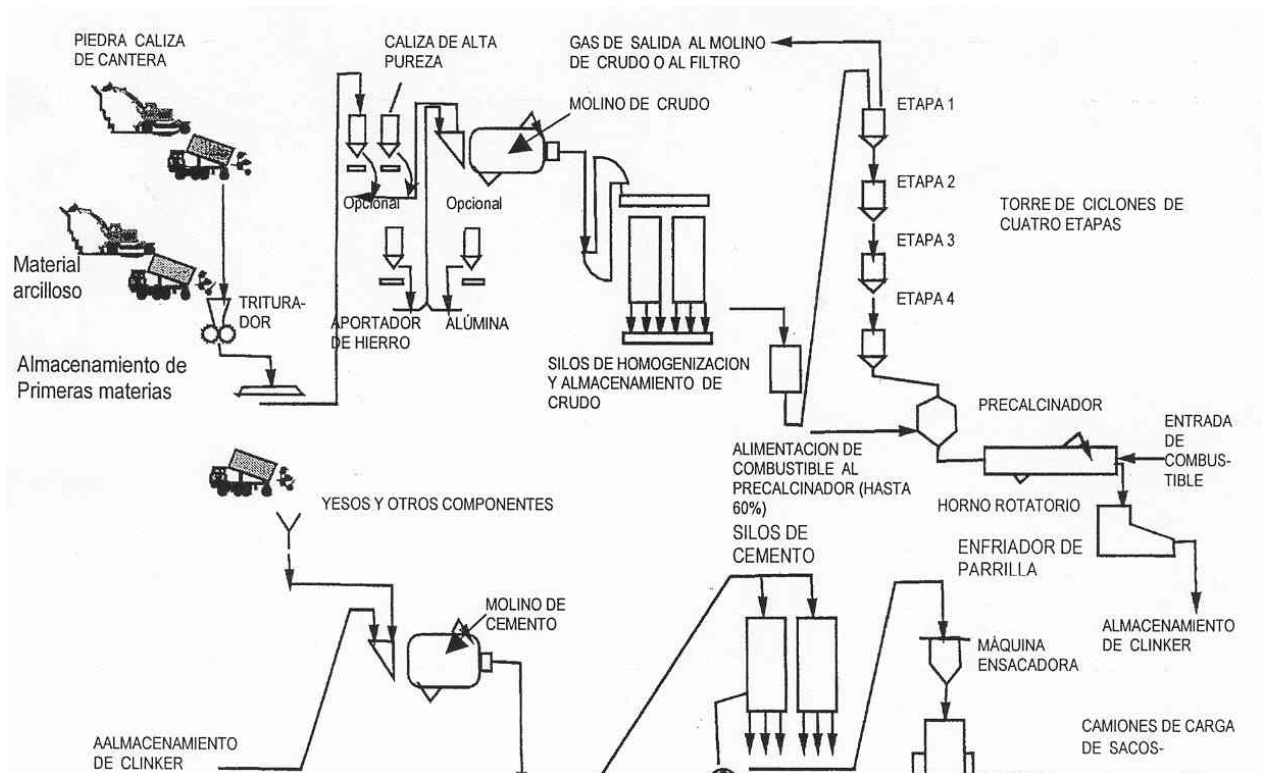


Figura 7.- Ejemplo de proceso de producción de cemento, vía seca con precalcinador.
(fuente UK IPC Note 1996)

Fabricación de productos cerámicos

El tratamiento de las arcillas y otras materias primas cerámicas provoca la formación de polvo, especialmente en el caso de materiales secos. El secado (incluyendo la atomización), la fragmentación o molienda (trituración y molturación), el cribado, la mezcla y el transporte, pueden producir la liberación de polvo fino. Asimismo se forma cierto polvo durante la decoración y la cocción, así como durante el mecanizado y el acabado de los artículos

cocidos. Las emisiones difusas de polvo a la atmósfera no sólo se producen por el uso de las materias primas, sino también de los combustibles utilizados.

La fabricación de productos cerámicos en la CAPV consta de una serie de operaciones generales: molienda y acondicionamiento de las materias primas; mezclado; conformado (vía seca o vía húmeda); secado; precalentamiento; cocción y enfriamiento.

Se producen emisiones difusas de partículas en la molienda y acondicionamiento de las materias primas y en el mezclado. Las distintas variantes que se pueden presentar son las siguientes:

- ☐ Preparación de materias primas - Molienda en húmedo - Atomización - Prensado - Secado - (Cocción) - Esmaltado - Cocción (Variante sin esmaltado y con/sin pulido).
- ☐ Preparación de materias primas - Molienda en seco - Prensado - Esmaltado - Cocción.
- ☐ Preparación de materias primas - Amasado - Extrusión - (Esmaltado) - Cocción.

El procedimiento que se ha impuesto totalmente en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos por mono-cocción, como consecuencia de las importantes mejoras técnicas que supone, es el de vía húmeda y posterior secado de la suspensión resultante por atomización. En la Figura 3 se presenta el diagrama de flujo que lo contempla.



Fuente: Spaintiles.info (azulejos de españa)

Figura 3.- Proceso de fabricación de baldosas cerámicas (Guía EPER)

En la fabricación de baldosas cerámicas se utiliza una mezcla de arcillas plásticas (ball clays), arena, caolines, feldespatos, cuarzo, carbonatos, etc.

Las principales materias primas utilizadas en la fabricación de los materiales refractarios de mayor producción son chamotas, cuarcitas, bauxitas, magnesitas de alta calidad, grafito, alúmina, dolomía, circón y cementos refractarios. Cuando se producen refractarios especiales se emplean además otras materias primas como óxidos de zirconio, espinelas sintéticas de alúmina y magnesia, grafito, carburo y nitruro de silicio, etc.

En la fabricación de ladrillos, tejas, bloques y bovedillas las materias primas son fundamentalmente mezclas de arcillas arenosas y plásticas. La molienda se puede hacer por vía seca o por vía húmeda. El material molido es mezclado, añadiéndose, en su caso, distintos aditivos como dióxido de manganeso, carbonato cálcico micronizado, carbonato de bario, poliestireno, orujo y otros residuos de procesos industriales.

En la fabricación de vidrio se producen emisiones difusas de partículas en la manipulación y almacenamiento de las materias primas y de los aditivos. Las materias primas, de 4 a 6 ingredientes escogidos entre caliza, arena, dolomita, carbonato sódico, bórax, ácido bórico, feldespatos y sulfato sódico se pesan, se mezclan, se les incorpora vidrio roto (chatarra de vidrio) y se llevan al horno de fusión hasta un máximo de unos 1600°C. El resto de la mezcla se compone de aditivos elegidos entre un grupo de 15 a 20 materiales comúnmente denominados ingredientes menores, que se añaden durante el proceso de preparación del vidrio para aportar alguna función o cualidad específica, como por ejemplo el color.

Fabricación de explosivos

Las empresas de la CAPV que se integran en este subsector fabrican como productos principales: explosivos (TNT), pólvoras, nitrocelulosa, sistemas de iniciación (detonadores, cordón detonante,...) y productos pirotécnicos de tipo civil y militar. Se pueden generar emisiones incontroladas de partículas procedentes de la combustión al aire libre de residuos explosivos y material de embalaje contaminado. Asimismo se pueden generar emisiones de óxidos de Pb y de Mg. Suelen ser emisiones puntuales y esporádicas, y no confinadas.

Industrias del hierro

Se producen emisiones difusas de partículas en la recepción, descarga, transporte y almacenamiento de materias primas, combustibles y fundentes: lingote, chatarra, acero, ferroaleaciones, carbón, coque, arenas,...

En la Figura 4 se presenta un esquema de fundición férrea en el que se indica las materias primas utilizadas, combustibles,....

