

**Plan de acción destinado a la reducción del material particulado,
fracción PM₁₀ en el área urbana de Valladolid.**

BORRADOR

13 de diciembre de 2005

- 1. Antecedentes jurídicos**
- 2. Antecedentes técnicos**
- 3. Base epidemiológica del Plan**
- 4. Orígenes y fuentes del material particulado**
- 5. El material particulado como catalizador en la aparición de contaminantes secundarios**
- 6. Alcance del plan**
- 7. Objetivos del Plan**
- 8. Acciones del Plan**

1 Antecedentes jurídicos del Plan

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. Establece en su Art 6. Lo siguiente:

Medidas aplicables en las zonas en que se superen los valores límite.

1. En las zonas y aglomeraciones en que los niveles de uno o más de los contaminantes regulados superen su valor límite incrementado en el margen de tolerancia o, si éste no está establecido, el valor límite, las Administraciones competentes adoptarán planes de actuación que permitan alcanzar los valores límite en los plazos fijados. Estos planes habrán de integrar todos los contaminantes afectados y contener, al menos, la información a que se refiere el anexo XII.

2. Los planes de actuación correspondientes a las partículas PM_{10} también tendrán por objetivo reducir las concentraciones de partículas $PM_{2,5}$.

3. En las zonas o aglomeraciones donde se superen los valores límite sólo será aplicable la obligación de ejecutar planes de actuación cuando la superación de los valores límite se deba a emisiones Antropogénicas, distintas del vertido de arena en período invernal para el mantenimiento de las carreteras.

El anexo XII del mismo Real Decreto citado en el punto 1 del Art. 6 nos dice lo siguiente:

Información que debe incluirse en los programas locales, regionales o nacionales de mejora de la calidad del aire ambiente

Información que debe facilitarse en virtud del apartado 1 del artículo 6:

- 1. Localización de la superación: región, ciudad (mapa), estación de medición (mapa, coordenadas geográficas)*
- 2. Información general: tipo de zona (ciudad, área industrial o rural), estimación de la superficie contaminada (km^2) y de la población expuesta a la contaminación, datos climáticos útiles, datos topográficos pertinentes, información suficiente acerca del tipo de organismos receptores de la zona afectada que deben protegerse.*
- 3. Autoridades responsables: nombres y direcciones de las personas responsables de la elaboración y ejecución de los planes de mejora.*
- 4. Naturaleza y evaluación de la contaminación: concentraciones observadas durante los años anteriores (antes de la aplicación de las medidas de mejora), concentraciones medidas desde el comienzo del proyecto, técnicas de evaluación utilizadas.*
- 5. Origen de la contaminación: lista de las principales fuentes de emisión responsables de la contaminación (mapa), cantidad total de emisiones procedentes de esas fuentes (t/año), información sobre la contaminación procedente de otras regiones.*

6. *Análisis de la situación: detalles de los factores responsables de la superación (transporte, incluidos los transportes transfronterizos, formación), detalles de las posibles medidas de mejora de la calidad del aire.*
7. *Detalles de las medidas o proyectos de mejora que existían antes de la entrada en vigor de la presente norma, es decir: Medidas locales, regionales, nacionales o internacionales, efectos observados de estas medidas.*
8. *Información sobre las medidas o proyectos adoptados para reducir la contaminación tras la entrada en vigor del presente Real Decreto: lista y descripción de todas las medidas previstas en el proyecto, calendario de aplicación, estimación de la mejora de la calidad del aire que se espera conseguir y del plazo previsto para alcanzar esos objetivos.*
9. *Información sobre las medidas o proyectos a largo plazo previstos o considerados.*
10. *Lista de las publicaciones, documentos, trabajos, etc., que completen la información solicitada en el presente anexo.*

Las tablas 1 y 2 que siguen trasponen a este Plan de Acción los valores límite para el material particulado en las fases I y II de aplicación del RD 1073/2002

Tabla 1 correspondiente al Anexo III del RD 1073/2002 de valores límite para las partículas PM₁₀ fase I de aplicación.	
Valor límite diario para la protección de la salud humana.	50 µg/m ³ (media diaria), no pudiendo superarse más de 35 veces en un año.
Margen de tolerancia diario de protección de la salud humana.	15 µg/m ³ a la entrada en vigor del Decreto 1073/2002 reduciendo el 1 de enero de 2003 y posteriormente cada 12 meses 5 µg/m ³ hasta alcanzar el valor límite el 1 de enero de 2005.
Valor límite anual para la protección de la salud humana	40 µg/m ³ (Media anual).
Margen de tolerancia anual de protección de la salud humana.	4,8 µg/m ³ a la entrada en vigor del Decreto 1073/2002 reduciendo el 1 de enero de 2003 y posteriormente cada 12 meses 1,6 µg/m ³ hasta alcanzar el valor límite el 1 de enero de 2005.

Tabla 2 correspondiente al Anexo III del RD 1073/2002 de valores límite para las partículas PM₁₀ fase II de aplicación.

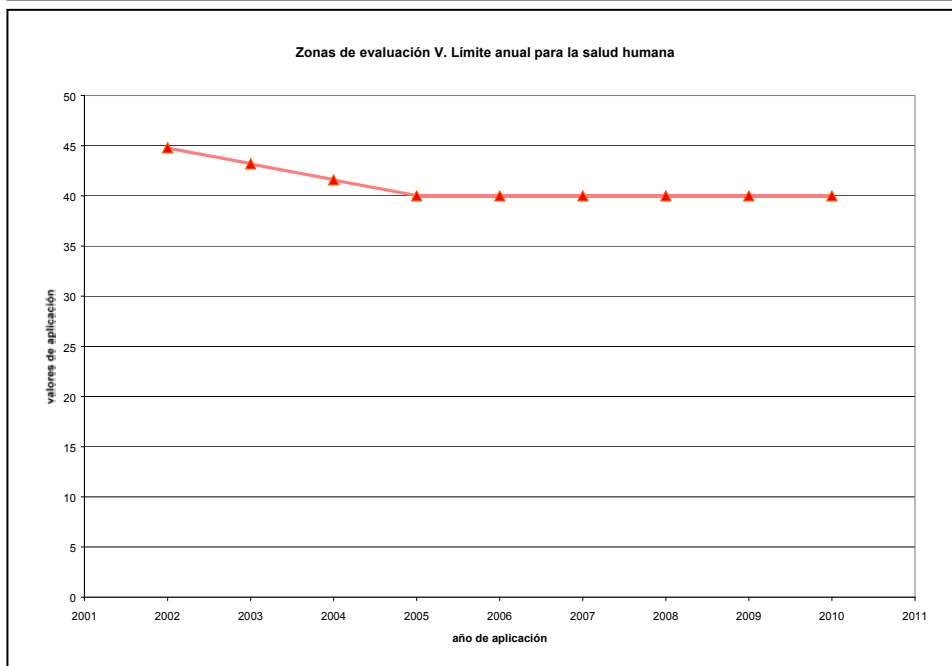
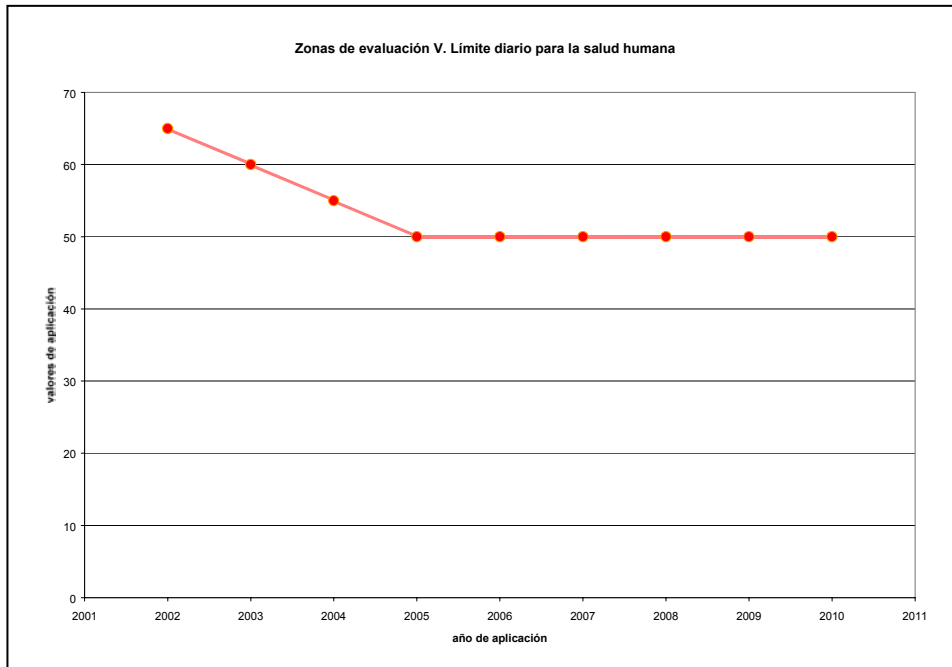
Valor límite diario para la protección de la salud humana.	50 µg/m ³ (media diaria), no pudiendo superarse más de 7 veces en un año.
Margen de tolerancia diario de protección de la salud humana.	Se derivará de los datos y será equivalente al valor límite de la fase I.
Valor límite anual para la protección de la salud humana	20 µg/m ³ (Media anual).
Margen de tolerancia anual de protección de la salud humana.	20 µg/m ³ el 1 de enero de 2005, reduciendo el 1 de enero de 2006 y posteriormente cada 12 meses 4 µg/m ³ , hasta alcanzar el valor límite el 1 de enero de 2010.

[Retorno](#)

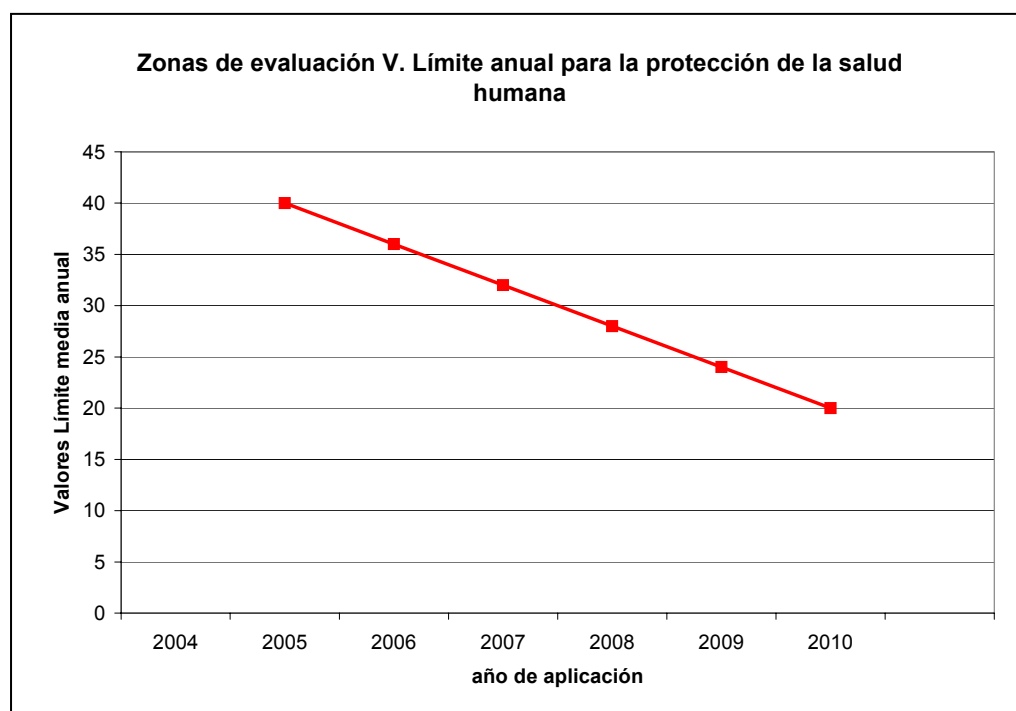
2 Antecedentes técnicos

Material particulado fracción PM_{10}

Las dos siguientes gráficas se corresponden con la aplicación de los límites establecidos en el RD 1073/2002 anexo III fase I.



