



DAVID MÉNDEZ ARRANZ (\*), ELENA BOLDO PASCUA (\*\*),  
HORTENSIA RAYÓN LÓPEZ (\*\*), CONSUELO DE GARRASTAZU DÍAZ (\*\*)

(\*). BECARIO DE INVESTIGACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SALUD AMBIENTAL, SUBDIRECCIÓN GENERAL DE SALUD PÚBLICA (BOCM Nº 93, DEL 20 DE ABRIL DE 2021). MADRID SALUD, MADRID (ESPAÑA).

(\*\*). TÉCNICO SUPERIOR DEL DEPARTAMENTO DE SALUD AMBIENTAL, SUBDIRECCIÓN GENERAL DE SALUD PÚBLICA. MADRID SALUD, MADRID (ESPAÑA).

## PREVENCIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD

# PLAN DE AUTOCONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN OBRAS DE DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE MADRID

Las emisiones contaminantes de obras de demolición pueden afectar significativamente a la salud de la población, especialmente en grandes núcleos urbanos como la ciudad de Madrid. Esta exposición a contaminantes atmosféricos, principalmente PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>, puede vigilarse mediante un Plan de Autocontrol de la Calidad del Aire (PACA), **con el objetivo de reducir su emisión al medio y minimizar los riesgos para la salud de la población afectada**. La metodología propuesta para el PACA incluye: un diagnóstico de la situación de la obra que represente las zonas de mayor afectación y sensibilidad, considerando además los vientos dominantes; la monitorización de la calidad ambiental con sensores, y el seguimiento de las medidas recomendadas y/o exigidas por la legislación aplicable. Por último, cabe destacar la importancia de mantener informada a la población afectada, comunicando las actuaciones que se desarrollarán para prevenir el potencial impacto en la salud.

Los planes de regeneración urbana, propios de ciudades consolidadas como Madrid, implican con frecuencia actividades de demolición y construcción que pueden ocasionar un impacto importante sobre la calidad ambiental del entorno y, en consecuencia, en la salud de la población. Los

contaminantes atmosféricos de especial repercusión en salud generados en estas actividades son PM<sub>10</sub>, producido directamente de la demolición y movimiento de tierra, así como PM<sub>2.5</sub> y NO<sub>2</sub>, procedentes principalmente del tráfico de camiones y del uso de maquinaria pesada.



Instalación de anemómetro y de sensores para monitorizar la calidad del aire.

La gran variedad de efectos en la salud, agudos y crónicos, con que está asociada la exposición a estos contaminantes atmosféricos justifica que grandes obras de demolición deban contar con un plan de seguimiento y control ambiental efectivo, que minimice las emisiones al medio ambiente y proteja la salud de los ciudadanos potencialmente expuestos. Aunque existen numerosas guías de buenas prácticas ambientales en el sector de la construcción a nivel nacional e internacional, todavía se precisa la implantación de sistemas de seguimiento y control de la contaminación generada en estas actividades para garantizar la protección de la salud de la población afectada.

En este contexto, Madrid Salud, organismo del Ayuntamiento de Madrid competente en salud pública municipal, inició en 2017 actividades de asesoramiento y seguimiento de obras de rehabilitación urbana a solicitud de asociaciones vecinales, en coordinación con los responsables muni-

cipales del Área de Gobierno de Obras y Equipamientos. El objetivo de estas actividades es promover una mayor aplicación de buenas prácticas ambientales para proteger la salud de la población expuesta. En el presente trabajo se presenta una propuesta metodológica para la implantación de un Plan de Autocontrol de la Calidad del Aire (PACA) en obras en fase de demolición, entendido éste como un instrumento para reducir la emisión de contaminantes atmosféricos al medio y, en consecuencia, minimizar el potencial impacto en la salud de la población afectada.

#### Metodología y análisis del Plan

El PACA incluye todas las acciones de asesoramiento y seguimiento ambiental para la aplicación de las medidas preventivas y correctoras, así como de la legislación vigente. El contenido debe adaptarse a cada caso concreto y podría actualizarse si ocurren modificaciones o imprevistos que alteren la demolición en curso.

El desarrollo del PACA requiere la implicación y el buen entendimiento entre los distintos sectores: promotor, empresa de evaluación ambiental y responsables de urbanismo, salud y medio ambiente del Ayuntamiento y/o Administración correspondiente. Es de suma importancia concienciar a todos estos sectores, incluyendo los trabajadores en las obras, para asegurar una correcta implantación de medidas que minimicen las emisiones de contaminantes.