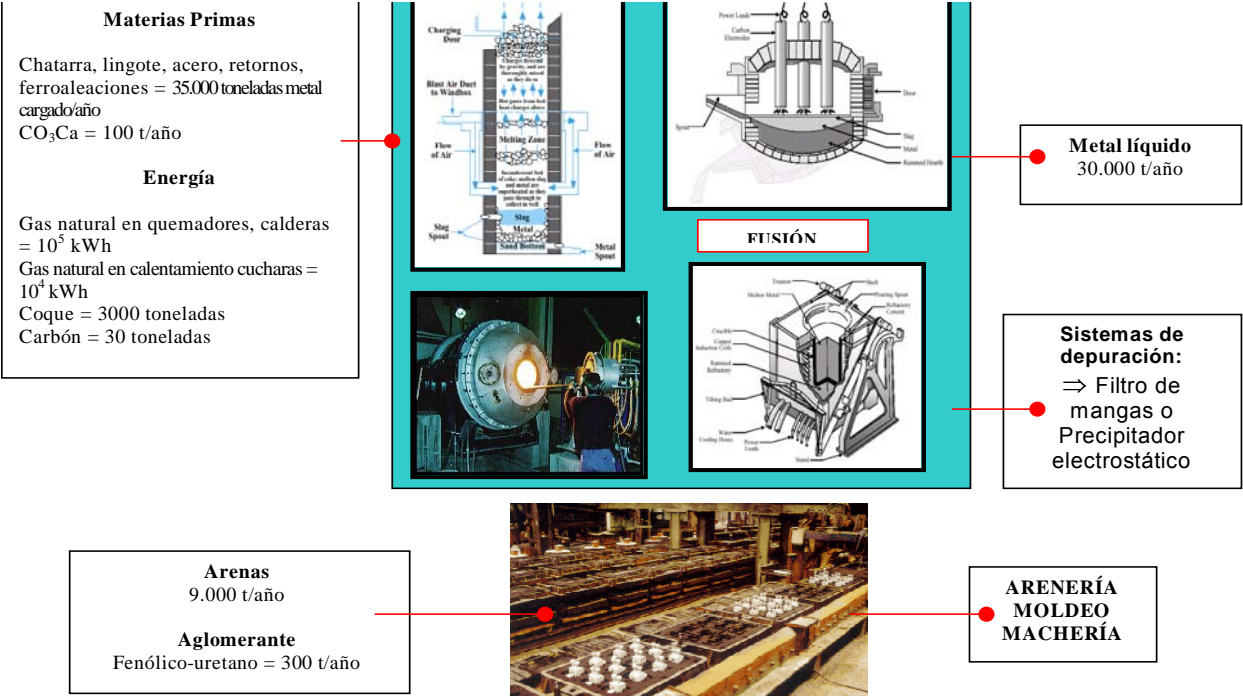


Figura 4.- Esquema fundición férrea (Guía EPER)

Industrias del acero

Se producen emisiones difusas de partículas en la manipulación y almacenamiento de las materias primas utilizadas (chatarras, carbón, cal, prerreducidos,...), combustibles,...

En la Figura 5 se presenta un proceso de producción de acero.

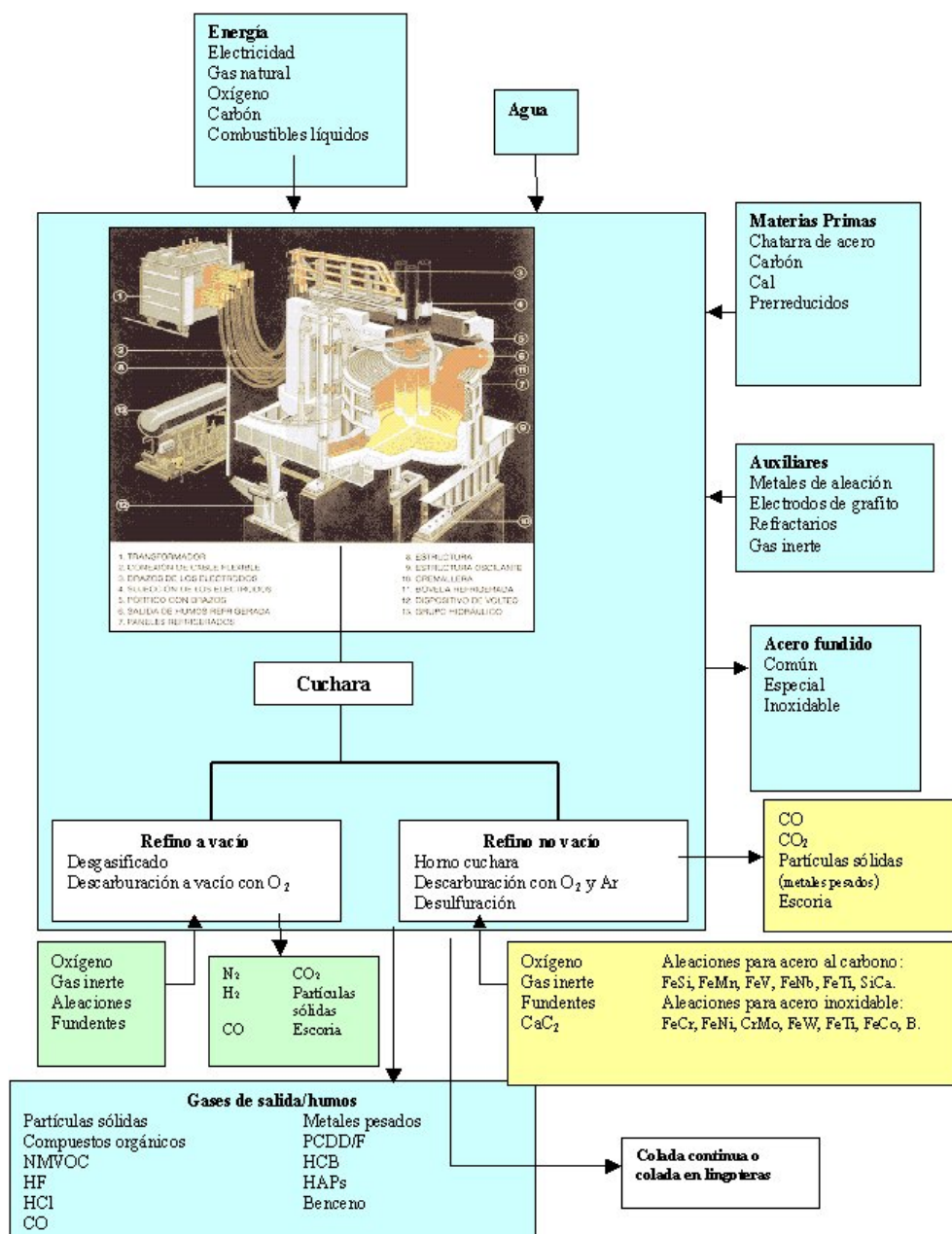


Figura 5.- Diagrama general de proceso de producción de acero (Guía EPER)

Industrias de metales no férreos

Entre las principales etapas que se realizan en este tipo de instalaciones está la recepción, clasificación y almacenamiento de materias primas, lo que origina emisiones difusas de partículas. Las materias primas utilizadas son muy variadas dependiendo de cada empresa y del producto que quieran obtener: chatarra de cobre, cátodo de cobre, chatarra de latón, zinc electrolítico, níquel, etc.

En la Figura 6 se presenta un proceso de producción de cobre a partir de material de reciclaje industrial, como son las chatarras, escorias, cenizas, etc. Se utilizan como materias primas residuos de otros procesos metalúrgicos y material de reciclaje industrial.

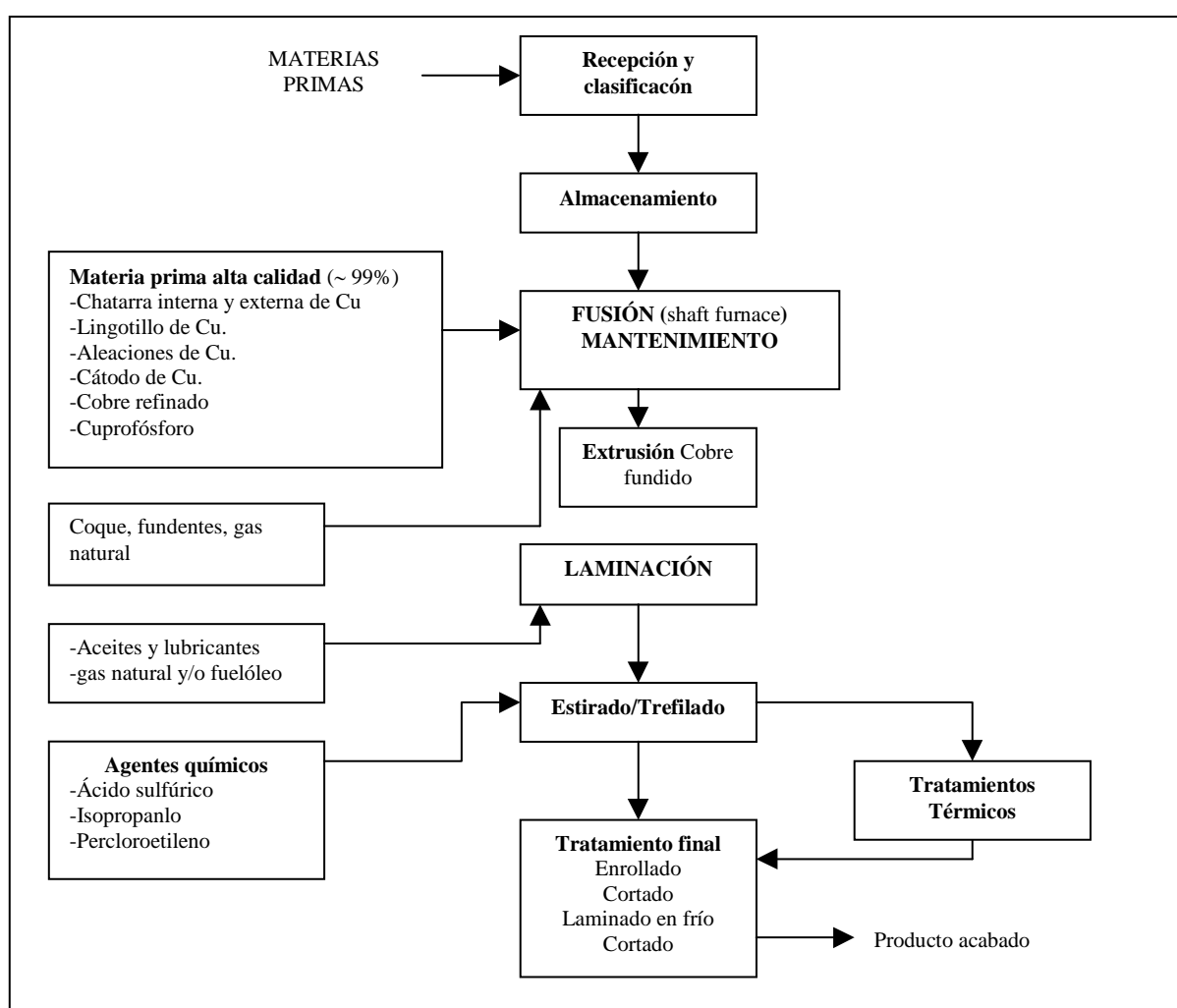


Diagrama de flujo de semitransformados de cobre (Guía EPER)