La siguiente gráfica se corresponde con la aplicación de los límites establecidos en el RD 1073/2002 anexo III fase II.



Resultados finales para el año 2003

Estación	V máximo horario	Mediana horaria	Percentil 98 horario	% Datos válidos
Arco de Ladrillo 2	337	34	112	98.74
La Rubia	224	25	96	99.05
Vega Sicilia	313	21	81	96.39
Labradores 2	973	33	112	94.18
Santa Teresa	470	17	86	93.66
Puente de Regueral	737	20	94	97.80

Número de superaciones de los valores límite correspondientes a la fase I del RD 1073/2002

Estación	N S LDPS ¹	V medio anual
Arco de Ladrillo 2	35	38
La Rubia	18	30
Vega Sicilia	6	25
Labradores 2	48	39
Santa Teresa	5	23
Puente de Regueral	14	26

¹ Número de superaciones del límite diario para la protección de la salud humana

Resultados finales para el año 2004

Estación	V máximo horario	Mediana horaria	Percentil 98 horario	% Datos válidos
Arco de Ladrillo 2	598	45	157	97,75
La Rubia	523	26	124	94,6
Vega Sicilia	335	30	106	97,84
Labradores 2	579	31	131	96,55
Santa Teresa ²	256	16	127	34,86
Puente de Regueral ³	486	25	114	82,76

Número de superaciones de los valores límite correspondientes a la fase I del RD 1073/2002

Estación	N S LDPS ³	V medio anual
Arco de Ladrillo 2	106	52
La Rubia	41	33
Vega Sicilia	40	35
Labradores 2	57	38
Santa Teresa	8	28
Puente de Regueral	23	31

Cumplimiento de objetivos de calidad del aire en los años 2003 y 2004

Para el año 2003, tal y como se explica en el Decreto 1073/2002, el primero de los objetivos viene definido por el valor límite diario y el número de superaciones anuales de este valor. El número de superaciones anuales de este valor límite ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 2003) no puede ser superior a 35 veces al año.

La estación de Labradores 2 ha superado en el año 2003 este valor límite por lo que se encuentran en la zona de calidad por encima del valor límite.

El resto de las estaciones que no han superado el valor límite y se encuentran en la zona de calidad con niveles inferiores a VL.

El segundo de los objetivos de calidad del aire se define por el valor límite para la media anual para la protección de la salud, este valor límite tiene definido un margen de tolerancia, consistente en que no puede superarse el valor de $43,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2003.

Ninguna de las estaciones de la RCCAVA ha superado en ningún momento del año 2003 este valor límite por lo que se encuentran en la zona de calidad por debajo del valor límite.

Para el año 2004 y siguiendo los mismos criterios del Decreto 1073/2002, el primero de los objetivos viene definido por el valor límite diario y el número de superaciones anuales de este valor. El número de superaciones anuales de este valor límite ($55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 2004) no puede ser superior a 35 veces al año.

² Insuficiente número de datos para la evaluación por averías de larga duración del instrumental.

³ Número de superaciones del límite diario para la protección de la salud humana

Las estaciones de Arco de Ladrillo 2, La Rubia, Vega Sicilia y Labradores 2 han superado en el año 2004 este valor límite por lo que se encuentran en la zona de calidad por encima del valor límite.

El segundo de los objetivos de calidad del aire se define por el valor límite para la media anual para la protección de la salud, este valor límite tiene definido un margen de tolerancia, consistente en que no puede superarse el valor de $41,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2004.

La estación de Arco de Ladrillo 2 ha superado en el año 2004 este valor límite por lo que se encuentran en la zona de calidad por encima del valor límite.

Ninguna de las restantes estaciones de la RCCAVA ha superado en el año 2004 este valor límite por lo que se encuentran en la zona de calidad por debajo del valor límite.

[Retorno](#)

3 Base epidemiológica del Plan

3.1 Evaluación de la exposición al Material particulado⁴

Los datos sobre la exposición a partículas aerotransportadas inhalables son todavía limitados en Europa. Estos han sido sobre todo obtenidos a partir de estudios no realizados directamente con el objeto de obtener distribuciones a largo plazo de valores relativos a la exposición para segmentos grandes de la población. Sin embargo, en Europa del Norte, los niveles de PM₁₀ (material particulado en el que el 50 % de partículas tiene un diámetro aerodinámico de menos de 10 µm) son bajos, con promedios invernales que en las áreas urbanas no superan los 20–30 µg/m³.

En Europa occidental, las concentraciones de material particulado son superiores a 40–50 µg/m³, con sólo pequeñas diferencias entre áreas urbanas y no urbanas. Los valores de concentración en algunas regiones de Centro Europa y en la Europa del Este en las cuales los datos ya se encuentran disponibles parecen hoy día ser sólo un poco más altos que aquellos medidos en ciudades como Amsterdam y Berlín.

A consecuencia de la variación normal cotidiana las concentraciones PM₁₀, valores promedio de 24 horas de 100 µg/m³ son con regularidad superados en muchas áreas en Europa, sobre todo durante las inversiones térmicas del invierno.

3.2 Evaluación del riesgo para la salud

Existe toda una variedad de métodos para medir el material particulado en el aire. Para la presente evaluación, los diferentes estudios realizados han destacado que la exposición al material particulado debe expresarse siempre en la fracción torácica (PM₁₀) o fracciones de tamaño o componentes de esa fracción. De forma excepcional, en las bases de datos existe una disponibilidad limitada de datos sobre las concentraciones de partículas finas (PM_{2.5}), sulfatos y aerosol ácidos.

Los estudios realizados sobre los efectos sobre la salud causados (de diferentes formas) por las partículas en suspensión totales o por el humo negro han proporcionado una valiosa información adicional en los últimos años. Sin embargo, los resultados obtenidos no dejan totalmente aclaradas las relaciones de respuesta de la exposición al material particulado, porque las partículas en suspensión totales incluyen partículas que son demasiado grandes para ser inhaladas y porque el método de medida de las partículas basado en su opacidad además de su incertidumbre tiene una importancia poco significativa para la salud.

Los estudios más recientes sugieren que las variaciones a corto plazo en la exposición al material particulado tienen que ver con los efectos sobre la salud hasta en niveles muy bajos de exposición (concentraciones inferiores a 100 µg/m³). Las actuales bases de datos no permiten inducir un umbral por debajo del cual no aparezca ningún efecto. Este hecho no implica, que no exista ningún umbral, sino que los estudios epidemiológicos son incapaces de definir tal umbral, si es que existe, con precisión.

⁴ El texto completo de esta sección ha sido copiado y traducido íntegramente, del documento “Objetivos de Calidad del aire para Europa, segunda edición WHO 2000“ publicado por la Organización Mundial de la Salud

Para la exposición a corto plazo, a concentraciones de PM₁₀ bajas⁵, la curva de respuesta de exposición, es una línea recta razonablemente buena. Hay evidencia científica de esto a partir de estudios realizados en la antigua República Democrática Alemana y en China, sin embargo, para valores de concentración más altos, la exposición (varios cientos de µg/m³ de PM₁₀) la curva que se obtiene es más difusa, al menos para efectos sobre la mortalidad.

En los estudios de mortalidad realizados en Londres, se han encontrado también pruebas científicas de la existencia de una relación curvilínea entre humo negro y la mortalidad diaria, la curva se hace horizontal en los valores de exposición más altos. Las estimaciones de la magnitud de los efectos que ocurren en los valores bajos de la exposición no deberían ser usadas por lo tanto para extrapolar a niveles más altos, más lejos de la variedad de exposiciones que aparecen en la mayor parte de los estudios de efecto sobre la salud en episodios agudos recientes.

Aunque en la actualidad hay muchos estudios mostrando estimaciones sobre los efectos agudos provocados por la exposición a PM₁₀ que son cuantitativamente consecuentes, esto no implica que la composición de las partículas o la distribución de tamaños dentro de la fracción PM₁₀ sea menos importante a la hora de definir su impacto final sobre la salud de las personas.

Desde el punto de vista de la ciencia, se carece de evidencias suficientes, a partir de estudios realizados sobre tormentas de polvo que nos indican que las partículas PM₁₀ de estos episodios, son mucho menos tóxicas que aquellas otras asociadas a fuentes de combustión. Los análisis más recientes en relación con las fracciones del material particulado PM₁₀, y sus componentes medidos, sugieren que los efectos observados sobre la fracción PM₁₀ se encuentran íntimamente ligados a las fracciones más finas, a los aerosoles fuertemente ácidos o a los sulfatos y no con la fracción de origen natural (fracción PM₁₀ menos fracción PM_{2,5}).

Tradicionalmente, la contaminación del aire por material particulado ha sido en origen un fenómeno principalmente urbano. Sin embargo ahora es evidente también que en muchas áreas de Europa, las diferencias urbanas y rurales en cuanto a las concentraciones de material particulado PM₁₀ son pequeñas o incluso inexistentes, indicando esto que la exposición a material particulado por parte de la población en general es extensa.

En efecto, varias de las investigaciones realizadas en relación con los efectos sobre la salud examinados en este trabajo fueron desarrollados en zonas rurales o semirurales más que áreas urbanas. Esto no debe implicar que la exposición primaria, al material particulado relacionada con la combustión no sea más elevada en zonas urbanas. Actualmente, sin embargo, se carece de datos científicos relativos a los riesgos de salud específicos a tales exposiciones. Las evidencias nos demuestran también que la exposición a largo plazo a concentraciones bajas de material de particulado en el aire tiene que ver con la mortalidad y otros efectos crónicos, como tasas incrementadas de bronquitis y función pulmonar reducida.

Dos estudios de estadísticos de cohortes desarrollados en los Estados Unidos sugieren que la esperanza de la vida de las personas puede ser acortada en más de un año en aquellas comunidades expuestas a concentraciones altas de material particulado PM₁₀ comparadas a aquellas poblaciones expuestas a concentraciones bajas. Este dato es coherente con resultados anteriores de estudios cruzados en los que se comparan los índices de mortalidad ajustados a las pirámides de población distribuidas por edades a través de un rango de concentraciones medias a largo plazo.