Su elaboración implica un proceso estructurado en fases, que incluye un diagnóstico de la situación de la obra y su entorno, la monitorización de la calidad ambiental con sensores y el seguimiento de las medidas recomendadas y/o exigidas por la legislación aplicable. En este proceso, la información a los ciudadanos potencialmente afectados figura con un enfoque transversal.

#### 1. Diagnóstico de situación

Como primera medida, se realiza un diagnóstico de situación en el que se estudia la magnitud del proyecto y se analiza el estado inicial del área circundante a las obras. La representación cartográfica facilita la visualización de las zonas que pudieran verse más afectadas. En este sentido, se distinguen dos tipos de localizaciones en los mapas: *zonas*

*de mayor afectación*, definidas como aquellas que presentan una alta densidad de población, con lo que la exposición ambiental potencialmente concierne a un mayor número de personas (zonas residenciales o comerciales con elevado tránsito, parques, instalaciones de transporte público, entre otros) y *zonas de mayor sensibilidad*, donde se concentran grupos poblacionales más susceptibles o vulnerables, como niños, ancianos, enfermos crónicos, con patologías cardiorrespiratorias o diabéticos, y mujeres, especialmente embarazadas y lactantes. Por este motivo, la calidad ambiental tiene especial importancia en las proximidades de hospitales, centros de salud o escolares, residencias de mayores y centros de día.

Los mapas deberían considerar un área de influencia de, al menos, 1 km de radio, en el que se ubicarán los dos tipos de localizaciones señaladas previamente. Obviamente, se producirá un gradiente de concentración de contaminantes atmosféricos desde el punto de la demolición, determinado por la distancia, la cantidad de contaminante emitido por unidad de tiempo y la altura de emisión. Además, la concentración de partículas finas y gruesas también muestra una fuerte correlación con la dirección del viento según la ubicación de obras circundantes en horas de trabajo, por lo que el diagnóstico de situación también debe considerar la velocidad y la dirección de los vientos predominantes.

Una vez realizada esta primera aproximación de la exposición poblacional, se propone un plan de control ambiental que monitorice los niveles de emisión e inmisión de contaminantes considerando la dirección del viento y los núcleos de población con mapas de afectación y sensibilidad.

#### 2. Monitorización de la calidad ambiental

La evaluación de las condiciones del entorno requiere de la medición sistemática

de diversas variables y el estudio de su evolución de modo dinámico y continuo durante las obras. Para ello, es importante contar con dispositivos que suministren la información necesaria en tiempo real para extraer conclusiones y, en caso de necesidad, para adoptar las medidas preventivas y correctoras pertinentes. Entre otros, se propone la instalación y utilización combinada de la siguiente instrumentación:

##### • Anemómetro

El uso de estos dispositivos se propone como complemento a la información inicial de los vientos dominantes en el área afectada. Permiten conocer la dirección y velocidad del viento para evaluar la exposición de la población circundante a las emisiones al aire de la obra. La dirección del viento será desfavorable si la componente principal afecta sobre todo a zonas de mayor afectación o de mayor sensibilidad. En cuanto a la velocidad del viento, se considera desfavorable si es superior a 20 km/h. En estos casos se deberían limitar las actividades de la obra directamente relacionadas con demoliciones y movimientos de tierra, especialmente si la dirección apunta hacia zonas sensibles.

##### • Sensores de calidad del aire

Se recomienda implantar un sistema fijo de monitorización de contaminantes atmosféricos en continuo, que incluya la medición de partículas en suspensión (PM), tanto en la obra como en aquellos puntos más sensibles a la exposición, así como de gases contaminantes relacionados con la maquinaria y el tránsito de vehículos (NOx). A efectos de valorar el origen de los niveles de contaminantes medidos en las obras, es importante referenciarlos con niveles obtenidos a través de las redes de control de la calidad del aire. En el caso del municipio de Madrid, se aconseja considerar como referencia el captador más cercano del Sistema In-