Figura 6.- Producción de cobre a partir de material de reciclaje industrial (Guía EPER)

En la Figura 7 se presenta el proceso Waelz que se utiliza para recuperar el zinc y el plomo contenidos en forma de óxidos de residuos. El proceso consiste en la reducción, volatilización y nueva oxidación del zinc y plomo volatilizados.

Las materias primas que se introducen en el horno son polvo de acería junto con cal y coque (agente reductor). Éstas se almacenan en silos, se mezclan y se pueden también peletizar, para ser alimentadas al horno rotativo (horno waelz).

Se producen emisiones difusas de partículas en la recepción, almacenamiento y preparación de la carga del horno por tratarse de materiales pulverulentos.

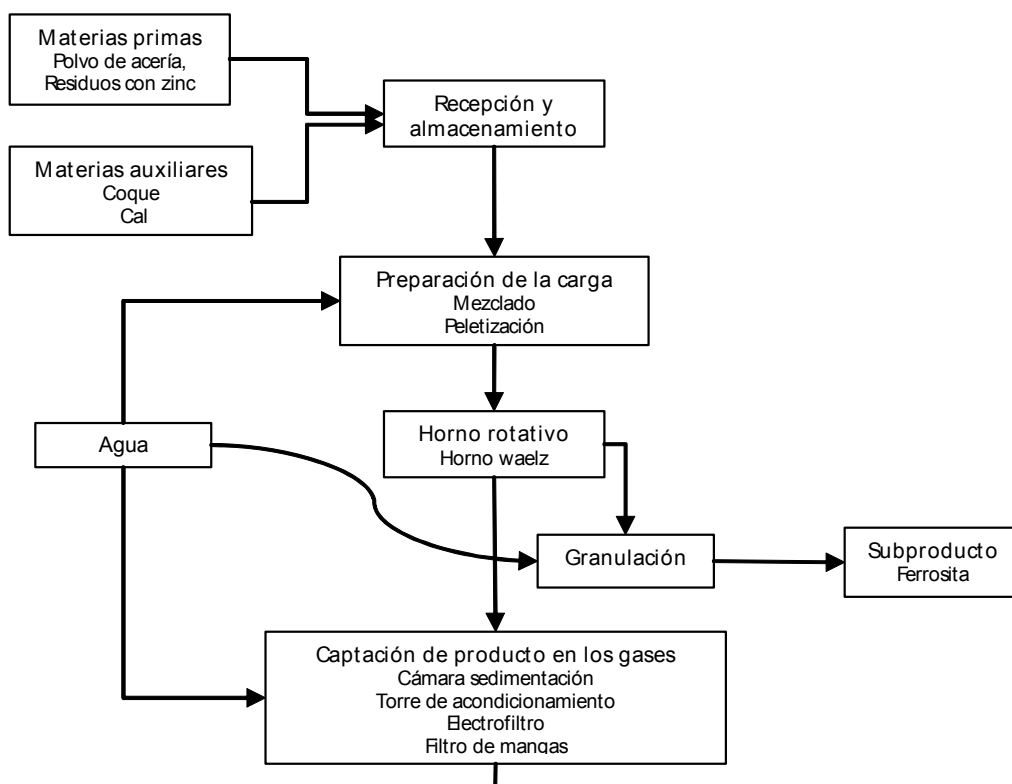


Figura 7.- Diagrama del proceso Waelz de recuperación de metales (Guía EPER)

Industria química

En diferentes procesos químicos se producen emisiones difusas de partículas debidas al almacenamiento y manipulación de productos químicos inorgánicos y orgánicos sólidos a granel. Estas emisiones dependen de las materias primas utilizadas.

Aunque los procesos de producción de especialidades químicas inorgánicas (SIC) son extremadamente diversos y a veces muy complejos, normalmente se componen de una combinación de actividades (o fases del proceso) y equipos más sencillos.

Pueden citarse como actividades de este tipo la disolución de materias primas, la mezcla, la síntesis, reacción o calcinación, el lavado, el secado, la molienda o trituración (por vía húmeda o seca), el tamizado, la condensación, la destilación, la evaporación, la filtración, la hidrólisis, la extracción, la compactación, la granulación y la aglomeración.

Estas fases del proceso pueden agruparse en cinco etapas generales que forman las actividades centrales de un proceso de producción de SIC: el suministro, manipulación y preparación de materias primas y auxiliares; la síntesis/reacción/calcinación; la separación y purificación de los productos; el almacenamiento y manipulación de los productos, y la reducción de las emisiones.

Las empresas de la CAPV que se encuentran en el subsector de “Fabricación de productos auxiliares para la fundición” se dedican a la fabricación de productos químicos para siderúrgica y fundición: arena pre-revestida, resinas furánicas, fenólicas, formo-fenólicas, epoxy, cresol-formaldehído, pinturas refractarias de base grafito y zirconio, aglomerantes químicos para fundición, silicatos, ésteres, arenas de cromita y de olivino, briquetas de Si, Mn, Cr, Fe-Si-Mg, granallas, inoculantes, nodulizantes, refractarios, crisoles, hulla preparada,... Las arenas de cromita y olivino, sólidos minerales inertes, por lo general se reciben a granel y se envasan directamente. Algunas empresas secan la arena de cromita antes de su envasado.

En la Figura 8 se muestra un diagrama general de producción de arena pre-revestida en el que pueden verse los múltiples focos de emisión de partículas.

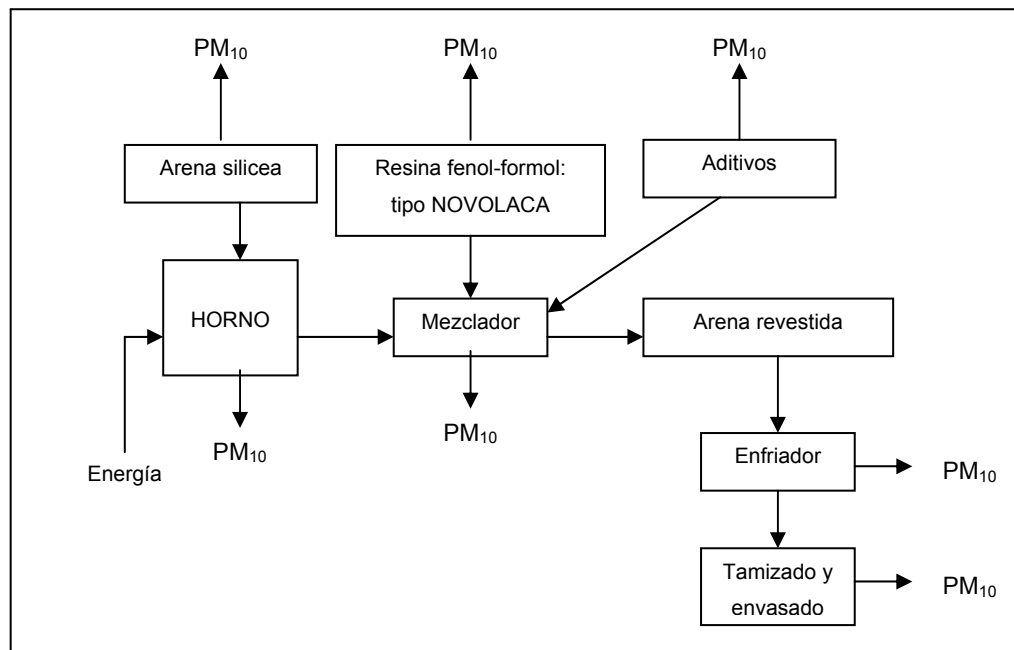


Figura 8.- Proceso productivo de arena pre-revestida

En la CAPV se fabrican aglutinantes inorgánicos sólidos, los principales son silicatos sódico y potásico. Entre ellos se encuentran el silicato sódico super neutro en estado sólido, el metasilicato sódico pentahidrato como sólido blanco. Las formas habituales de suministro de aglutinantes suelen ser a granel, big-bag y en bidones.