⁵ Se definen como concentraciones bajas, aquellas situadas en el rango de 0 – 50 µg/m³ PM₁₀

En otras ocasiones se ha sugerido que estos efectos sobre la salud, provocados por el material particulado, tienen que ver con exposiciones a largo plazo a concentraciones más bajas, comenzando en una concentración del material particulado fina de aproximadamente $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mientras estas observaciones requieren de una confirmación adicional, preferentemente obtenida en otras áreas del mundo, estos nuevos estudios sugieren que las implicaciones sobre la salud pública por la exposición al material particulado pueden ser muy grandes.

3.3 Evaluación de los efectos de exposición a corto plazo sobre mortalidad y morbilidad

La tabla 3 nos muestra la sumatoria de las estimaciones del incremento relativo de mortalidad diaria, admisiones hospitalarias por causas respiratorias, informes de uso de broncodilatador, toses y síntomas respiratorios de perfil bajo, también cambios del flujo máximo expiratorio asociado con unos $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de PM_{10} o $\text{PM}_{2.5}$, tal como se describe en diferentes investigaciones donde se evaluó de forma real la concentración de PM_{10} y/o $\text{PM}_{2.5}$ (a diferencia de otros trabajos donde se estos valores se dedujeron de otras medidas como el coeficiente de niebla, el humo negro o las partículas en suspensión totales). La base de datos para parámetros diferentes a la fracción PM_{10} es todavía muy limitada, pero por los motivos anotados, es muy importante declarar que aunque la evaluación (especialmente en la exposición a corto plazo) sobre la salud se efectúe en gran medida expresada en términos de PM_{10} , las futuras regulaciones y la vigilancia de actividades deberían enfatizar la expresión de los resultados en función de la fracción respiratoria $\text{PM}_{2.5}$ además de, en la preferida hasta ahora, fracción PM_{10} ⁶.

Tabla 3. Resumen del riesgo relativo estimado para varios puntos de corte asociados a incrementos de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las concentraciones de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$

Punto de corte	Riesgo relativo para $\text{PM}_{2.5}$ (95% intervalo de confianza)	Riesgo relativo para PM_{10} (95% intervalo de confianza)
Uso de Bronco dilatador		1,0305 (1,0201 – 1,0410)
Tos		1,0356 (1,0197 – 1,0518)
Síntomas respiratorios ligeros		1,0324 (1,0185 – 1,0464)
Cambio en el pico expiratorio bajo (relativo a la media)		-0,13% (-0,17% a -0,09%)
Admisiones hospitalarias respiratorias		1,0080 (1,0048 – 1,0112)
Mortalidad	1,015 (1,011 – 1,019)	1,0074 (1,0062 – 1,0086)

Es importante resaltar, que en la actualidad, no se conoce que grado de reducción de la esperanza de vida esta asociada con aumentos diarios de la mortalidad relacionados de manera directa con la exposición al material particulado. Si el análisis de los efectos los restringimos sobre personas con una mala salud, los efectos sobre la edad de la muerte son pequeños.

⁶ LIPPMANN, M. & THURSTON, G.D. Sulphate concentrations as an indicator of ambient particulate matter air pollution for health risk evaluations. *Journal of exposure analysis and environmental epidemiology*, 6: 123–146 (1996).

Las estimaciones de impacto que se indican en la tabla 3, pueden ser usadas para estimar, para una población de un tamaño dado la morbilidad y mortalidad, cuanta gente será afectada durante un período corto a exposiciones a material particulado con concentraciones incrementadas. Es necesario establecer una reserva derivada del descubrimiento de que para algunos efectos estimados, no existen pruebas de la heterogeneidad entre los análisis en la magnitud de la estimación del impacto efecto. Una investigación de los motivos de la heterogeneidad está más lejos del alcance de este Plan de Acción. Como consecuencia, las estimaciones de impacto reunidas pueden no ser del todo aplicables en todas las posibles circunstancias.

Con un propósito meramente ilustrativo, la tabla 4 contiene una estimación del efecto de un episodio de 3 días con concentraciones diarias PM₁₀ con valores promedio comprendidos entre 50 µg/m³ y 100 µg/m³ para una población de 1 millón de personas. La tabla 4 aclara que, en una población de este tamaño, el número de personas en mal estado o con necesidad de ser admitido en un hospital a consecuencia de la exposición al materia particulado es pequeña con relación al número adicional "personas - día" que precisan del uso de medicación por un aumento de los síntomas respiratorios debido a la exposición al material particulado.

Tabla 4. Número estimado de personas (sobre una población de un millón) que experimentan problemas de salud como resultado de los efectos de un episodio de 3 días caracterizado por concentraciones medias de PM₁₀ entre 50 y 100 µg/m³.		
Indicador de efecto sobre la salud	Número de personas afectadas por un episodio PM ₁₀ de tres días a:	
	50 µg/m ³	100 µg/m ³
Número de muertes	4	8
Número de admisiones hospitalarias por problemas respiratorios	3	6
Personas – día utilizando broncodilatadores	4.863	10.514
Personas – día con síntomas respiratorios exacerbadados	5.185	11.267

No obstante, estos cálculos deben ser modificados según el tamaño de la población, mortalidad y experiencia en la morbilidad de poblaciones de interés.

3.4 Evaluación de los efectos de la exposición a largo plazo sobre la mortalidad y morbilidad

La evidencia más coherente sobre los efectos a largo plazo por la exposición al material particulado sobre la mortalidad viene proporcionada por dos estudios de cohorte recientes. Las estimaciones de riesgo relativas para la mortalidad total del primer estudio⁷, expresado para incrementos de concentración de 10 µg/m³, eran 1,10 para partículas inhalables (medidas como PM₁₅ o PM₁₀), 1,14 para partículas finas (PM_{2.5}) y 1,33 para sulfatos.

⁷ DOCKERY, D.W. ET AL. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *New England journal of medicine*, 329: 1753–1759 (1993).

Las estimaciones de riesgo relativas para la mortalidad total del segundo estudio⁸, expresado para incrementos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, eran 1,07 para partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$) y 1,08 para sulfatos. Los niveles de sulfato usados en el segundo estudio (en un rango de concentración 3,6 – 23,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) puede haber sido incrementado debido a la formación de sulfato sobre el material utilizado como filtro.

El primer estudio incluyó a una comunidad (Steubenville), donde los niveles de sulfato en este estudio era mucho menores (4,8 – 12,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), posiblemente debido a que los métodos de medida no eran los más adecuados.

Los efectos a largo plazo por exposición al material particulado sobre la morbilidad han sido demostrados en un estudio de 24 ciudades focalizado sobre niños^{9y10}. Expresando los resultados para incrementos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los riesgos relativos para la bronquitis eran de 1,34 para $\text{PM}_{2.1}$, 1,29 para PM_{10} , y 1,96 para partículas de sulfato. Los cambios correspondientes de la FEV-1 eran el -1,9 % ($\text{PM}_{2.1}$), el -1,2 % (PM_{10}) y el -3,1 % (para partículas de sulfato).

Mientras que tales cambios medios no tienen una importancia clínica significativa, la proporción de niños que tienen una función reducida pulmonar clínicamente relevante (la capacidad vital forzada (FVC) o FEV-1 era inferior en el 85 % de los casos predichos) fue aumentada en un factor de 2 a 3 en el rango de la exposición¹¹. Un estudio reciente¹⁰ desarrollado en Suiza muestra la aparición de reducciones significativas de FEV-1 del -1,0 % por cada incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} .

La tabla 5 proporciona un resumen del conocimiento actual de los efectos de la exposición a largo plazo al material particulado sobre los puntos de corte de la morbilidad y mortalidad.

Usando las estimaciones de riesgo presentadas en las tablas 5, y 6 obtendremos una estimación del número de personas que experimenta efectos sobre su salud asociados con la exposición a largo plazo al material particulado, usando asunciones similares sobre el tamaño demográfico y la morbilidad como en la tabla 4.

Expresamente, para este estudio se ha asumido un tamaño demográfico de un millón de habitantes, donde el 20 % de la población son niños, con un predominio de la línea de base del 5 % para síntomas de bronquitis entre estos niños (es decir sumimos que 10000 niños tendrán síntomas de bronquitis) y con un predominio de la línea de base del 3 % 6000 niños presentaran una función pulmonar (FVC o FEV1) más baja que el 85 %. Además, el impacto de la exposición a largo plazo al material particulado sobre la mortalidad total puede ser estimado.

⁸ POPE, C.A. III. ET AL. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 151: 669–674 (1995).

⁹ DOCKERY, D.W. ET AL. Health effects of acid aerosols on North American children: respiratory symptoms. *Environmental health perspectives*, 104: 500–505 (1996).

¹⁰ RAIZENNE, M. ET AL. Health effects of acid aerosols on North American children: pulmonary function. *Environmental health perspectives*, 104: 506–514 (1996).

¹¹ ACKERMANN-LIEBRICH, U. ET AL. Lung function and long-term exposure to air pollutants in Switzerland. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 155: 122–129 (1997).

El número de personas que sobreviven a una cierta edad será más pequeño en una población expuesta a concentraciones altas, y la diferencia dependerá de la categoría de edad. Si la estructura de mortalidad de las personas es tomada como una base para el cálculo, y si aplicamos la información de la tabla 4, en cada cohorte de nacimiento de 100000 hombres, el número de supervivientes expuestos a la contaminación, se reducirá en 383 hombres por cada incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10}) antes de alcanzar la edad de 50 años, 1250 hombres antes de alcanzar la edad de 60 y 3148 hombres antes de alcanzar la edad de 70 años.

Un aumento de la exposición a largo plazo de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10}) se corresponde a una reducción estimada del número de hombres supervivientes a una cierta edad en las cohortes de, 764, 2494 y 6250 hombres respectivamente.

Tabla 5. Resumen del riesgo relativo estimado por efectos de la exposición a largo plazo al material particulado sobre la mortalidad y morbilidad asociadas a incrementos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las concentraciones de PM_{10} o $\text{PM}_{2,5}$

Punto de corte	Riesgo relativo para $\text{PM}_{2,5}$ (95% de intervalo de confianza)	Riesgo relativo para PM_{10} (95% de intervalo de confianza)
Muertes ¹²	1,14 (1,04 – 1,24)	1,10 (1,03 – 1,18)
Muertes ¹³	1,07 (1,04 – 1,11)	
Bronquitis	1,34 (0,94 – 1,99)	1,29 (0,95 – 1,83)
Porcentaje de cambio en la FEV de niños	-1,9% (-3,1% a -0,6%)	-1,2% (-2,3% a -0,1%)
Porcentaje de cambio en la FEV adultos		-1,0% (no disponible)

Tabla 6. Número estimado de niños (alrededor de 200.000) en una población de 1 millón de habitantes que experimentan efectos sobre la salud cada año debido a la exposición a largo plazo a concentraciones entre 10 y 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$ sobre un nivel de fondo de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Indicador de efecto sobre la salud	Número de niños afectados por año a concentraciones de $\text{PM}_{2,5}$ superiores a:	
	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Número de niños con síntomas de bronquitis	3.350	6.700
Número de niños con función pulmonar (PVC o FEV) inferior al 85%	4.000	8.000

[Retorno](#)

¹² Asociadas tanto a $\text{PM}_{2,5}$ como a PM_{10}

¹³ Asociadas a PM_{10}

4. Orígenes y fuentes del material particulado

La materia particulada presente en la atmósfera, varía ampliamente en su composición química y física en función de la fuente emisora y del tamaño de la partícula emitida. Las partículas PM_{10} (fracción de partículas de tamaño menor que 10 micras) constituyen la fracción del material particulado cuya masa se mide habitualmente en las atmósferas urbanas. Las partículas de tamaño mayor que 10 micras, no son realmente inhaladas y se expulsan de manera relativamente eficaz, o sedimentan.