tegral de la Calidad del Aire con el fin de poder comparar los resultados obtenidos en los sensores móviles. En relación con las PM, las actividades de demolición incrementan en gran medida la fracción de partículas gruesas frente a las finas, por lo que es preferible tomar como indicador las PM<sub>10</sub>. Por tanto, como mínimo debería contemplarse la ubicación de sensores en continuo que midan los niveles de PM<sub>10</sub> y NO<sub>2</sub>, pudiendo incluir O<sub>3</sub> como contaminante secundario, especialmente en temporada estival. Estos sensores deberían instalarse con anterioridad al comienzo de las obras, con un plazo orientativo de tres meses, en una época del año representativa del período en el que se lleven a cabo las actividades, para determinar los niveles basales de contaminantes atmosféricos del entorno. También pueden obtenerse los valores de referencia de estos contaminantes en la zona afectada a partir de la información de las redes de control de la calidad del aire.

Existe una amplia gama de sensores de bajo coste y fácil instalación, con sistemas de control remoto y posibilidad de calibración, capaces incluso de medir múltiples parámetros simultáneamente. Estos sensores pueden permitir la obtención de los datos brutos para su posterior análisis. Como referencia, se deben considerar las concentraciones límite establecidas para cada contaminante en la legislación vigente (Real Decreto 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire) o atender las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

#### 3. Implantación y seguimiento del Plan, e información a la población

Entre las buenas prácticas recomendadas en la literatura para la reducción de la contaminación del aire, destacan las recogidas en la tabla que se adjunta en este artículo. Las demoliciones pueden generar otros impactos ambientales, como la aparición de olores desagradables o el aumento del ruido ambiental, que también deberían plantear medidas específicas de control.

La contaminación y las molestias ocasionadas por obras y demoliciones suelen ser motivo de quejas y movimientos vecinales, por lo que la información a los residentes

Los contaminantes atmosféricos de especial repercusión en salud generados en estas actividades son PM<sub>10</sub>, producido directamente de la demolición y movimiento de tierra, así como PM<sub>2,5</sub> y NO<sub>2</sub>

Madrid Salud inició en 2017 actividades de asesoramiento y seguimiento de obras de rehabilitación urbana a solicitud de asociaciones vecinales, en coordinación con el Área de Gobierno de Obras y Equipamientos

## TABLA 1. BUENAS PRÁCTICAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN A LAS EMISIONES DE PM<sub>10</sub> Y NO<sub>x</sub>