El silicato sódico se aplica como materia prima para la fabricación de sílice amorfa, gel de sílice, tamices moleculares y cargas blancas; aditivo para control de alcalinidad e inhibición de corrosión; estabilizador en el blanqueo con agua oxigenada; aglomerante de las arenas de fundición; aditivo para pelletización de minerales,... El metasilicato sódico pentahidrato se aplica como componente en los productos lavavajillas, acelerante de fraguado de masas refractarias, defloculante de arcillas,... La zeolita (en forma de polvo blanco) producida en la CAPV se suministra por lo general a granel y en Big-bag.

En la producción de biocombustibles las fuentes generadoras de emisiones difusas son las operaciones de carga y descarga de materias primas, productos y subproductos.

FACTORES DE EMISION

Los factores de emisión son los ratios que expresan la cantidad emitida de una sustancia por tonelada de materia prima consumida, unidad de combustible consumido, tonelada producida, etc.

En las Tablas 5 a 8 se incluyen factores de emisión de partículas de actividades relacionadas con la manipulación de materiales pulverulentos, extraídos de las Guías EPER.

PROCESO*	PM	Q	PM ₁₀	Q	PM _{2.5}	Q
	Kg/t de materia					
Tercer triturado	0,0027	E	0,0012	C	-	-
Tercer triturado (controlado)	0,0006	E	0,00027	C	0,00005	E
Machacado de finos	0,0195	E	0,0075	E	-	-
Machacado de finos controlado)	0,0015	E	0,0006	E	0,000035	E
Cribado	0,0125	E	0,0043	C	-	-
Cribado (controlado)	0,0011	E	0,00037	C	0,000025	E
Cribado de finos	0,15	E	0,036	E	-	-
Cribado de finos (controlado)	0,0018	E	0,0011	E	-	-
Manejo en cinta transportadora	0,0015	E	0,00055	D	-	-
Manejo en cinta transportadora (controlado)	0,00007	E	$2,3 \times 10^{-5}$	D	$6,5 \times 10^{-6}$	E
Perforación húmeda (roca sin fragmentar)	-	-	$4,0 \times 10^{-5}$	E	-	-
Descarga de camión (roca fragmentada)	-	-	$8,0 \times 10^{-6}$	E	-	-
Descarga de camión-cinta transportadora (roca triturada)	-	-	$5,0 \times 10^{-5}$	E	-	-
Molienda de finos en seco con FF	0,0202	D	0,0169	B	0,006	B
Cribado de finos en seco	0,0112	E	0,0052	E	0,002	E

	PM	Q	PM ₁₀	Q	PM _{2.5}	Q
con FF						
Secado de finos en seco con FF	0,0134	C	0,0073	C	0,0042	C
Almacenamiento de finos con FF	0,0055	E	0,0008	E	0,0003	E

* Controlado significa que tienen algún sistema encaminado a humedecer la piedra con el objetivo de que se emitan menos partículas. En el estudio, el contenido de humedad de las no controladas era de 0,21-1,3%, y el de las controladas de 0,55-2,88%

Tabla 5.- Factores de emisión para canteras

PROCESO	SISTEMA DE DEPURACIÓN	CAPV Kg/t cal
Almacenamiento de materias primas	Incontrolado	0,16
Triturado y tamizado del carbón	Incontrolado	10
Almacenamiento de materiales molidos	Pilas descubiertas	1,0
	Pilas semicubiertas	0,5
	Compartimentos, Silos	0,2
Transporte de la materia prima	Incontrolado	1,2

Tabla 6.- Factores de emisión para partículas en suspensión totales en la producción de cal

CONTAMINANTE		VIDRIO HUECO	VIDRIO PLANO
		Kg/t V°F°	
PM ₁₀	Manejo materias primas	0,086	0,14

Capacidad de fusión (toneladas de V°F° / día)

Tabla 7.- Factores de emisión para la industria del vidrio

PROCESO	CAPV kg/t metal líquido
ACERO:	
Manipulación de la carga	0,18
Manipulación de arena en la elaboración de moldes y machos	0,27 ^(A)
HIERRO GRIS:	
Manipulación de la carga y de la chatarra/ calentamiento	0,18
Manipulación de arena	1,8 ^{(A) (B)}

^(A) En kg/t.arena manipulada. ^(B) Específico para PST.

Tabla 8.- Factores emisión PM₁₀ (sin depuración) en procesos auxiliares de fundición férrea

En las Tabla 9 a 13 se indican factores de emisión de partículas obtenidos del CORINAIR².

CONTAMINANTE	Almacenamiento de carbón	Unidades
PM ₁₀	4,1	t/ha/año
PM ₁₀	3	g/t carbón

Tabla 9. – Parques de almacenamiento de carbón

PROCESO	FACTORES DE EMISION de PM ₁₀	Referencia
Almacenamiento de minerales sin medidas	8,2 t/ha/año	EPA (2006)
Almacenamiento de minerales con medidas (usando sprinklers y materiales para cubrir)	0,82 t/ha/año	EPA (2006)
Manejo de minerales sin medidas	4 g/t	Vrins (1999)

Tabla 10. – Almacenamiento, manejo y transporte de productos minerales

PROCESO	FACTORES DE EMISION de PM ₁₀	Referencia
---------	--	------------

² EMEP /EEA emission inventory guidebook 2009

PROCESO	FACTORES DE EMISION de PM ₁₀	Referencia
Almacenamiento sin medidas	4,1 t/ha/año	EPA (2006)
Almacenamiento con medidas (usando sprinklers y materiales para cubrir)	0,41 t/ha/año	EPA (2006)
Manejo sin medidas	2 g/t	Vrins (1999)

Tabla 11. – Almacenamiento, manejo y transporte de productos metálicos

PROCESO	PST	PM ₁₀	PM _{2,5}
Almacenamiento, manejo y transporte	10 g/t producida	5 g/t prod.	0,5 g/t prod.

Tabla 12. – Factores de emisión de productos minerales

PROCESO	PST
Almacenamiento, manejo y transporte	1 Kg/t metal producido

Tabla 13. – Factores de emisión de productos metálicos

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

La ecuación general utilizada para estimar las emisiones difusas de partículas es:

$$E_{\text{partículas}} = FE_{\text{partículas}} \times TA_{\text{toneladas/año}}$$

Donde:

$E_{\text{partículas}}$: emisión de partículas

$FE_{\text{partículas}}$: factor de emisión de partículas

TA: tasa de actividad del manejo y almacenamiento de productos pulverulentos

Manipulación de materiales pulverulentos

Para determinar la cantidad de material particulado emitido por el movimiento de tierra en canteras, o la estimación de las emisiones difusas de partículas generadas por la manipulación de materiales pulverulentos en plantas de hormigón, parques de almacenamiento de carbón, etc., los datos de partida son:

- ☐ $C_{m.p.}$: cantidad de material pulverulento procesada o manipulada (t/año)
- ☐ U : velocidad media del viento (m/s)
- ☐ M : Contenido de humedad del material (%)

Para el cálculo de los factores de emisión (E , en Kg/t) se utiliza la siguiente fórmula³:

$$E = k(0.0016) \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

³ Emissions Factors & AP 42, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*.

13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles

Donde k es un factor adimensional que depende del diámetro aerodinámico de las partículas y se indica en la Tabla 14.

PST (~<30 µm)	PM ₁₀ (< 10 µm)	PM _{2,5} (< 2,5 µm)
0,74	0,35	0,053

Tabla 14.- Valores del Factor k para diferentes tamaños de partículas

Las emisiones difusas se calculan multiplicando el factor de emisión por la cantidad de material manipulada o procesada, utilizando la fórmula:

$$E_{\text{difusa}} = FE \times C_{\text{m.p.}}$$

Donde:

E_{difusa} : Cantidad de material particulado emitido a la atmósfera (kg/año)

FE: Factor de emisión (kg/t)

$C_{\text{m.p.}}$: Cantidad material pulverulento (t/año manipuladas, procesadas o movidas)

Las emisiones difusas totales se calculan sumando las emisiones de cada operación mediante la fórmula:

$$\text{Emisiones totales (Kg/año)} = \sum_{i=1}^n (\text{Factor de emisión})_i \times (\text{t/año})_i$$

La ecuación general para estimar las emisiones difusas teniendo en cuenta la reducción atribuible a cada medida correctora es:

$$E_{\text{m.c.}} = C_{\text{m.p.}} \times FE \times (1-ER/100)$$

Donde:

☐ $E_{\text{m.c.}}$: Emisión con medida correctora

☐ $C_{\text{m.p.}}$: Cantidad material pulverulento (t/año manipuladas, procesadas o movidas)

☐ FE: Factor de emisión

□ ER: Eficacia de reducción de cada medida (ver Tabla 15)

Medida correctora	Eficacia de reducción emisiones (%)
Rociar con agua	50-75
Utilizar rociadores de agua y materiales para cubrir los almacenamientos a cielo abierto	90
Nebulización con agua	90
Selladores (agua+aditivo) en almacenamientos a cielo abierto	90
Sistemas lava-ruedas	70
Barreras cortaviento	70
Tolvas ecológicas	80-90

Tabla 15.- Eficacias de reducción de emisiones de diferentes medidas correctoras

Tráfico por carreteras sin pavimentar

Cuando un vehículo circula por una carretera sin pavimentar el rozamiento de las ruedas con la superficie origina resuspensión del polvo. La cantidad de polvo que se resuspende por el paso de los camiones depende de las condiciones de la vía, de la velocidad de los camiones y de las condiciones meteorológicas.