Las partículas $PM_{2,5}$ (fracción de partículas de tamaño menor que 2,5 micras y mayor que 1 micra) constituyen la fracción más importante del material particulado en las atmósferas urbanas al tratarse de la emitida directamente por la actividad humana como resultado de las combustiones y que tiene asociado un mayor impacto epidemiológico al tratarse de un material con capacidad de penetrar hasta el interior del pulmón sin que sea expulsado a posteriori en los procesos respiratorios.

La materia particulada puede ser clasificada como primaria si se emite directamente a la atmósfera o secundaria si se forma o se modifica en la atmósfera por condensación, reacción y/o crecimiento.

La materia particulada como tal no es un contaminante único sino una mezcla de diferentes subclases de contaminantes que contienen numerosos compuestos químicos. La materia particulada aparece finalmente en la atmósfera como resultado de interacciones de carácter químico, mediante diferentes mecanismos de formación, diferente composición química y diferentes impactos sobre la salud como consecuencia de la exposición a la misma.

La principal fuente urbana de material particulado son los procesos de combustión, en particular de la combustión del carbón, madera, gasoil y otros combustibles fósiles, pero también, el tráfico y la industria, combustión de la vegetación e incendios forestales así como procesos de fusión y afinación de metales. Este material particulado, es transportado por gases calientes a lo largo de un tubo o chimenea donde pueden aparecer fenómenos de nucleación espontánea formándose material secundario fino con posterioridad a la emisión.

Las partículas secundarias se forman típicamente a partir de productos de baja volatilidad que se generan dentro de la atmósfera, por ejemplo por la oxidación del dióxido de azufre a ácido sulfúrico, también en los procesos fotoquímicos que tienen lugar en la atmósfera estival como resultado de las reacciones entre compuestos orgánicos e inorgánicos promovidas por la radiación solar.

El tiempo de vida en la atmósfera del material particulado se encuentra estrechamente unida al tamaño de la partícula y a su densidad, pudiendo llegar a los 10 días para partículas de menos de 1 micra de diámetro.

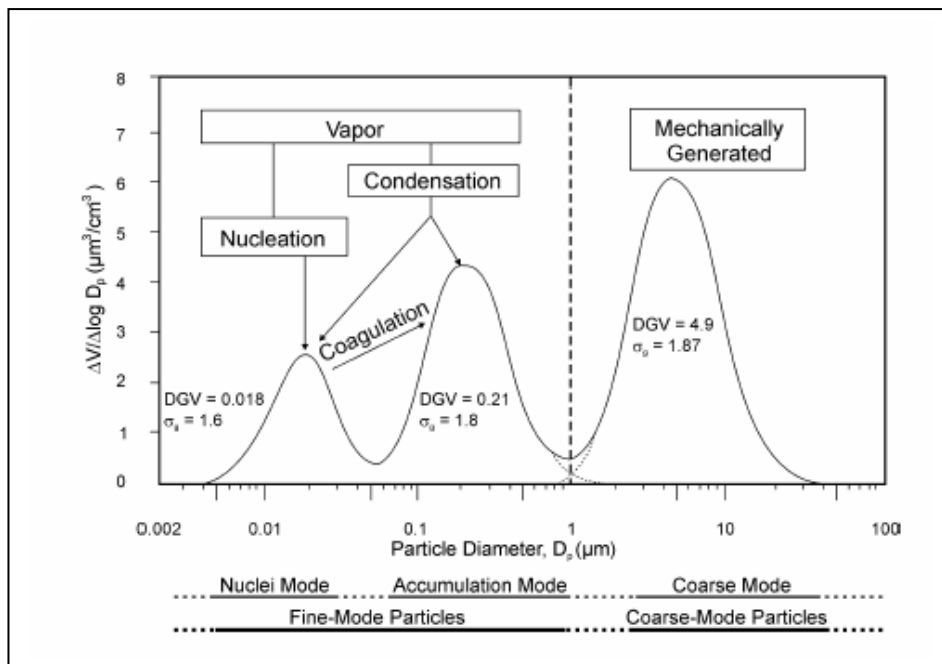
La distribución de las partículas en la atmósfera, depende de la denominada distribución de tamaños, distribución que es una función de su superficie, volumen, masa densidad y diámetro aerodinámico, siendo frecuente que sus tamaños se aproximen a una distribución de carácter log - normal.

El tamaño del material particulado se referencia al denominado diámetro equivalente, siendo este uno de los parámetros más importantes a la hora de determinar las propiedades, efectos, y destino de este contaminante presente en la atmósfera. La velocidad de deposición del material particulado y consecuentemente sus tiempos de residencia en la atmósfera, son una función única del denominado diámetro aerodinámico.

El diámetro aerodinámico¹⁴ también influye en los modelos de deposición de partículas dentro del pulmón, los efectos del material particulado presente en la atmósfera sobre la visibilidad, equilibrio de radiación, y el clima, estarán bajo la influencia de la distribución de tamaño de las partículas. Los estudios que usan impactores o ciclones miden la distribución de tamaños de las partículas directamente a partir de la determinación del diámetro aerodinámico.

Los diámetros del material particulado atmosférico tienen un rango comprendido entre 1 nm y 100 μm , expandiéndose hasta 5 órdenes de magnitud. Su medida requiere toda una variedad de instrumentos diferentes, con capacidad para una extensa variedad de diámetros equivalentes. Los viejos contadores de partículas utilizados en la investigación, utilizaban procesos ópticos de conteo para cubrir un rango que se extendía desde 0.3 a 30 μm de diámetro. Las partículas, con diámetros inferiores a 0.5 μm eran medidos como diámetros de movilidad.

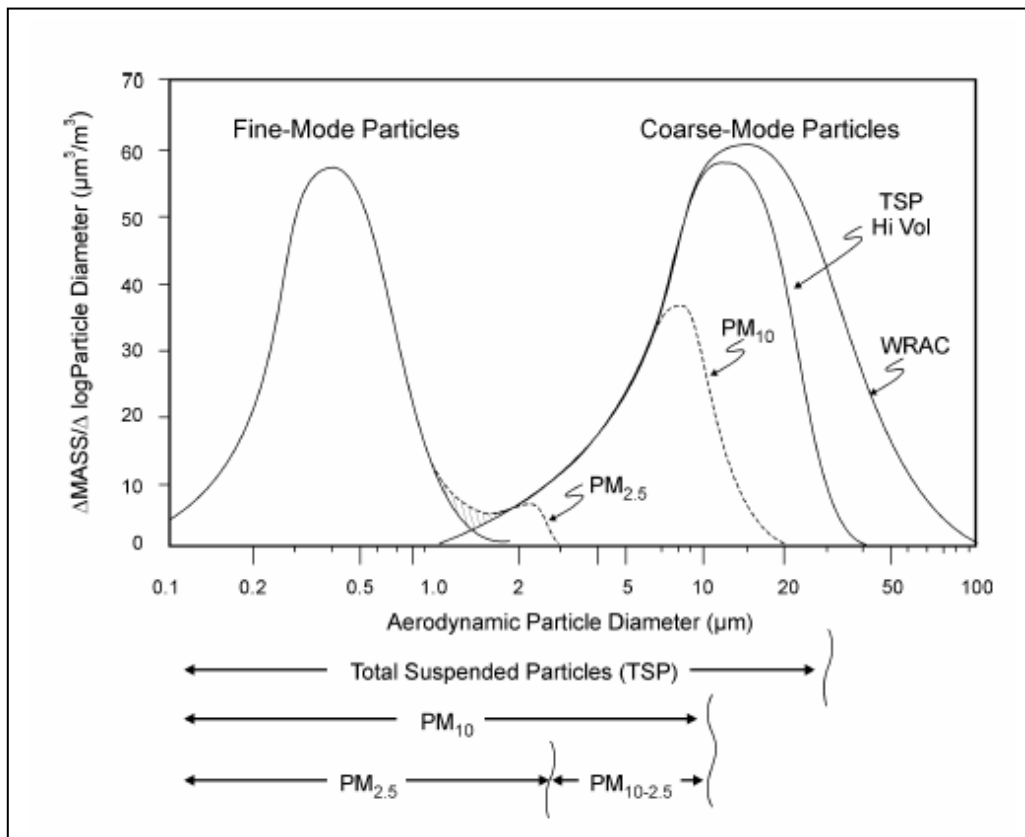
Los diámetros de las partículas utilizados en los gráficos de distribución de tamaño de estos estudios, son expresados por regla general como diámetros físicos más que diámetros aerodinámicos. En años más recientes, se han diseñado muestreadores del tamaño aerodinámico para obtener una medida directa del diámetro aerodinámico en todo el rango de tamaños desde 0.7 a 10 μm de diámetro. Estos instrumentos han sido usados simultáneamente con analizadores de movilidad eléctrica que miden el diámetro de movilidad de partículas desde 3 - 5 nm hasta 0,5 μm . Sin embargo no existe un convenio en relación con la técnica que permita una medida conjunta de los diámetros equivalentes.



Distribución de tamaños de volúmenes¹⁵, medida en tráfico, mostrando las partículas finas y partículas gruesas así como núcleos y modos de acumulación dentro de los tipos de partículas finas. El DGV (diámetro geométrico medio por volumen, equivalente al diámetro volumétrico) y σ_g (desviación geométrica estándar) son mostrados para cada tipo de material. También se reseñan las transformaciones y mecanismos de crecimiento (p.ej, nucleación, condensación, y coagulación)

¹⁴ Ver el documento Third External Review Draft of Air Quality Criteria for Particulate Matter (April, 2002): Volume I EPA/600/P-99/002aC

¹⁵ Tomado de Wilson, W. E.; Suh, H. H. (1997) Fine particles and coarse particles: concentration relationships relevant to epidemiologic studies. J. Air Waste Manage. Assoc. 47: 1238-1249.



La presente figura, muestra una distribución idealizada del material particulado ambiental mostrando las partículas finas y las partículas gruesas así como las fracciones recolectadas por un muestreador selectivo de tamaños. (El WRAC es el mayor clasificador de variedades de material particulado cuyo rango de captura se extiende hasta las partículas más gruesas (Lundgren y Burton¹⁶)

El diámetro aerodinámico d_{ae} depende íntimamente de la densidad de la partícula y es definido en este caso como: el diámetro de una partícula que mantiene dentro de un fluido estable, la misma velocidad límite de caída que una partícula esférica que tuviera la unidad de densidad.

Las investigaciones para determinar la masa como una función del tamaño se verifican utilizando de manera simultáneamente impactores y sistemas de conteo del número de partículas capaces de determinar su tamaño en función de la masa con un mínimo en la distribución de tamaños comprendido entre 1 y 3 μm d_{ae} . La vigilancia y monitorización de rutina se encuentra limitada a la medida del material particulado en su fracción PM_{10} .