### PRÁCTICAS RECOMENDADAS

DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN Y PLANIFICACIÓN	<b>Determinar la naturaleza, extensión y duración del trabajo (planificación de la obra)*</b>
	Evaluar la proximidad geográfica de las poblaciones más afectadas, en especial núcleos urbanos residenciales, así como ubicaciones de especial sensibilidad
	Realizar un mapa de zonas sensibles y de mayor afectación en un entorno de 500-1.000 m (escuelas, residencias de ancianos, hospitales, estaciones de transporte público, etc.)
	Valorar otras fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos en las inmediaciones (autopistas, industrias, gasolineras, etc.)
	Analizar la dirección predominante de los vientos y valorarla en relación con las zonas de mayor afectación y sensibilidad
	Seleccionar el emplazamiento de los sensores de calidad del aire y del anemómetro en base a la valoración de vientos predominantes, así como las estaciones de referencia de las redes del Ayuntamiento
MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN (PREVIO AL INICIO)	Analizar la calidad del aire antes del inicio de las obras, para establecer niveles de contaminación atmosférica de base
	<b>Incluir medidas preventivas y correctoras para minimizar la afección de las obras y elaborar un programa de vigilancia ambiental que evalúe la eficacia de las medidas*</b>
	Planear las actividades más contaminantes lo más alejadas de la población sensible, evitando también coincidir en el tiempo en la medida de lo posible
	Planificar e iniciar la obra en contra del viento dominante en la zona afectada, construyendo una barrera de protección que evite la dispersión de contaminantes
	Determinar las ubicaciones de carga y descarga de material en zonas protegidas del viento
	<b>Establecer un plan de movilidad que reduzca desplazamientos innecesarios y el movimiento de maquinaria*</b> . Deben primarse rutas de paso de menor anchura y longitud, y lo más alejadas posible de receptores sensibles
	Formar y concienciar al personal de la obra para que siga las mejores prácticas en el trabajo para disminuir las emisiones contaminantes; realizar algún tipo de formación previa y/o preparar material informativo
	Crear equipos de trabajo y acordar un calendario conjunto de actuación (periodicidad de reuniones, visitas conjuntas a la obra, etc.)
	<b>Programa de vigilancia ambiental*</b> : monitorización de niveles ambientales de PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> , ubicados en proximidad de la obra y zonas de exposición poblacional. Comparación con niveles de referencia de la red de vigilancia de la calidad del aire de la zona
	Considerar las condiciones meteorológicas, en especial temperatura, viento y precipitación
MEDIDAS A IMPLANTAR DURANTE LA OBRA	Determinar medidas adicionales <sup>1</sup> en caso de: 1) vientos superiores a 20 km/h o estabilidad atmosférica e inversión térmica; 2) intrusión sahariana, activación del protocolo de actuación para episodios de contaminación (NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> o PM), superación de los límites de inmisión de acuerdo con la normativa aplicable, o si el Índice de Calidad del Aire es malo o muy malo (Orden TEC/351/2019, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire)
	<b>Mantener húmedas las vías no pavimentadas*</b> con la aplicación de baldeos periódicos y limpiar las vías colindantes
	Lavar las ruedas y bajos de los vehículos y maquinaria antes de abandonar el recinto de la obra
	Aplicar agua con aspersores o directamente en actividades de corte de materiales, pavimentado y carga
	Evitar zonas no pavimentadas para la circulación de vehículos
	Emplear pavimentos provisionales en áreas de uso intensivo, p. ej. grava en entradas y salidas, que puedan ser barridas regularmente
	<b>Realizar el corte de materiales con mesas de corte al agua o en espacios cerrados*</b>
	<b>Evitar la quema de materiales*</b>
	<b>Realizar la limpieza de espacios exteriores con sistemas eléctricos de aspiración (o de soplado si se humidifica previamente la superficie)*</b>
	<b>Cumplir con la normativa aplicable sobre manipulación de materiales como el fibrocemento, susceptibles de liberar sustancias peligrosas como el amianto*</b>
VEHÍCULOS Y MAQUINARIA	<b>Utilizar maquinaria homologada, de bajo consumo y bajas emisiones (preferiblemente eléctrica)*</b>
	Empezar la carga de materiales en la bañera de los camiones por los más finos y acabar con los más gruesos, reduciendo al mínimo la altura desde la que se carga el material
	Limitar la velocidad de los vehículos en la obra y accesos
	<b>Cubrir con lonas las cargas de los camiones y los acopios pulverulentos*</b>
	<b>Realizar un adecuado mantenimiento de los motores y la maquinaria*</b>
	<b>Apagar maquinaria y vehículos cuando no se utilicen*</b>

<sup>1</sup> Medidas adicionales: mayor limitación de desplazamientos de vehículos y uso de maquinaria, adaptar el horario de trabajo, establecer paradas de la obra, etc.

\* Medidas exigibles en la ciudad de Madrid de acuerdo con la Ordenanza 4/2021, de Calidad del Aire y Sostenibilidad.

## Como primera medida, se realiza un diagnóstico de situación en el que se estudia la magnitud del proyecto y se analiza el estado inicial del área circundante a las obras

y profesionales involucrados es fundamental para prevenir, entre otros, potenciales conflictos. En este sentido, es conveniente informar del PACA a través de webs municipales o de las Administraciones correspondientes y comunicar a asociaciones vecinales y otros colectivos afectados las actuaciones de control ambiental que se llevarán a cabo.

Se recomienda ampliar los canales de comunicación, por ejemplo, enviando notificaciones informativas a los residentes cercanos y otros canales interactivos -reuniones con asociaciones y comités de residentes, visitas, buzones de sugerencias, direcciones de correo electrónico y números de teléfono a disposición de la población, etc.-. También se pueden emplear mecanismos de comunicación in situ, utilizando paneles informativos y permitiendo a los transeúntes seguir el avance de la obra. Todas estas actividades pueden realizarse con antelación al inicio de la obra y mantenerse durante su desarrollo.

### Discusión y conclusiones

La implantación del PACA persigue promover y supervisar la implementación de un conjunto de prácticas de seguimiento y control ambiental en intervenciones urbanas, con el fin de que éstas sean más respetuosas con el medio ambiente y con

la protección de la salud de la población. La iniciativa de asesoramiento nació con vocación formativa e informativa, sin obligado cumplimiento, a excepción de los requisitos establecidos en las Ordenanzas municipales o en la normativa aplicable.