El factor de emisión E (g/km vehículo) se puede determinar con la siguiente fórmula⁴:

$$E = k (s/12)^a (W/3)^b$$

Donde:

⁴ Emissions Factors & AP 42, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. 13.2.2 Unpaved Roads

s: Contenido de finos (partículas < 75 µm) en la superficie de la pista no pavimentada (%).

Se puede determinar realizando un muestreo del material de la superficie de la pista y posteriormente un análisis granulométrico en el laboratorio. La EPA recomienda un valor de 6,4 % para caminos internos. También se utiliza para canteras 14,1 % y para extracción de arenas 4,8%.

W: Peso medio del vehículo (t).

k, a, b: En la Tabla 16 se indican los valores de k, a y b para PM₁₀ y PST.

	PM ₁₀	PM ₃₀ ~ PST
k (g/Km)	422,85	1381,31
a	0,9	0,7
b	0,45	0,45

Tabla 16.- Factores de emisión en función del tamaño de las partículas

Para calcular las emisiones en un tramo, E_{tramo}:

$$E_{\text{tramo}} = FE_{\text{tramo}} \times (N^{\circ} \text{ vehículos/año})_{\text{tramo}} \times \text{longitud}_{\text{tramo}}$$

Las emisiones totales se calculan sumando las emisiones de cada tramo:

$$\text{Emisiones totales} = \sum_{i=1}^n (E_{\text{tramo}})_i$$

Para tener en cuenta el efecto de las precipitaciones:

$$(\text{Emisiones totales})_{\text{corregidas precipitación}} = \text{Emisiones totales} \times (1 - p / 365)$$

Donde p es el número de días al año con precipitación pluviométrica > 0,254 mm.

Para tener en cuenta las medidas correctoras:

$$(\text{Emisiones totales})_{\text{correctadas medidas correctoras}} = \text{Emisiones totales} \times (1 - \eta/100)$$

Donde:

η : eficacia de las medidas correctoras (%) indicadas en la Tabla 17.

Medida correctora	η (%)
Pavimentar	90
Pavimentar + barrer	97
Pavimentar + barrer + regado con agua	99,4

Tabla 17.- Eficacia de reducción de las emisiones con diferentes medidas correctoras

Tráfico por carreteras pavimentadas

El factor de emisión E (g/km) de partículas por resuspensión del material pulverulento depositado en las carreteras al paso de los vehículos se puede determinar con la fórmula ⁵:

$$E = k (sL)^{0.91} \times (W)^{1.02}$$

Donde:

k = factor según diámetro aerodinámico de las partículas (ver Tabla 18)

sL = material depositado en la carretera (g/m²) (ver Tabla 19)

W = peso medio (toneladas) de los vehículo que circulan por la carretera.

⁵ USEPA: Emissions Factors & AP 42, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors. 13.2.1 Paved Roads*

	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM ₁₅	PM ₃₀ ~ PST
k	0,15	0,62	0,77	3,23

Tabla 18.- Valores del Factor k para diferentes tamaños de partículas

Industria	Material depositado, sL (g/m ²)	
	Rango	Promedio
Fundición de cobre	188-400	292
Producción de hierro y acero	0,09-79	9,7
Plantas de hormigón	11-12	12
Procesado grava y arena	53-95	70
Canteras	2,4-14	8,2

Tabla 19.- Valores típicos de material depositado en carreteras de diferentes actividades

Para tener en cuenta el efecto de las precipitaciones:

$$E = [k (sL)^{0.91} \times (W)^{1.02}] \times (1 - 1,2P/N)$$

Donde P es el número de horas con precipitación > 0,254 mm durante el período de promedio y N el número de horas del período de promedio (por ejemplo: 8760 horas/año,...)

MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

En el contexto de la nueva Directiva 2010/75/UE sobre emisiones industriales se definen como Mejores Técnicas Disponibles (MTD) “la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir la base de los valores límite de emisión y otras condiciones del permiso destinadas a evitar o, cuando ello no sea practicable, reducir las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente”.

Actualmente los documentos de referencia que recogen las MTD son los BREF, que no tienen rango legal, cuyo objetivo es servir de referencia a los diversos sectores y a las Autoridades responsables, tanto de establecer los valores límite de emisión, como de que se cumplan los valores límite de calidad del aire.

En el BREF “emisiones en almacenamientos” se describen métodos y técnicas primarias y secundarias respecto a las emisiones de polvo provocadas por el transporte, manipulación y almacenamiento de sólidos, los métodos primarios tienen por objeto impedir la formación de polvo y los secundarios limitar la dispersión del polvo cuando no se haya podido impedir su formación.

En el citado BREF se describen técnicas aplicables al almacenamiento, transporte y manipulación de sólidos a granel que requieren una infraestructura específica y que por lo tanto supone un coste económico: cucharas optimizadas, tolvas de descarga, cubas, dispositivos de carga móviles, pozos de descarga, tubos y conductos de llenado, tubos en cascada, rampas, elevador de cangilón, cintas transportadoras, alimentadores, etc., pero también considera MTD como la limpieza de carreteras, sistemas lava-ruedas y bajos de los camiones, humidificación del producto,...

En los siguientes apartados se describen medidas preventivas y correctoras aplicables a las actividades en las que se manejan cantidades importantes de materiales pulverulentos.

Cuando no se consigue reducir la generación de polvo dentro de los límites deseados deben adoptarse medidas correctoras tendentes a eliminar o reducir en la medida de lo posible sus efectos. Estas medidas correctoras generalmente se insertan al final del proceso, no interfiriendo en el mismo.

Mejores Técnicas Disponibles - BREF almacenamiento

Métodos y técnicas primarias para prevenir las emisiones de polvo generadas por el ALMACENAMIENTO de sólidos pulverulentos a granel y a la intemperie:

ORGANIZATIVAS:

- ☐ Planificación, inspección y mantenimiento de los lugares de almacenamiento
- ☐ Reducción de las superficies expuestas al viento

CONSTRUCTIVAS:

- ☐ Silos y tolvas
- ☐ Hangares, tejados, bóvedas, cubiertas auto-instalables,...
- ☐ Montículos, barreras, pantallas naturales o artificiales,...

TÉCNICAS:

- ☐ Protección contra el viento
- ☐ Cubierta de almacenamiento abierto
- ☐ Humidificación del almacenamiento abierto

Métodos y técnicas secundarias para evitar la dispersión del polvo generado por el ALMACENAMIENTO de sólidos pulverulentos a granel:

- ☐ Aspersión de agua, cortinas de agua y aspersión de agua a presión
- ☐ Extracción de polvo de hangares y silos de almacenamiento



Figura 9.- Ejemplo de MTD en parque de almacenamiento de carbón

Métodos y técnicas primarias para prevenir las emisiones de polvo debidas a la MANIPULACIÓN de sólidos pulverulentos a granel:

ORGANIZATIVAS:

Medidas a cargo del operador cuando se utiliza grúa con cuchara:

- ☐ Reducir la altura de caída cuando se descarga el material
- ☐ Cerrar totalmente la cuchara o las garras tras haber recogido el material

- ☐ Dejar la cuchara en las tolvas el tiempo suficiente después de la descarga
- ☐ Detener el funcionamiento de la cuchara cuando sopla viento fuerte

Medidas a cargo del operador cuando se utiliza cinta transportadora:

- ☐ Hacer funcionar la cinta transportadora a la velocidad adecuada
- ☐ Evitar cargar la cinta hasta los bordes

Medidas a cargo del operador cuando se utiliza pala mecánica:

- ☐ Reducir la altura de caída cuando se descarga el material
- ☐ Elegir la posición correcta durante la descarga a un camión

Planificación y funcionamiento de los lugares de almacenamiento:

- ☐ Reducir las distancias de transporte
- ☐ Ajustar la velocidad de los vehículos
- ☐ Utilizar carreteras de firme duro
- ☐ Reducir las superficies expuestas al viento

TÉCNICAS:

- ☐ Optimizar las cucharas
- ☐ Utilizar cintas transportadoras cerradas: tubulares, helicoidales,...
- ☐ Utilizar cintas transportadoras sin poleas de apoyo, minimizar la velocidad de bajada
- ☐ Minimizar la altura de caída libre: tolvas con caídas en cascada,...
- ☐ Utilizar barreras contra la dispersión del polvo en pozos de descarga y tolvas
- ☐ Chasis de vehículos con extremidades redondeadas

Métodos y técnicas secundarias para evitar la dispersión del polvo debido a la MANIPULACIÓN de sólidos pulverulentos a granel:

- ☐ Instalar pantallas para cintas transportadoras abiertas
- ☐ Envolver o cubrir las fuentes de emisión
- ☐ Colocar coberturas, fundas o tapones en los tubos de llenado
- ☐ Instalar sistemas de filtrado para cintas transportadoras neumáticas
- ☐ Pozos de descarga con equipos de aspiración, cubierta y barreras corta viento
- ☐ Técnicas de aspersión de agua/cortinas de agua y de aspersión de agua a presión
- ☐ Limpiar las cintas transportadoras
- ☐ Equipar los camiones con aletas mecánicas/hidráulicas
- ☐ Limpiar las carreteras
- ☐ Limpiar los neumáticos de los vehículos

Almacenamiento de materiales pulverulentos

Para reducir o evitar las emisiones de polvo generadas en el almacenamiento de materiales pulverulentos a granel se pueden adoptar las siguientes medidas:

- ☐ Mantener el material constantemente humedecido
- ☐ Cubrirlo con fundas de lona, plástico o de cualquier otro tipo
- ☐ Proteger los materiales de la acción del viento mediante la pantallas cortavientos
- ☐ Acondicionar un espacio para el almacenamiento cerrado de estos materiales

Para reducir o evitar las emisiones de polvo generadas durante los procesos de carga de silos de almacenamiento, así como en procesos de molienda, mezclado y envasado de materiales pulverulentos, se deben instalar sistemas de captación y retención de polvo, tales como filtros de mangas, ciclones, etc.