El material particulado torácico o fracción PM_{10} (cuyo punto de corte superior está limitado al 50% del total de partículas con d_{ae} menor que 10 μm) y el material particulado alveolar o fracción $PM_{2.5}$ (cuyo punto de corte superior está limitado al 50% del total de partículas con d_{ae} menor que 2.5 μm). En esta determinación, los puntos de corte para cada fracción, hace que aparezcan solapamientos entre estos dos indicadores de material PM.

¹⁶ Lundgren, D. A.; Burton, R. M. (1995) Effect of particle size distribution on the cut point between fine and coarse ambient mass fractions. In: Phalen, R. F.; Bates, D. V., eds. Proceedings of the colloquium on particulate air pollution and human mortality and morbidity; January 1994; Irvine, CA. Inhalation Toxicol. 7: 131-148.

La complejidad química de las partículas en suspensión implica la obligación de considerar un gran número de fuentes y de componentes primarios y secundarios. Los componentes mayoritarios de las partículas en suspensión son: Sulfatos, Ácidos fuertes, Amonio, Nitrato, Compuestos orgánicos, Elementos traza (incluyendo metales), Carbono elemental y Agua.

El dióxido de azufre SO_2 , óxidos de nitrógeno NO_x , y un cierto número de contaminantes orgánicos constituyen los mayores precursores de material particulado de origen secundario. El NO reacciona con el ozono O_3 para formar NO_2 . El SO_2 y el NO_2 reaccionan con radicales hidroxilo OH^\cdot durante el día para formar ácidos sulfúrico y nítrico. A lo largo de la noche el NO_2 reacciona con el ozono y forma ácido nítrico siguiendo una secuencia de reacciones que implican a los radicales nitratos NO_3^\cdot .

Estos ácidos son capaces de reaccionar posteriormente con el amoníaco para formar sulfatos amónicos y nitratos. Algunos tipos de compuestos orgánicos de elevado peso molecular reaccionan con los radicales OH^\cdot y los compuestos olefínicos reaccionan con el ozono para formar compuestos orgánicos oxigenados que se condensarán sobre las partículas preexistentes.

El SO_2 , también se disuelve en las gotas de agua presentes en las nubes o en la niebla donde reaccionará con el O_3 disuelto y el H_2O_2 y/o sobre ciertos metales que actúan como catalizadores en la formación inicial de ácido sulfúrico y sales sulfato que aparecerán como residuo seco al evaporarse las gotas de agua.

La formación de partículas de carácter secundario dependerá de las reacciones entre el OH^\cdot , el O_3 y el H_2O_2 , especies químicas normalmente presentes en las atmósferas urbanas, pero que también se generan en grandes concentraciones durante los procesos de formación de nieblas fotoquímicas (smog)

El fondo de emisiones de carácter geogénico y biogénico incluyen: levantamiento de polvo por el viento procedente de la erosión, efectos de resuspensión y transporte a larga distancia de polvo procedente del desierto del Sahara, este último supone en países del sur de Europa como España hasta un 60% de las aportaciones externas de material particulado de grano fino al que se suma en las zonas costeras el aerosol marino; material formado por microgotas en suspensión cargadas de compuestos procedentes de la oxidación de derivados del azufre emitidos por los océanos y humedales terrestres; la oxidación del NO_x procedentes de los incendios forestales y de la combustión; y la oxidación de los hidrocarburos emitidos por la vegetación (usualmente, Terpenos e Isoprenos)

Los componentes mayoritarios del material particulado con diámetros aerodinámicos superiores a las $10 \mu\text{m}$ son aluminosilicatos y otros óxidos metálicos procedentes de las rocas (ej. Fe, Ca, etc.) presentes en el polvo del suelo. Polvo procedente de la degradación de las carreteras, de la actividad industrial, de la actividad agrícola, de la demolición y construcción de edificios; Finalmente entre el material particulado presente en el aire ambiente de los centros y aglomeraciones urbanas se encuentran cenizas volantes procedentes de la combustión del fuel, gasóleos y carbón.

Las emisiones de polvo fugitivas constituyen alrededor del 90% de las emisiones de partículas estimadas en España y los restantes países de la Unión Europea. Estas emisiones son esporádicas y aleatorias en el espacio. Solo un pequeño porcentaje de este material particulado es emitido en forma de partículas finas.

Los modelos de recepción de partículas nos proveen de un método apto para identificar las contribuciones de los diferentes tipos de fuentes especialmente para los componentes primarios de las partículas en suspensión. La identificación de la materia particulada de origen secundario es mucho más difícil a causa de que se requiere considerar las tasas de reacción de la atmósfera así como los procesos típicos de cada lugar geográfico.

Los resultados conocidos para algunas ciudades europeas nos señalan que el polvo fugitivo, los vehículos de motor y el quemado de combustibles fósiles suponen las mayores contribuciones a la aportación primaria de material particulado. Le siguen en importancia los aportes de las fuentes estacionarias de combustión sobre todo en las zonas más antiguas de las ciudades donde aparece también el ion sulfato como un componente secundario de gran importancia.

Métodos de medida de la materia particulada

La medida de la masa de material particulado presente en una atmósfera urbana así como de su composición química es importante para: atribución a la fuente; verificación de inventarios de masas observadas; estudios epidemiológicos y de impacto sobre la salud; y determinación del cumplimiento de los valores límite impuestos por la legislación. Una aproximación comprensiva requiere una combinación de técnicas analíticas que permitan contrastar: masa; composición elemental; especies iónicas solubles en agua, y compuestos orgánicos presentes.

Varios sistemas de muestreo y monitorización se basan en la medida gravimétrica (peso) del material particulado recolectado a partir de medidas directas en campo. Muestreadores de alto volumen suelen ser utilizados de forma extensiva con carácter previo al establecimiento de los indicadores para establecer los valores límite a la fracción PM. En estos casos las medidas incluyen tanto la presencia de materia fina como gruesa. Posteriormente se recurrirá a la aplicación de Muestreadores dicotómicos capaces de determinar las diferentes fracciones PM.

La precisión de las medidas de masa puede ser estimada comparando los resultados entre diferentes Muestreadores localizados en el mismo punto. Utilizando técnicas diferentes, y Muestreadores de diferente diseño y fabricación pueden llegar a observarse desviaciones de hasta un 50% o más entre las diferentes medidas. Las medidas de concentración de masas con una precisión mejor que un 10% pueden obtenerse solo cuando se utilizan Muestreadores idénticos, con idéntico diseño e idénticos tiempos de integración.

Los estudios de campo para evaluar métodos equivalentes al método de referencia PM₁₀ muestran desviaciones substanciales en diferentes muestreadores bajo ciertas condiciones. Estas desviaciones resultan de: (a) diferente tolerancia de $\pm 0.5 \mu\text{m}$ para el punto de corte PM₁₀; (b) restricciones inadecuadas en el trayecto interno de las partículas; (c) estrangulamiento de ciertos tipos de sondas PM₁₀; y pérdidas de componentes semivolátiles. Los compuestos orgánicos semivolátiles y los compuestos de amonio semivolátiles (como el NH₄NO₃) pueden perderse por volatilización cuando se produce un calentamiento a 40°C de la línea de muestreo.

En los sistemas instalados en las redes de medida, la atenuación beta, la microbalanza de vibración y los métodos de monitorización óptica han sido utilizados de manera extensiva, aunque en estudios de intercomparación han demostrado que en todos los casos aparecen pérdidas de componentes por volatilización de compuestos semivolátiles.

La presencia en las áreas urbanas de este tipo de componentes entre la distribución de masas y especies químicas del material particulado implica la inducción de errores externos no atribuibles al instrumento ni al operador en la determinación de masas de material particulado presente en la atmósfera.

La especiación de contraste destinada a la identificación de los componentes químicos de la materia particulada y sobre todo de la fracción PM₁₀ es sumamente costosa y difícil debido a la compleja mezcla de cientos de componentes. Los análisis de compuestos orgánicos utilizan sistemas de Cromatografía líquida de elevado rendimiento (HPLC) y Cromatografía de gases combinada con espectroscopia de masas (GC/MS), pero solo entre el 10% y el 20% de la masa orgánica total puede ser identificada correctamente en sus componentes químicos básicos.

Por último existen una diversidad grande de metodologías destinadas al análisis y determinación de los bioaerosoles grupo en el que se incluyen esporas fúngicas, bacterias, polen y fragmentos de animales y plantas. Los métodos analíticos utilizados usualmente incluyen: cultivos celulares, microscopia, inmunoensayos, ensayos químicos y técnicas moleculares de análisis para partículas que contienen DNA/RNA.

[Retorno](#)

5 El material particulado como catalizador en la aparición de contaminantes secundarios

Química de la formación del material particulado secundario

Los precursores de material particulado de carácter tienen un origen tanto natural como antropogénico y también el mismo material de carácter primario. Las principales reacciones de la química atmosférica conducen a la formación de partículas de nitrato y sulfato mediante procesos que son comprendidos relativamente bien; sin embargo aquellos que implican la formación del material particulado secundario con la aparición de aerosol carbonoso de origen orgánico se encuentran todavía bajo investigación. Una gran cantidad de precursores orgánicos se encuentra implicado en esta formación y, muchos de los detalles cinéticos todavía están pendientes de ser determinados, de la misma manera muchos de los productos de la oxidación de hidrocarburos tienen también que ser identificados.

Formación de sulfatos y nitratos

Una fracción sustancial de la masa de partículas finas, sobre todo durante los meses calientes del año, están formadas por el sulfato secundario y el nitrato formados como resultado de diferentes reacciones atmosféricas. Estas reacciones implican la conversión en fase gaseosa del SO_2 a H_2SO_4 iniciado por la reacción con radicales OH y reacciones en fase acuosa del SO_2 con H_2O_2 , O_3 , u O_2 (actuando como catalizadores el Fe y Mn).

Estas reacciones heterogéneas pueden ocurrir en una nube y en las gotas de niebla o en películas sobre el material particulado atmosférico. El NO_2 puede ser convertido a HNO_3 por la reacción con radicales OH durante el día. Por la noche, el NO_2 también es oxidado al ácido nítrico por una secuencia de reacciones iniciadas por el O_3 que producen radicales nitrato (NO_3) y dinitrogenopentóxido (N_2O_5) como productos intermedios. Tanto el H_2SO_4 como HNO_3 reaccionan con el amoníaco atmosférico (NH_3) el NH_3 gaseoso reacciona con HNO_3 gaseoso para formar partículas de NH_4NO_3 . También el NH_3 gaseoso reacciona con H_2SO_4 para formar HSO_4^- ácido (en NH_4HSO_4) así como SO_4^{2-} en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Además, los gases ácidos como SO_2 y HNO_3 pueden reaccionar con partículas gruesas para formar sulfato secundario grueso que contiene sulfato y nitrato.

Los ejemplos incluyen reacciones con compuestos básicos que causan la neutralización (p.ej, $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \uparrow$) o con las sales de ácidos volátiles que causan la liberación del ácido volátil (p.ej, $\text{SO}_2 + 2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2 \text{HCl} \uparrow$).