Actualmente, en el Ayuntamiento de Madrid se exige un plan de obras con su correspondiente programa de vigilancia ambiental, según la Ordenanza 4/2021 de Calidad del Aire y Sostenibilidad. Esta Ordenanza establece la obligación de adoptar medidas para evitar o minimizar la emisión de gases producto de la combustión, partículas, olores y otros contaminantes a la atmósfera en obras de construcción y demolición. El PACA propuesto complementa lo establecido en esta normativa.

La elevada urbanización observada en grandes núcleos urbanos, como Madrid, implica que un número importante de las obras se sitúan cerca de áreas potencialmente sensibles. Esto supone una gran complejidad en el desarrollo de estas intervenciones, especialmente para la protección de la salud. Los proyectos de demolición ocasionan cambios en la calidad ambiental que pueden incrementar la exposición de la ciudadanía y del medio ambiente. Aunque estos trabajos son temporales y limitados en el espacio,

sus emisiones podrían tener un efecto sinérgico y acumulativo con otras fuentes contaminantes. Una gestión inadecuada de estas intervenciones podría ocasionar picos elevados de contaminación o hasta superaciones de los umbrales regulados, afectando a la población de las inmediaciones de la obra.

En relación con los sistemas de monitorización de la calidad ambiental, cabe destacar que actualmente existen dispositivos comercializados, de bajo coste, que ofrecen una medición continua de los niveles de concentración de los contaminantes, como las PM o el NO<sub>2</sub>. Aunque la calidad de la medida de estos equipos puede ser cuestionada frente a las mediciones oficiales de las estaciones homologadas, su utilidad parece incuestionable para disponer de una orientación de los niveles de concentración de los contaminantes en la zona afectada por la demolición.

Dado que cada obra cuenta con procesos diferentes, equipos de trabajo variables y emplazamientos distintos, es difícil sistematizar las actuaciones y, por tanto, cada demolición requerirá una solución específicamente elaborada. Las buenas prácticas propuestas en este artículo son medidas dirigidas a sensibilizar a todos los colectivos implicados en estos trabajos -empresa ejecutora, entidades, responsables de urbanismo, medio ambiente y salud, proveedores, etc.- para disminuir el impacto de la actividad en el medio y en la población. La mayor parte de las medidas recomendadas son soluciones sencillas y no suponen necesariamente un incremento económico, incluso pueden contribuir a la reducción de costes. Requieren sobre todo cambios de hábitos o actitudes e implicación del personal, así como organización de operaciones.

Finalmente, una correcta gestión de la obra no debe descuidar el derecho de información y participación de los ciudadanos afectados, especialmente cuando pudieran estar afectados sectores vulnerables. La aceptación del impacto que supone una demolición es mayor cuando la población afectada conoce las medidas tomadas para la protección de la salud y el beneficio esperado en el barrio. ■

### BIBLIOGRAFÍA

- <sup>(1)</sup> Dominski, F. H., Lorenzetti, J. H., Buonanno, G., Stabile, L., Gameiro, M., y Andrade, A. (2021). Effects of air pollution on health: A mapping review of systematic reviews and meta-analyses. *Environmental Research*, 201, 111487. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111487>
- <sup>(2)</sup> Moorcroft, S., Bull, M., Fleming, P., Marsh, D., Stoaling, M., y Franklin, W. (2018). Guidance on monitoring in the vicinity of demolition and construction sites. Londres: Institute of Air Quality Management. <https://www.the-ies.org/sites/default/files/reports/Monitoring%20Construction%20Sites.pdf>
- <sup>(3)</sup> Karagulian, F., Gerboles, M., Barbieri, M., Kotsev, A., Lagler, F., y Borowiak, A. (2019). Review of sensors for air quality monitoring. Luxemburgo: Joint Research Center, European Commission. <https://doi.org/10.2760/568261>
- <sup>(4)</sup> Organización Mundial de la Salud (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- <sup>(5)</sup> Ayuntamiento de Madrid (2012). Guía de buenas prácticas ambientales en el diseño, construcción, uso, conservación y demolición de edificios e instalaciones. Madrid: Foro Pro Clima. [https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Educacion\\_Ambiental/Catalogo/GuiaBPAEdificiosInstalaciones.pdf](https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Educacion_Ambiental/Catalogo/GuiaBPAEdificiosInstalaciones.pdf)