Sistemas de nebulización de agua

Durante las operaciones de carga y descarga y en almacenamientos a cielo abierto de material pulverulento compatible con el agua (chatarra,...) lo más recomendable son los sistemas de nebulización. Durante la nebulización las partículas de polvo absorben la humedad de la niebla creada, provocando un incremento de peso de las partículas de polvo y su precipitación al suelo, mientras que las gotas que no han colisionado con las partículas de polvo se evaporan antes de llegar al suelo sin mojar el material ni la maquinaria.

Con respecto a la aspersión y pulverización, con la nebulización se incrementa la eficacia a la vez que se disminuye el consumo de agua. Si el tamaño de las gotas de agua es mucho mayor que el de las partículas de polvo, esta es apartada por la gota y las posibilidades de colisión disminuyen. Un adecuado tamaño de gota de agua incrementa las posibilidades de colisión y por lo tanto es más eficaz para la reducción de partículas.

Se debe evitar el almacenamiento a cielo abierto, especialmente de material fino que no admita riego, pero cuando sea ésta la única opción, hay que reducir las superficies expuestas al viento, planificar e inspeccionar los lugares de almacenamiento y utilizar sistemas de nebulización que son los más adecuados, frente a los sistemas de aspersión y pulverización de agua.

Además el almacenamiento a cielo abierto se puede sellar empleando algún tipo de aditivo disuelto en el agua de riego. Las medidas de sellado con agua más aditivos prolongan su efecto durante semanas o meses dependiendo del tipo de aditivo y las condiciones meteorológicas. Los sistemas de sellado son incompatibles con los productos que sean sensibles a la humedad y/o a los aditivos disueltos en el agua.

Hay que considerar el consumo de agua y los vertidos, si bien en este caso no es necesario regar cada vez que se produzcan ocasiones de alta probabilidad de resuspensión de polvo, pero en el vertido hay que tener en cuenta los aditivos añadidos al agua.

Sistemas lava-ruedas y bajos de los camiones

Existen diferentes sistemas lava-ruedas: con balsas de decantación o con reciclado mecánico, parando los camiones, o de paso continuo sin necesidad de parar los vehículos, con diferentes longitudes de lavado (4, 6, 8,... metros), etc., opciones recomendadas según el grado de suciedad y el espacio disponible. Existen diferentes modelos:

- Rejilla: recomendado para obra civil, es fácilmente reubicable, pero el camión tendría que ir “para adelante y para atrás” durante el proceso de lavado.
- Puente: de paso continuo sin necesidad de parar el vehículo, recomendado para un gran volumen de camiones, con diferentes longitudes de lavado (4, 6, 8,... metros), con sensor óptico para evitar que se ponga en funcionamiento excepto por presencia de camiones, etc. Diferentes opciones según el grado de suciedad y el espacio disponible.

Cuando se dispone del espacio suficiente, existe la opción de realizar un montaje con balsas de decantación de lodos, en caso contrario es necesario instalar un sistema de reciclado mecánico con extracción de lodos, que necesita además equipos de bombeo y mediante un depósito regulador para la separación de elementos flotantes, permite reciclar el agua y separar los fangos. Hay que tener en cuenta que cuanto más adherente sea el material, es decir, cuanto mayor consistencia arcillosa tenga mayores serán las necesidades de bombeo.

El sistema de extracción de lodos va dragando de forma continua el fondo del tanque de agua donde se depositan los lodos. Estos equipos integran como opción un sistema de filtrado y protección que evita el deterioro de la bomba y la obstrucción de los aspersores. Además, para la correcta separación de los lodos, disponen de una unidad de dosificación de floculante que acelera la decantación de los lodos.

Barredoras/aspiradoras para limpieza de suelos y viales

La circulación de vehículos por viales sucios puede provocar una resuspensión del material que se ha depositado en ellos, por lo que, es necesario mantener limpio tanto los viales como las demás superficies del entorno donde se carga/descarga y se almacenan las mercancías sólidas pulverulentas.

Se debe utilizar un método de limpieza en el que sea necesario humedecer o mojar la zona antes de barrer, que es mucho más efectivo que la limpieza en seco, minimizándose la resuspensión del polvo debido a la propia actividad de la maquina de limpieza. A la hora de seleccionar una barredora hay que tener en cuenta la superficie a limpiar y la capacidad de limpieza (m^2/hora).

Barreras cortavientos artificiales

Los problemas de emisiones difusas de partículas no tienen una solución única y universal, ya que son muchos los factores que intervienen, desde el tamaño de partícula y la humedad, hasta la velocidad y turbulencia del viento incidente. Las barreras cortavientos pretenden actuar sobre estos dos últimos factores, reduciendo la velocidad y la turbulencia de viento en la zona a sotavento de la barrera sin generar a su vez turbulencias que favorezcan las emisiones. La configuración más adecuada corresponde a una barrera cortavientos artificial o natural (vegetal) situada perpendicularmente a la dirección del viento frente al que se quiere proteger la zona de almacenamiento.

Para reducir la turbulencia en las zonas de protección de las barreras, éstas deben tener una porosidad superior a 0,20. Salvo circunstancias especiales se descarta el empleo de barreras opacas, porque pueden incrementar el riesgo de emisiones en su estela debido a la zona de recirculación de aire que se forma a sotavento. Una barrera porosa es capaz de proteger una distancia a sotavento del orden de 15 veces su altura.

Cuando se trata de proteger zonas amplias de manipulación de materiales pulverulentos, la mayor eficacia se consigue con una barrera cortavientos con una porosidad de 0,35 que es capaz de reducir la velocidad de pico a valores entre el 20% y 50% de la velocidad de pico incidente a distancias a sotavento del orden de 2 alturas de barrera.

En el caso de protección de sólidos a la intemperie, debe tenerse en cuenta que el propio almacenamiento actúa frente al viento como una barrera opaca. En el caso de una sola pila, la barrera debe estar separada de la cima al menos una distancia de 1,5 alturas de la barrera y la mayor eficacia se consigue para una porosidad entre 0,25 y 0,50.

Barreras cortavientos naturales

En la práctica es complicado situar barreras en lugares óptimos, que no son otros que a barlovento de las zonas a proteger. Las barreras vegetales son un tipo de barrera porosa, que por sus características estéticas, paisajísticas y naturales pueden ser muy apropiadas para su empleo en diferentes actividades, si se elige adecuadamente la especie, pueden cumplir el efecto buscado de reducción de velocidad sin generar turbulencias. Preferentemente, se utilizarán especies vegetales autóctonas y no invasoras, ni potencialmente invasoras. A tales efectos deberá consultarse al departamento que tiene atribuidas las competencias en materia de medio ambiente previamente.

En cualquier caso siempre se tendrán en cuenta los siguientes documentos, entre otros:

- ☐ [Real Decreto 1628/2011](#), de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras.
- ☐ [“Diagnosis de la Flora alóctona invasora de la CAPV”](#) del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno Vasco, 2009.

MEDIDAS GENÉRICAS

Hay ocasiones en las que no resulta posible reducir la generación de partículas dentro de los límites deseados y deberán adoptarse medidas preventivas y correctoras tendentes a eliminar o reducir en la medida de lo posible las emisiones difusas de partículas.

En los siguientes apartados se describen medidas de aplicación genérica a los sectores potencialmente generadores de emisiones difusas de partículas a la atmósfera debido a la manipulación, el transporte y almacenamiento de materiales pulverulentos.

Manipulación de materiales pulverulentos

Existen diferentes sistemas para la manipulación de materiales pulverulentos, continuos y discontinuos, siendo los más efectivos los continuos con los que se puede llegar a conseguir una reducción de las emisiones de cerca del 100%. Sin embargo, la aplicación de sistemas continuos cerrados equipados con aspiración de polvo y filtros de aire no son adecuados a todo tipo de productos y materiales, algunos sistemas continuos (tolvas ecológicas,...) deben adaptarse sólo a un tipo determinado de producto para que sean eficaces en la captación del polvo generado, etc.