Si las partículas de NH_4NO_3 se coagulan con una partícula de sulfato ácido (H_2SO_4 o HSO_4^-), se liberará HNO_3 gaseoso, y el NH_3 aumentará la neutralización del sulfato ácido. Así, en atmósferas urbanas donde en el material particulado tengamos elevadas concentraciones de NH_3 y bajas de SO_2 , el sulfato supone por lo general la fracción más grande dentro de la masa de material particulado que la fracción de nitrato. Cuando las concentraciones de SO_2 en la atmósfera urbana son reducidas, el NH_3 libre en la atmósfera después de la neutralización del H_2SO_4 será capaz de reaccionar con HNO_3 para formar NH_4NO_3 . Por lo tanto, una reducción de emisiones SO_2 , si no va acompañada de una reducción de las emisiones NO_x , podría conducir a un aumento de las concentraciones NH_4NO_3 (West¹⁷ et al. también Ansari y Pandis¹⁸)

¹⁷ West, J. J.; Ansari, A. S.; Pandis, S. N. (1999) Marginal $\text{PM}_{2.5}$: nonlinear aerosol mass response to sulfate reductions in the eastern United States. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 49: 1415-1424.

¹⁸ Ansari, A. S.; Pandis, S. N. (1998) Response of inorganic PM to precursor concentrations. *Environ. Sci. Technol.* 32: 2706-2714.

Las reacciones químicas de SO_2 y NO_x dentro de penachos son una fuente importante de H_2SO_4 , SO_4^{2-} , y NO_3^- . Estas conversiones pueden ocurrir mediante mecanismos en fase acuosa y fase gas. En centrales eléctricas o en penachos de fundiciones que contienen SO_2 y NO_x , la química en fase gaseosa depende del grado de dilución del penacho, de la luz del sol, y de la presencia de compuestos volátiles orgánicos ya sea en el penacho o en el aire ambiental que se mezcla y diluye el penacho. Para la conversión del SO_2 en H_2SO_4 en fase gaseosa en condiciones de penacho a medio día en verano, la reacción que tiene lugar varía típicamente entre el 1 y el 3 % h^{-1} pero en atmósferas limpias raramente excede el 1 % h^{-1} . Para la conversión de NO_x a HNO_3 , las velocidades de reacción en fase gaseosa parecen ser aproximadamente tres veces más rápidas que las velocidades de reacción del SO_2 . Las velocidades en invierno para la conversión del SO_2 son aproximadamente un orden de magnitud más bajas que las velocidades de verano.

La contribución de la química en fase acuosa a la formación de partículas en penachos puntuales es muy variable, dependiendo de la disponibilidad de la fase acuosa (aerosoles húmedos, nubes, niebla, y lluvia ligera) la generación fotoquímica en fase gaseosa de agentes oxidantes, especialmente H_2O_2 por reacción química del SO_2 . Las velocidades de cambio en una nube del SO_2 a SO_4^{2-} pueden ser varias veces más grandes que las velocidades en fase gaseosa dados anteriormente. En general, parece que las velocidades de oxidación del SO_2 a SO_4^{2-} mediante mecanismos en fase acuosa y en fase gaseosa pueden ser comparables en el verano, pero la química en fase acuosa dominará en el invierno¹⁹.

En los penachos urbanos, la velocidad límite superior para la reacción en fase gaseosa del SO_2 se aproxima a 5 % h^{-1} en las condiciones más desfavorables. Para el NO_2 , las velocidades parecen ser aproximadamente tres veces más rápidas que las correspondientes a la transformación del SO_2 . Las velocidades de reacción del SO_2 y NO_x en el aire limpio son comparables a las que tienen lugar en el interior de penachos diluidos. La neutralización del H_2SO_4 formado por la conversión del SO_2 se incrementa con la vida del penacho y la concentración de fondo de NH_3 . Las concentraciones de NH_3 son suficientes para neutralizar el H_2SO_4 (hacia $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), el HNO_3 formado desde reacciones del NO_x puede ser convertido a NH_4NO_3 .

Formación de Material Particulado Secundario Orgánico (MPSO)

Diferentes reacciones que tienen lugar en la atmósfera y que implican a compuestos volátiles orgánicos como alcanos, alquenos, aromáticos, olefinas cíclicas, y terpenos (o cualquier gas orgánico reactivo que contenga al menos siete átomos de carbono) liberan compuestos orgánicos con presiones de vapor de saturación bajas a la temperatura ambiente. Estas reacciones pueden ocurrir en fase gaseosa, dentro de la niebla o en las gotitas de una nube^{20y21}, o posiblemente dentro de aerosoles acuosos²². Los productos de reacción de la oxidación de gases reactivos orgánicos también pueden nuclear para formar nuevas partículas o condensarse sobre partículas ya existentes para formar Material Particulado Secundario Orgánico. Los compuestos orgánicos con dos dobles enlaces pueden reaccionar para formar ácidos dicarboxílicos, que, con cuatro o más átomos de

¹⁹ Numerosos detalles acerca de la química del SO_2 y el NO_x en penachos de centrales eléctricas pueden encontrarse en: Hewitt, C. N. (2001) The atmospheric chemistry of sulphur and nitrogen in power station plumes. *Atmos. Environ.* 35: 1155-1170.

²⁰ Ver los trabajos de: Graedel, T. E.; Goldberg, K. I. (1983) Kinetic studies of raindrop chemistry: 1. Inorganic and organic processes. *J. Geophys. Res. C: Oceans Atmos.* 88: 10,865-10,882.

²¹ También los de: Faust, B. C. (1994) Photochemistry of clouds, fogs, and aerosols. *Environ. Sci. Technol.* 28: 217A-222A.

²² Ver para aerosoles acuosos el trabajo de: Aumont, B.; Madronich, S.; Bey, I.; Tyndall, G. S. (2000) Contribution of secondary VOC to the composition of aqueous atmospheric particles: a modeling approach. *J. Atmos. Chem.* 35: 59-75.

carbono, también pueden condensarse. Tanto las fuentes biogénicas como las fuentes antropogénicas contribuyen a la formación de material particulado primario y secundario de carácter orgánico^{23, 24 y 25}

Aunque los mecanismos y los caminos para formar material particulado orgánico secundario sean bastante conocidos, no son sin embargo bien comprendidos. El Ozono y el radical OH son los directores de toda una serie de reacciones encadenadas. Sin embargo, el HO₂ y los radicales NO₃ pueden también iniciar reacciones y los radicales orgánicos pueden ser nitrados por el HNO₂, HNO₃, o el NO₂. Se habla de mecanismos de formación para compuestos muy oxidados, y compuestos multifuncionales orgánicos. La generación de tales especies ha sido incluida en un modelo fotoquímico²⁶. La comprensión de los mecanismos de formación del material particulado secundario orgánico es importante porque el MPSO contribuye de un modo significativo a los niveles de material particulado sobre todo por la tarde, durante episodios fotoquímicos de niebla tóxica.

Los mecanismos de formación²⁷ del MPSO identificados hasta el momento podemos resumirlos en los siguientes:

- (1) Condensación de productos finales oxidados procedentes de reacciones fotoquímicas (p.ej, cetonas, aldehidos, ácidos orgánicos, e hidroperóxidos),
- (2) Adsorción de compuestos semivolátiles orgánicos (SVOC) en partículas existentes sólidas (p.ej, hidrocarburos policíclicos aromáticos),
- (3) Disolución de gases solubles que pueden experimentar reacciones sobre partículas (p.ej, aldehidos)

Los mecanismos 1 y 3 tienen su máxima importancia durante el verano cuando las reacciones fotoquímicas se encuentran en su máximo. El segundo mecanismo, puede ser activado por la temperatura diurna y estacional y variaciones de humedad en cualquier momento del año. En cuanto al primer mecanismo²⁸, los productos de la oxidación fotoquímica de gases reactivos orgánicos son semivolátiles y pueden dividirse en el carbón orgánico preexistente en concentraciones inferiores a las de saturación. Así, la producción de MPSO depende no sólo de la identidad del precursor el gas orgánico sino también sobre todo de los niveles ambientales de carbón orgánico capaz de absorber los productos de oxidación.

Los estudios más recientes²⁹ dirigidos hacia el examen de la composición del MPSO generado por la tarde se han realizado en cámaras de niebla para investigar la formación de compuestos multifuncionales oxigenados procedentes de la oxidación de los residuos de combustión de las gasolinas. Los experimentos fueron realizados irradiando mezclas de tolueno/propileno/NOx/aire en una cámara de niebla funcionando de forma dinámica y analizando el aerosol generado GC-MS despues de la derivatización de los productos de

²³ Grosjean, D. (1992) In situ organic aerosol formation during a smog episode: estimated production and chemical functionality. *Atmos. Environ. Part A* 26: 953-963.

²⁴ Hildemann, L. M.; Rogge, W. F.; Cass, G. R.; Mazurek, M. A.; Simoneit, B. R. T. (1996) Contribution of primary aerosol emissions from vegetation-derived sources to fine particle concentrations in Los Angeles. *J. Geophys. Res. [Atmos.]* 101: 19,541-19,549.

²⁵ Schauer, J. J.; Cass, G. R. (2000) Source apportionment of wintertime gas-phase and particle-phase air pollutants using organic compounds as tracers. *Environ. Sci. Technol.* 34: 1821-1832.

²⁶ Aumont, B.; Madronich, S.; Bey, I.; Tyndall, G. S. (2000) Contribution of secondary VOC to the composition of aqueous atmospheric particles: a modeling approach. *J. Atmos. Chem.* 35: 59-75.

²⁷ Ver el trabajo de Pandis, S. N.; Harley, R. A.; Cass, G. R.; Seinfeld, J. H. (1992) Secondary organic aerosol formation and transport. *Atmos. Environ. Part A* 26: 2269-2282.

²⁸ En el trabajo de Odum, J. R.; Hoffmann, T.; Bowman, F.; Collins, D.; Flagan, R. C.; Seinfeld, J. H. (1996) Gas/particle partitioning and secondary organic aerosol yields. *Environ. Sci. Technol.* 30: 2580-2585.

²⁹ Edney, E. O.; Driscoll, D. J.; Weathers, W. S.; Kleindienst, T. E.; Conner, T. S.; McIver, C. D.; Li, W. (2001) Formation of polyketones in irradiated toluene/propylene/NOx/air mixtures. *Aerosol Sci. Technol.* 35: 998-1008.

oxidación de los grupos carbonilo. Los resultados de los análisis mediante GC-MS eran consecuentes con la formación de compuestos multifuncionales oxigenados de carácter semivolátil, incluso iones hidroxilo así como triones, tetraones, y pentaones. También algunos de estos compuestos pueden aparecer en el MPSO en forma de polímeros.

Los últimos estudios de laboratorio y los estudios de campo apoyan el concepto de que los productos de oxidación permanentes y semivolátiles procedentes de la fotooxidación de hidrocarburos biogénicos contribuyen considerablemente a la presencia ambiental por la tarde de concentraciones tanto en ambientes urbanos como en rurales de MPSO. La oxidación de toda la variedad de hidrocarburos biogénicos emitidos por árboles y plantas, como los terpenos (α -pineno, β -pineno,) Δ^3 -careno, sabineno, α -terpineno, (γ -terpineno, terpinoleno, mirceno, y ocimeno) y sesquiterpenos (β -cariofilleno " α -humuleno) podrían formar SOPM.