En función de los medios utilizados para la manipulación de los materiales pulverulentos y de los materiales manipulados, se adoptarán las medidas que sean aplicables siguientes:

- ☐ Reducir la altura de caída cuando se descarga el material
- ☐ Cerrar totalmente la cuchara o las garras tras haber recogido el material
- ☐ Dejar la cuchara en las tolvas el tiempo suficiente después de la descarga
- ☐ Detener el funcionamiento de la cuchara cuando sopla viento fuerte

- ☐ Hacer funcionar la cinta transportadora a la velocidad adecuada
- ☐ Evitar cargar la cinta hasta los bordes
- ☐ Reducir la altura de caída cuando se descarga el material
- ☐ Elegir la posición correcta durante la descarga a un camión

Transporte de materiales pulverulentos

Hay que tener en cuenta que las emisiones difusas de partículas debidas al tráfico van más allá de las asociadas al tubo de escape y que son mayores en los vehículos diesel que en los de gasolina. El desgaste del firme de rodadura, los neumáticos, los frenos y la continua resuspensión de material particulado del suelo debido al propio paso de vehículos cuando los viales están sucios son también emisiones muy importantes de partículas asociadas al tráfico de camiones.

Además del transporte de camiones pesados por carreteras pavimentadas, una actividad que genera importantes emisiones difusas de partículas a la atmósfera es el transporte a través de caminos no pavimentados (en las canteras,...).

Con respecto al transporte de materiales pulverulentos se adoptarán las siguientes medidas:

- ☐ Cubrir completamente los materiales transportados
- ☐ Limpiar los vehículos antes de salir de la zona de carga y descarga
- ☐ Los vehículos y la maquinaria deberán circular a la velocidad máxima indicada

Existen diferentes sistemas para el lavado de ruedas y bajos de los camiones: con balsas de decantación o con reciclado mecánico, parando los camiones, o de paso continuo sin necesidad de parar los vehículos, diferentes longitudes de lavado, etc., adaptables al grado de suciedad y al espacio disponible.

Almacenamientos a cielo abierto

Se debe evitar el almacenamiento a cielo abierto, especialmente de material fino que no admita riego, pero cuando sea ésta la única opción, hay que reducir las superficies expuestas al viento, planificar e inspeccionar los lugares de almacenamiento, utilizar

sistemas de aspersión/pulverización/nebulización de agua, agua a presión, cortinas de agua,....

En los almacenamientos a cielo abierto los materiales están expuestos a las condiciones meteorológicas y el viento puede ocasionar emisiones de partículas por resuspensión del material almacenado. Para reducir su influencia se pueden aplicar una serie de medidas, las más eficaces son las barreras cortavientos tanto naturales como artificiales y el regado con agua y algún aditivo que actúe como sellante.

El almacenamiento a cielo abierto se puede sellar empleando algún tipo de aditivo disuelto en el agua de riego. Las medidas de sellado con agua más aditivos prolongan su efecto durante semanas o meses dependiendo del tipo de aditivo y las condiciones meteorológicas. Los sistemas de sellado son incompatibles con los productos que sean sensibles a la humedad y/o a los aditivos disueltos en el agua. Hay que considerar el consumo de agua y los vertidos, si bien en este caso no es necesario regar cada vez que se produzcan ocasiones de alta probabilidad de resuspensión de polvo, pero en el vertido hay que tener en cuenta los aditivos añadidos al agua.

Las barreras cortavientos pretenden actuar reduciendo la velocidad y la turbulencia de viento en la zona a sotavento de la barrera sin generar a su vez turbulencias que favorezcan las emisiones. La configuración más adecuada corresponde a una barrera cortavientos artificial o natural (vegetal) situada perpendicularmente a la dirección del viento frente al que se quiere proteger la zona de almacenamiento.

Cuando no sea factible acondicionar un espacio para el almacenamiento cerrado con extracción de polvo, en el almacenamiento a cielo abierto de materiales pulverulentos se adoptará alguna de las siguientes medidas:

- ☐ Mantener el material constantemente humedecido mediante sistemas de aspersión, pulverización o nebulización de agua;
- ☐ Cubrirlo con fundas de lona, plástico o de cualquier otro tipo;
- ☐ Sellarlo empleando algún tipo de aditivo;
- ☐ Proteger los materiales de la acción del viento mediante la instalación de pantallas o barreras cortavientos naturales o artificiales.

Limpieza de suelos y viales

La circulación de vehículos por suelos y viales sucios puede provocar la resuspensión del material depositado en ellos, por lo que es necesario mantener limpios, además de las ruedas y bajos de los camiones, también los viales y demás superficies del entorno donde se realicen operaciones de carga, descarga, almacenamiento, etc., de materiales pulverulentos.

En general, dependiendo de los materiales, se produce resuspensión de materiales *pulverulentos* cuando la velocidad del viento es superior a 9 m/s y de materiales *muy pulverulentos* cuando la velocidad del viento es superior a 5 m/s.

En estudios encargados por la Autoridad Portuaria de Santander han llegado a la conclusión de que se producen emisiones por la erosión eólica en los viales (resuspensión) a partir de velocidades de viento superiores a 30 Km/h.

Para la limpieza de superficies se utilizará un método en el que sea necesario humedecer o mojar la zona antes de barrer, por su mayor eficacia frente a la limpieza en seco.

MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA ZONAS PORTUARIAS

En las zonas portuarias es de aplicación lo indicado en los apartados anteriores 9 y 10 sobre medidas preventivas y correctoras, pero además en este apartado se recoge información específica para Puertos.

En el proyecto HADA se ha realizado un estudio detallado de medidas aplicables a las actividades portuarias. La efectividad de dichas medidas ha sido obtenida en un estudio experimental llevado a cabo en el Puerto de Tarragona.

En la Tabla 20 se muestran las medidas atenuantes en actividades portuarias presentadas como conclusiones del proyecto HADA “*Estudio de medidas atenuantes y correctoras de las emisiones a la atmósfera provocadas por actividades portuarias*” proyecto LIFE realizado en el año 2005 (www.puertos.es), así como la reducción de las emisiones de partículas conseguidas con dichas medidas.

ACTIVIDAD	SISTEMA	MEDIDA ATENUANTE	REDUCCIÓN EMISIONES
Carga y descarga	Sistemas discontinuos	Cucharas	0%
		Cucharas + atmósfera húmeda captadora	30%
	Sistemas continuos	Cleveland – Cascade	100%
		Tubería de vacío	100%
Transporte interno	Cintas transportadoras	Cintas abiertas	0 %
		Cintas capotadas y cintas cerradas	100 %
Transporte externo	Camiones y trenes	Con lava-ruedas o riego	70 %
		Sin lava-ruedas o riego	0 %
Almacenamiento a cielo abierto		Barreras cortaviento	70 %
		Sistemas de riego (agua)	70 %

Tabla 20.- MTD aplicables a Puertos y reducción de las emisiones (HADA, 2005)

En la Tabla 21 pueden verse las reducciones conseguidas con otras medidas.

ACTIVIDAD	SISTEMA	MEDIDA ATENUANTE	REDUCCIÓN EMISIONES
Carga y descarga	Sistemas discontinuos	Cucharas +atmósfera húmeda en el entorno de la tolva y con sistema FLEX-FLAP	75 %
		Cucharas + tolvas ecológicas	80-90 %
Almacenamiento a cielo abierto		Selladores (agua+aditivo)	90 %

Tabla 21.- Otras MTD aplicables a Puertos y reducción de las emisiones con dichas medidas

Con sistemas continuos las emisiones pueden ser mucho menores que con sistemas discontinuos y se puede llegar a una reducción de las emisiones casi del 100%.

Para los materiales que si se puede usar tolva ecológica, con las de última generación se puede conseguir una minimización de las emisiones de 80-90%. En el proyecto HADA se realizó un estudio detallado de medidas atenuantes y correctoras de las emisiones atmosféricas provocadas en actividades portuarias que incluye una exhaustiva recopilación de datos sobre emisiones, sistemas utilizados, porcentajes de reducción de emisiones, estimación de costes, etc.

Existen diferentes medidas atenuantes relacionadas con la manipulación y almacenamiento de materiales sólidos pulverulentos en actividades portuarias, sin embargo, su implantación no siempre es sencilla ya que en algunos casos (cintas transportadoras, tuberías de vacío, etc.) pueden influir y entorpecer las vías de comunicación del puerto.

Las MTD que deben adoptarse en zonas portuarias con respecto al transporte de mercancías contemplan:

- ☐ Cubrir completamente los materiales transportados
- ☐ Limpiar los vehículos antes de salir de la zona de carga y descarga
- ☐ Los vehículos y la maquinaria deberán circular a una velocidad máxima de 20 Km/h

Cuando la velocidad del viento supere determinados umbrales se deberían suspender las operaciones de manipulación de materiales:

- ☐ Muy pulverulentos (clinker, cemento,...): ≥ 5 m/s
- ☐ Pulverulentos (carbones, fertilizantes, productos agrícolas y minerales,...) : ≥ 9 m/s

REFERENCIAS

[Orden de 10 de agosto de 1976](#), sobre normas técnicas para análisis y valoración de contaminantes atmosféricos de naturaleza química. BOE nº 266, de 5 de noviembre de 1976.