Por ejemplo, el ozono puede reaccionar con limoneno liberado por ambientadores de aire en ambientes de interior para producir cantidades sustanciales de partículas de tamaño submicrón. La reacción correspondiente implica a radicales OH por la noche y en ambientes de interior para ser significantivos por la muy baja concentración de estos radicales OH. Aunque se han efectuado progresos en la determinación de la importancia de los hidrocarburos antropogénicos y biogénicos en la formación de MPSO, son necesarias investigaciones adicionales para calcular exactamente sus contribuciones totales a las concentraciones de PM_{2.5}.

[Retorno](#)

6. Alcance del plan

La información del presente apartado se corresponde con los puntos a que se refiere el anexo XII del Real Decreto 1073/2002 cuyo contenido aparece detallado en el apartado segundo del presente Plan de Acción.

6.1 Alcance geográfico

El presente Plan tiene como alcance geográfico la totalidad del término municipal de Valladolid. Dado que tal y como se indica en el apartado primero de este Plan de Acción, es la evaluación de la calidad del aire para el año 2003 y 2004 para material particulado fracción PM₁₀ la que provoca la redacción del mismo.

6.2 Población afectada

Se estima que la población afectada por la situación esta compuesta por la totalidad de la población de la ciudad de Valladolid inscrita dentro de una superficie rectangular de 10 x 15 Km.

6.3 Autoridades responsables

La autoridad responsable de la redacción, aprobación y aplicación finalista del presente Plan, es el Ayuntamiento de Valladolid.

Procede la información pública del presente Plan a través de su exposición al Consejo de la Agenda Local 21 del Ayuntamiento de Valladolid y el oportuno trámite de exposición pública al efecto de que puedan ser presentadas enmiendas y alegaciones al presente Plan por los vecinos de Valladolid.

Una vez aprobado el presente Plan tanto por el Ayuntamiento de Valladolid como por la Junta de Castilla y León, se redactarán los procedimientos de actuación que permitan su aplicación de forma inmediata y automática.

6.4 Naturaleza y evaluación de la contaminación

Se encuentra descrito en el apartado 2 del presente Plan de Acción.

6.5 Origen del material particulado

Con carácter general la determinación de orígenes y fuentes se desarrolla en los apartados 4 y 5 de este Plan de Acción

6.6 Análisis de la situación

A lo largo de los años 2003 y 2004 se han generado numerosas situaciones de calma atmosférica que han impedido una correcta ventilación y la consiguiente movilización del material particulado presente en la atmósfera de Valladolid. Se han alcanzado máximos de $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} tanto en el periodo verano precedente, tanto del transporte a corta distancia de material generado en labores agrícolas como a las emisiones urbanas en verano procedentes del tráfico. En este periodo es presumible la aparición de material PM procedente de reacciones fotoquímicas.

Los altos niveles medidos durante el último trimestre del año son plenamente achacables a la propia actividad de la ciudad, tráfico y combustión residencial fundamentalmente, con la aparición asociada de procesos de coagulación como consecuencia de las nieblas persistentes a lo largo de todo el mes de diciembre de 2004 mes en el que se alcanzaron las máximas concentraciones de este periodo.

Además de estas situaciones, a lo largo del año se producen situaciones de elevada concentración de material particulado PM_{10} como resultado de intrusiones de polvo procedente del área africana, estas intrusiones suelen tener lugar en el primer semestre del año, al trasladarse las típicas calimas y tormentas de arena, desde el desierto del Sahara hasta más lejos de los 45° de latitud norte.

6.7 Medidas del presente proyecto

Se describen de forma extensa en los apartados 8 y 9 del presente Plan de Acción

6.8 Lista de publicaciones y documentos adicionales que han servido para completar el presente trabajo

Se han ido incorporando como notas al pie a lo largo del Plan.

[Retorno](#)

7 Objetivos del Plan

Recuperar la situación de calidad del aire de la ciudad de Valladolid, reconduciendo esta a los términos de cumplimiento de los valores límite que se establecen en el RD 1073/2002.

Mantener activo un sistema que permita actuar de forma preventiva ante la posible aparición de episodios de contaminación por material particulado ya sean estos de origen natural o debido a la actividad humana.

Iniciar un programa intensivo de vigilancia epidemiológica en colaboración con las autoridades sanitarias de la Comunidad de Castilla y León, que permita cuantificar de forma específica el nivel de riesgo para la salud de acuerdo a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, y los resultados ya conocidos de los programas APHEIS y EMECAM.

[Retorno](#)

(esta página ha sido dejada intencionadamente en blanco)

8. Acciones del Plan

La capacidad de carga de la atmósfera de Valladolid ha superado muy notablemente la denominada carga crítica, y resultado de esta situación es la aparición continuada de episodios de elevada concentración de material particulado incluso en condiciones correctas de ventilación y transporte.

La presencia continuada de material particulado en concentraciones superiores a los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sitúan a la población expuesta a una situación de riesgo elevado, ya evaluada en sus estudios epidemiológicos, por las autoridades sanitarias de la Organización Mundial de la Salud y estimable mediante estudios de riesgo que deberán ser realizados en un futuro inmediato.

De otro lado al haber superado los valores establecidos tanto para la denominada en el RD 1073/2002 fase I como el hecho de que ya en el primer mes del año 2005, en que comienza la denominada fase II, se hayan superado ampliamente los límites establecidos, incluso sin tener en cuenta el factor 1,2 utilizado en el cálculo de los resultados para 2004, obligan a que las medidas a adoptar deban ser divididas en dos grandes grupos.

En estas circunstancias, ante la existencia de una situación de vacío legal, y cuando está científicamente demostrado que la capacidad de carga, y de respuesta de la atmósfera de Valladolid, a estas alturas ha superado ya ampliamente los límites permisibles, es preciso arbitrar acciones que permitan mantener en condiciones de mala ventilación, una calidad del aire aceptable para la población expuesta, en este caso todas las personas que viven, se mueven o trabajan en la ciudad de Valladolid.

Esta es una responsabilidad que afecta a los poderes públicos, en la defensa y protección de la salud pública de estos ciudadanos, sobre todo cuando son conocidos por todos, los riesgos y el impacto real que la mala calidad del aire, y en concreto el impacto que el material particulado causa sobre la población expuesta.

El primero de los grupos de medidas a establecer, estará constituido por medidas que afectarán al tráfico rodado como agente emisor de material particulado, y en particular, dentro del rango denominado $\text{PM}_{2,5}$ formado por partículas muy finas, con un carácter muy patógeno y que contribuyen desde la base al incremento de los niveles finales del rango completo de material particulado PM_{10} .

El segundo grupo de medidas, afectará, a las emisiones procedentes de fuentes fijas, y se aplicarán de manera progresiva, siempre en función de las características de la calidad del aire en las 24 horas anteriores, y esto debe ser así, porque el RD 1073/2002 no establece ningún tipo de intervención directa, salvo cuando han saltado ya todas las alarmas.

8.1 Medidas para la reducción de emisiones procedentes de fuentes móviles:

8.1.1 Medidas permanentes:

8.1.1.1 Se excluye la circulación en la Ciudad de Valladolid en el interior del espacio delimitado por las vías Avenida de Salamanca, Camino del Cabildo, Ronda Norte, Paseo Juan Carlos I, Calle San Isidro, Ronda Este, Carretera Segovia, Paseo Juan Carlos I, Calle Malva, Calle Metal, Calle Montes y Martín Baró, Carretera de Rueda, Callejón de la Alcoholera, Avenida de Zamora y, de nuevo, Avenida de Salamanca, salvo autorización especial, de todos aquellos vehículos, articulados o no, con una masa máxima autorizada superior a los 12.000 kilogramos. El plazo de aplicación de esta medida será de un máximo de 90 días desde la publicación del Plan en el Boletín Oficial de la Provincia.

8.1.1.2 Se establece una limitación temporal de estacionamiento para el reparto de mercancías, que se limita a 30 minutos, salvo autorización especial, en todo el ámbito de la zona azul (O.R.A.). El plazo de aplicación de esta medida será de un máximo de seis meses desde la publicación del Plan en el Boletín Oficial de la Provincia.

8.1.1.3 Por parte del Gabinete de Movilidad Urbana se implantará progresivamente la reserva de plazas de la ORA para uso exclusivo de residentes en las zonas que presenten problemas de aparcamiento. El plazo de aplicación de esta medida será de un máximo de diez meses desde la publicación del Plan en el Boletín Oficial de la Provincia.

8.1.1.4 Por parte del Gabinete de Movilidad Urbana se estudiará la viabilidad operativa, técnica y tecnológica para la implementación de un sistema de tarificación en la ORA de manera que mediante una zonificación concéntrica a partir del centro de la ciudad, el coste del aparcamiento se reduzca a medida que se abandona el círculo central, y viceversa.

8.1.1.5 Por parte del Ayuntamiento de Valladolid se fomentará el uso del vehículo compartido utilizando los espacios destinados a Aparcamientos Disuasorios Urbanos, como medida de reducción del número de vehículos que acceden al centro de la ciudad.

8.1.1.6 Por parte del Ayuntamiento de Valladolid se propondrá la peatonalización del viario incluido en nuevos proyectos de urbanización cuando las características y uso del mismo así lo aconsejen.

8.1.2 Medidas complementarias:

8.1.2.1 Programa de comunicación ambiental dirigido a los ciudadanos de Valladolid y su área de influencia donde se les expliquen las medidas del Plan y las repercusiones que sobre la vida cotidiana tendrán éstas en cada fase de aplicación.

8.1.2.2 Campaña de comunicación dirigida a los automovilistas monousuario para lograr un uso racional del automóvil y un transvase de conductores hacia el transporte público.

8.1.3 Medidas extraordinarias:

8.1.3.1 Además de las medidas de implantación definitiva y complementarias, el Ayuntamiento de Valladolid definirá otras de aplicación en posibles momentos esporádicos, de rápida implantación, con diferente amplitud espacial en función del grado de superación de los niveles establecidos y su persistencia temporal.

8.2 Medidas para la reducción de emisiones procedentes de fuentes fijas:

Situaciones tipo que afectan, a la calidad del aire

A la hora de especificar las medidas que se aplicarán a focos fijos de combustión, hay que considerar con carácter previo los factores que condicionan la aparición en concentraciones mayores que las previstas en el RD 1073/2002 en la calidad del aire de la ciudad de Valladolid.