[Guías Técnicas Sectoriales para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire de los diferentes sectores industriales](#). Guías EPER. IHOBE.

Norma VDI 4285:2005. Part 1: Determination of diffusive emissions by measurements- Basic Concepts.

[Estudio de Medidas Atenuantes y Correctoras de las emisiones a la atmósfera provocadas por actividades portuarias](#). Andrés Guerra. Puertos del Estado. 2005.

[Decreto 151/2006](#), de 25 de julio, por el que se establecen los valores límite y la metodología a aplicar en el control de las emisiones no canalizadas de partículas por las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera. BOJA nº 147, de 1 de agosto 2006.

[“Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Chapter 13: Miscellaneous Sources”](#): 13.2.1 Paved Roads; 13.2.2 (2011); Unpaved Roads13.2.4 (2006); Aggregate Handling And Storage Piles (2006); 13.2.5 Industrial Wind Erosion (2006).

[Ley 34/2007](#), de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. BOE nº 275, de 16 de noviembre de 2007.

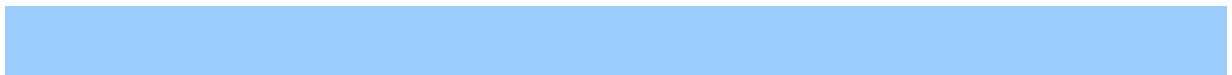
Norma UNE-EN 15445:2008 Emisiones fugitivas y difusas de interés común a sectores industriales. Cualificación de fuentes de partículas fugitivas por Modelización de Dispersión Reversa.

Estimación de emisiones difusas de PM₁₀ y rendimiento de MTD's en el sector cerámico E. Monfort, I. Celades, V. Sanfelix, S. Gomar, J.L. López, V. Calpe. 2009.

[DIRECTIVA 2010/75/UE](#) del Parlamento europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación). DOUE nº L 334/17, de 17 de diciembre de 2010.

[Real Decreto 100/2011](#), de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación. BOE nº 25, de 29 de enero de 2011.

[Real Decreto 102/2011](#), de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. BOE nº 25, de 29 de enero de 2011.



ANEXOS

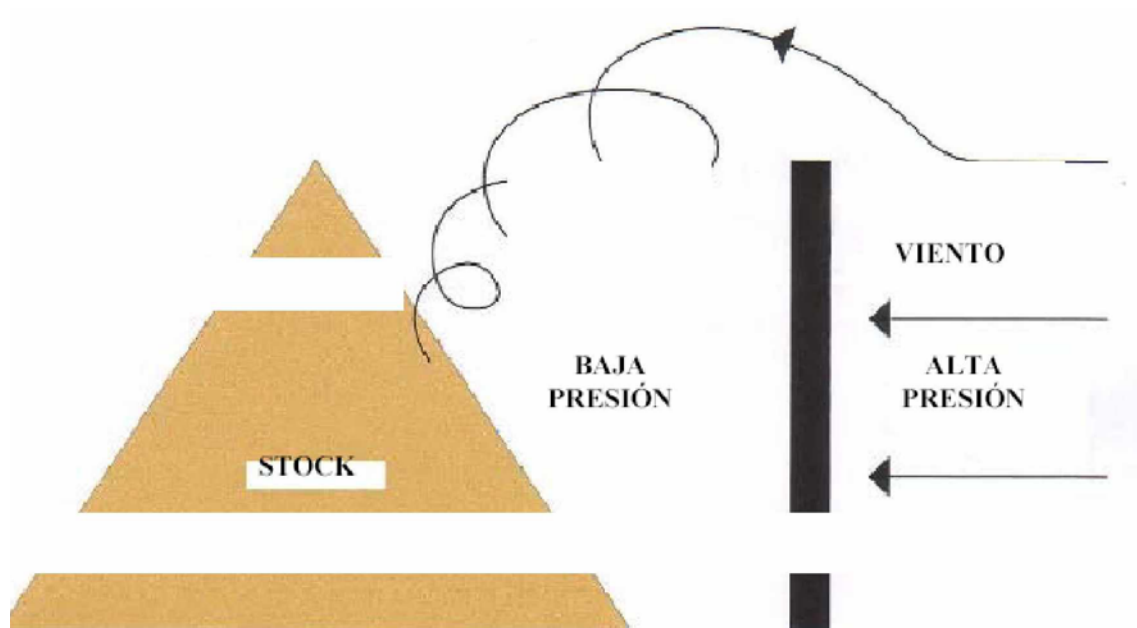
ANEXO 1.- PANTALLAS ARTIFICIALES ⁶

El objetivo es proteger la zona de trabajo de las corrientes de viento y las partículas de polvo provenientes de las pilas de almacenamiento de material arrastradas por el viento y evitar la formación de remolinos formados por el desvío de las corrientes en la zona protegida.

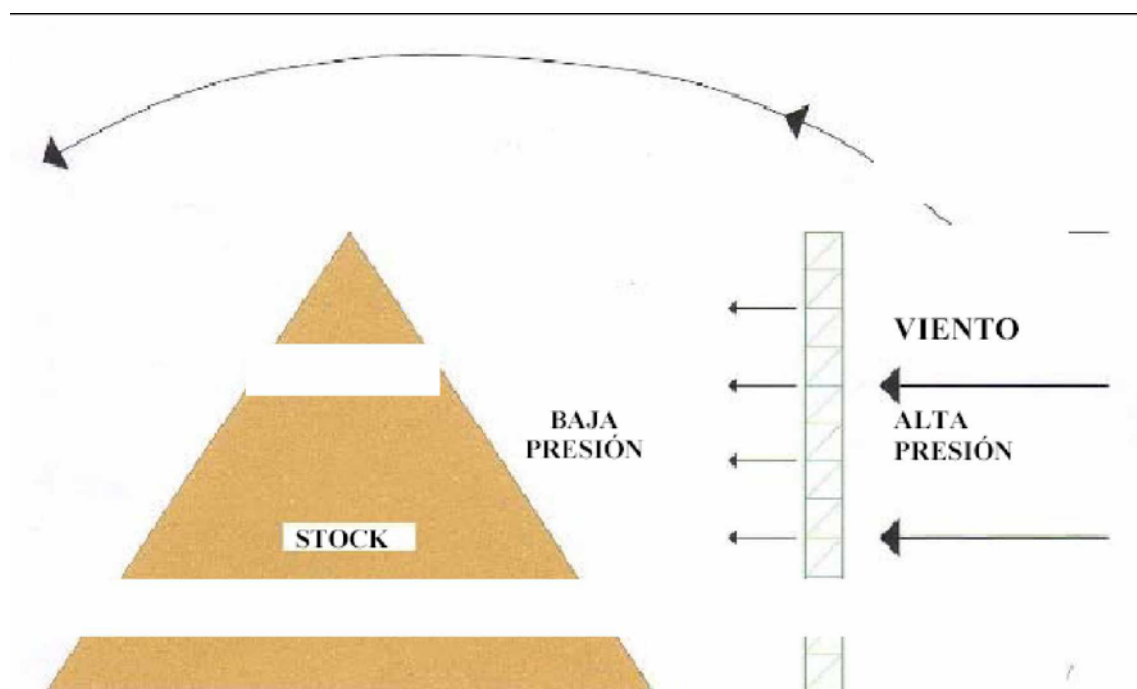
El sistema de “Pantallas de viento” se usa en una amplia gama de aplicaciones como una medida para reducir la velocidad del viento y así disminuir la cantidad de partículas resuspendidas desde distintos tipos de fuentes. Estas fuentes incluyen acopios de material, cintas de apilamiento, tránsito de camiones, plantas de trituración de áridos, descarga de silos, manejo de graneles, etc.

Generalmente, el sistema de “pantallas de viento” trabaja mejor que una estructura de cierre sólida en las aplicaciones anteriores, debido a los tejidos porosos especialmente diseñados. Aproximadamente el 30% del viento atraviesa el tejido, disminuyendo el diferencial de presión entre ambos lados de la pantalla.

Las estructuras de cierre sólidas generalmente tienen aperturas para el acceso de vehículos y otras actividades propias de los parques de apilamiento. Estas áreas abiertas pueden ser importantes fuentes de polvo, ya que favorecen el flujo de aire desde zonas de alta presión a otras de baja, incrementando la velocidad del aire y consecuentemente, la cantidad de partículas arrastradas por este.



EFFECTO DEL VIENTO CON UNA PANTALLA SÓLIDA



EFFECTO DEL VIENTO CON UNA PANTALLA D.S.I.



ANEXO 2.- SISTEMAS LAVARUEDAS Y BAJOS DE LOS CAMIONES ⁷



MODELO PUENTE CON EXTRACTOR DE LODOS