- A. Situaciones forzadas por episodios de carácter natural, nubes de arena en transporte a larga distancia, humo procedente de incendios forestales y/o combustión de biomasa en tareas agrícolas, polvo y arena en régimen de transporte a corta distancia procedente de las tareas agrícolas y/o por resuspensión de polvo por efecto del viento al actuar sobre zonas de terreno desprovistas de su cubierta vegetal.
- B. Situaciones forzadas por calmas atmosféricas, régimen de vientos de baja o muy baja velocidad (brisas o calmas)
- C. Situaciones forzadas por la aparición de inversiones térmicas, unidas o asociadas a un régimen de brisas de muy baja velocidad, limitadas en muchas ocasiones a vientos convectivos dentro de la atmósfera urbana.
- D. Situaciones de verano, con aparición de material particulado de carácter secundario, como resultado de reacciones fotoquímicas activadas en regímenes de elevada insolación y alta temperatura.
- E. Nieblas con procesos de coagulación y/o agregación de aerosoles procedentes tanto de la combustión residencial, como de las emisiones del tráfico.
- F. Situaciones mixtas en las que se unen dos o más de los casos anteriores.

Para la primera de las situaciones descritas, poco o nada puede hacerse, salvo emitir las correspondientes alertas sanitarias destinadas a la población o grupos de riesgo, constituidos fundamentalmente por niños y ancianos. En los siguientes casos es posible adoptar un régimen de medidas progresivas que permitan prevenir y en su caso reconducir la situación cuando se inicie un episodio de estas características.

El Plan en su aplicación debe incorporar un régimen sancionador que logre de forma coercitiva su eficacia sobre los infractores del mismo. Como medida general, a los sistemas estáticos de emisión se les aplicarán las sanciones que prevé el presente Reglamento de Protección del Medio Ambiente Atmosférico, y a las infracciones de tráfico sobre las medidas del presente Plan les serán de aplicación las que preve el Reglamento General de Circulación.

Las tablas de las páginas siguientes, deben ilustrarnos, la secuencia de medidas a adoptar en el tiempo, en función de la situación meteorológica, y de la gravedad del episodio de material particulado al que nos enfrentemos.

8.2.1 Combustión centralizada de carácter residencial.

Tabla 7. Medidas técnicas a aplicar en función de la situación meteorológica y del estado de la calidad del aire, por los titulares de sistemas centralizados de combustión residencial.

Situación meteorológica		General	Calma Atmosférica	Fotoquímica de verano. 01 marzo a 10 octubre	Nieblas de invierno	Inversiones térmicas invernales
Combustión residencial en función del tipo de combustible	Gas	N	N	Solo ACS E1	N	RHE
	Gas Oil	N	RHC	Solo ACS E1	RHE	RHE

Donde:

N.- Los horarios de encendido y mantenimiento de los sistemas de calefacción y/o combustión con independencia del tipo, se encuentran liberados a voluntad del usuario.

Solo ACS.- Durante estos periodos en los sistemas de combustión residencial se limitarán al mantenimiento del agua caliente sanitaria.

E1.- Desde el 1 de marzo al 15 de mayo se permite con carácter excepcional el encendido de los sistemas de calefacción entre las 17:00 y las 23:00 horas, siempre que la temperatura mínima del día anterior sea inferior a 15°C.

RHE.- En estas situaciones o cuando se prevea su inicio, se reducirá el horario de encendido de los sistemas de calefacción, de acuerdo a la gravedad del episodio, según se establece en la tabla 8 de este apartado.

Tabla 8. Tabla de horarios a aplicar a los sistemas de calefacción y combustión³⁰ centralizados, en función de la situación meteorológica y del estado de calidad del aire en relación con el material particulado PM₁₀

Calma atmosférica				
1	2	3	4	5
VM 24h >50	VM 24h >100	VM 24h >150	VM 24h >200	VM 24h >250
12:00 a 23:00	13:00 a 23:00	14:00 a 23:00	15:00 a 23:00	16:00 a 23:00
Nieblas de invierno				
1	2	3	4	5
VM 24h >50	VM 24h >100	VM 24h >150	VM 24h >200	VM 24h >250
12:00 a 23:00	14:00 a 22:00	16:00 a 22:00	18:00 a 22:00	19:00 a 22:00
En todos los casos, se emitirá además un aviso a través de los medios de comunicación, y una alerta de carácter sanitario a los centros de atención primaria y servicios de salud hospitalarios, pertenecientes a la Junta de Castilla y León. El aviso se corresponderá con el modelo que se desarrolla en el apartado 9 de este Plan de Acción.				
Inversiones térmicas				
1	2	3	4	5
VM 24h >50	VM 24h >100	VM 24h >150	VM 24h >200	VM 24h >250
12:00 a 23:00	14:00 a 22:00	16:00 a 22:00	18:00 a 22:00	19:00 a 22:00
En todos los casos, se emitirá además un aviso a través de los medios de comunicación, y una alerta de carácter sanitario a los centros de atención primaria y servicios de salud hospitalarios, pertenecientes a la Junta de Castilla y León. El aviso se corresponderá con el modelo que se desarrolla en el apartado 9 de este Plan de Acción.				

³⁰ Tabla a aplicar a todos los sistemas residenciales.

8.2.2 Combustión centralizada de carácter Institucional

Tabla 9. Medidas técnicas a aplicar en función de la situación meteorológica y del estado de la calidad del aire, por los titulares de sistemas centralizados de combustión institucional

Situación meteorológica		General	Calma Atmosférica	Fotoquímica de verano. 01 marzo a 10 octubre	Nieblas de invierno	Inversiones térmicas
Combustión Residencial en función del tipo de combustible	Gas	N	N	Solo ACS DC1	N	RHE
	Gas Oil	N	RHC	Solo ACS DC1	RHE	RHE

Donde:

N.- Los horarios de encendido y mantenimiento de los sistemas de calefacción y/o combustión con independencia del tipo, se encuentran liberados a voluntad del usuario.

Solo ACS.- Durante estos periodos en los sistemas de combustión institucional se limitarán al mantenimiento del agua caliente sanitaria.

DC1.- Desde el 1 de marzo al 15 de mayo se permite con carácter excepcional el encendido de los sistemas de calefacción entre las 09:00 y las 12:00 horas, en centros docentes y educativos, siempre que la temperatura mínima del día anterior sea inferior a 15°C.

RHE.- En estas situaciones o cuando se prevea su inicio, se reducirá el horario de encendido de los sistemas de calefacción, de acuerdo a la gravedad del episodio, según se establece en la tabla 10 de este apartado.

Tabla 10. Tabla de horarios a aplicar a los sistemas de calefacción y combustión³¹ centralizados, en función de la situación meteorológica y del estado de calidad del aire en relación con el material particulado PM₁₀

Calma atmosférica				
1	2	3		
VM 24h >50	VM 24h >100	VM 24h >150		
07:00 a 13:00	07:00 a 12:30	07:00 a 12:00		
Nieblas de invierno				
1	2			
VM 24h >50	VM 24h >100			
07:00 a 13:00	07:00 a 12:00			
Inversiones térmicas				
1	2			
VM 24h >50	VM 24h >100			
07:00 a 13:00	07:00 a 12:00			

³¹ Tabla a aplicar a todos los sistemas institucionales, incluidos los centros docentes y educativos.

8.2.3 Combustión industrial

Tabla 11. Medidas técnicas a aplicar en función de la situación meteorológica y del estado de la calidad del aire, por los titulares de sistemas de combustión industrial

Situación meteorológica		General	Calma Atmosférica	Fotoquímica de verano. 01 marzo a 10 octubre	Nieblas de invierno	Inversiones térmicas
Combustión Industrial	Gas	N	N	RD	RD	RD
	Gas Oil	N	RD	RD	RD	RD P

Donde:

N.- Los horarios de encendido y mantenimiento de los sistemas de combustión con independencia del tipo, se encuentran liberados a voluntad del usuario.

RD.- En estas situaciones se aplicará un régimen gradual de reducción de carga en función directa de la gravedad de la situación. La tabla 12 de regímenes de reducción de carga, que se detalla más adelante establece estos en función de la situación de la calidad del aire y de la predicción meteorológica.

P.- En circunstancias excepcionales se solicitará una parada de operación industrial, cuando la gravedad del episodio y las predicciones meteorológicas señalen que este puede prolongarse más de tres días sobre el momento que se analiza.

Tabla 12. Tabla de reducción de carga (porcentaje) para los procesos de combustión industrial, en función de la situación meteorológica y del estado de calidad del aire en relación con el material particulado PM₁₀

Calma atmosférica				
1	2	3	4	5
VM 24h >50	VM 24h >100	VM 24h >150	VM 24h >200	VM 24h >250
-10	-20	-30	-50	-60
Nieblas de invierno				
1	2	3	4	5
VM 24h >50	VM 24h >100	VM 24h >150	VM 24h >200	VM 24h >250
-20	-30	-50	-75	Parada
Inversiones térmicas				
1	2	3	4	5
VM 24h >50	VM 24h >100	VM 24h >150	VM 24h >200	VM 24h >250
-25	-35	-55	-80	Parada

8.2.4 Intrusiones de polvo procedente del transporte a larga distancia

Se emitirá un aviso a través de los medios de comunicación, y una alerta de carácter sanitario a los centros de atención primaria y servicios de salud hospitalarios, pertenecientes a la Junta de Castilla y León. El aviso se corresponderá con el modelo que se desarrolla en los apartados 8.4 y 8.5 de este Plan de Acción.

8.3 Medidas complementarias al Plan de Acción:

1. Programa de comunicación ambiental dirigido a los ciudadanos de Valladolid y su área metropolitana donde se les expliquen las medidas del Plan, y las repercusiones que sobre la vida ciudadana tendrán estas en cada fase de aplicación.
2. A partir del ejercicio económico correspondiente al año 2006 - 2007, inicio de una serie de medidas de apoyo financiero para la instalación por parte de las comunidades de vecinos de sistemas de apoyo térmico a la producción de agua caliente sanitaria mediante el uso de la energía solar.

8.4 Aviso de alerta a la población

Información acerca de la calidad del aire

Información al Público -- Información a medios de comunicación

Previsión de mala calidad del aire

El Área de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Ayuntamiento de Valladolid, informa, que según los datos suministrados por la Red de Control de la Contaminación Atmosférica de Valladolid, para el día de hoy y que, la calidad del aire se encuentra en fase de “_____” al iniciarse una situación episódica de contaminación como resultado de “_____”. Este hecho supone la superación de “_____” para el Material Particulado fracción Pm₁₀.

Área afectada: todo el área urbana de la ciudad

Previsión:..

Se recomienda a las personas sensibles, niños, mayores, y personas con enfermedades respiratorias, no realicen esfuerzos físicos desacostumbrados y prolongados al aire libre. Se informa que en personas sensibles pueden aparecer dificultades respiratorias.

Se recomienda el uso preferente del transporte público frente a los vehículos privados.

Medidas del Plan de Acción que se aplican:

Valladolid a “fecha del aviso”

El Area de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

8.5 Aviso de alerta a las autoridades sanitarias

Información acerca de la calidad del aire

Información para las Autoridades Sanitarias

Previsión de mala calidad del aire

El Área de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Ayuntamiento de Valladolid, informa, que según los datos suministrados por la Red de Control de la Contaminación Atmosférica de Valladolid, para el día de hoy y que, la calidad del aire se encuentra en fase de “_____” al iniciarse una situación episódica de contaminación como resultado de “_____”. Este hecho supone la superación de “_____” para el Material Particulado fracción Pm₁₀.

Área afectada: todo el área urbana de la ciudad

Previsión:..

Valladolid a “fecha del aviso”

El Area de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

[Retorno](#)