

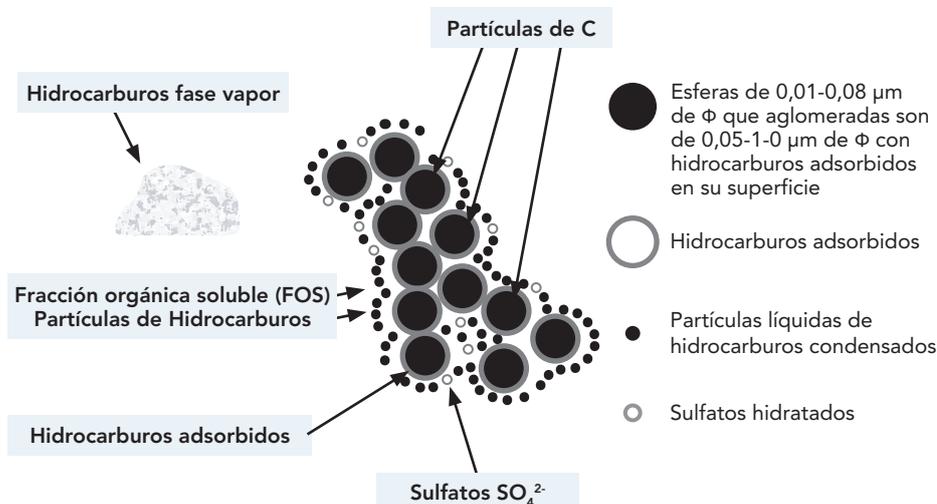
Emisiones de motores diésel

AGENTES CANCERÍGENOS EN EL TRABAJO: Conocer para prevenir

Qué son y dónde se pueden encontrar

Las emisiones de motores diésel son una mezcla compleja de partículas, aerosoles líquidos, gases y vapores que se genera durante el funcionamiento de motores que utilizan el gasóleo como combustible, como producto de la combustión.

Las partículas sólidas u hollín están compuestas por un núcleo de carbono elemental, también conocido como carbono negro, carbono orgánico y otros agentes, como cenizas, metales y sulfatos. La fase gaseosa está compuesta por monóxido y dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno junto con compuestos orgánicos volátiles (COV) y semivolátiles (COSV), adsorbidos en la superficie de las partículas.



Esquema de los componentes de las emisiones de motores diésel y su tamaño relativo.
Fuente: Revista Seguridad y Salud en el Trabajo, n° 73 – 2013.

ÍNDICE

Qué son y dónde se pueden encontrar

Efectos para la salud

Dónde se puede dar la exposición

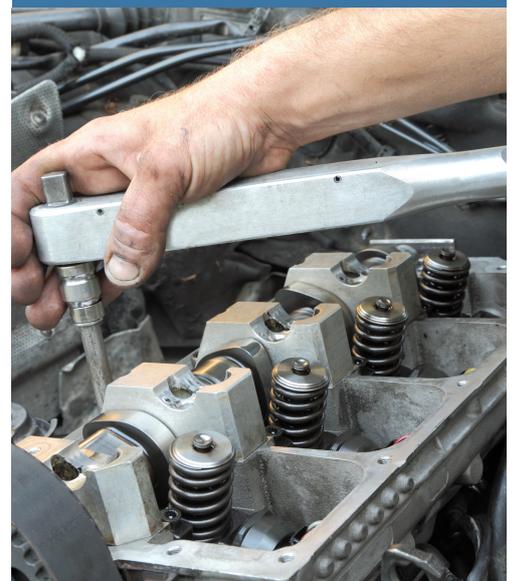
Evaluación de la exposición

Control de la exposición

Vigilancia de la salud

Otras medidas preventivas

Referencias





Dentro de esta composición se encuentra un gran número de sustancias reconocidas como cancerígenas, como el formaldehído, el benceno y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH, por sus siglas en inglés).

Algunas mezclas de hidrocarburos aromáticos policíclicos, en particular los que contienen benzo(a)pireno, cumplen los criterios para ser clasificadas como carcinógenas (de categoría 1A o 1B, según el Reglamento CLP), por lo que deben considerarse agentes carcinógenos. Estas mezclas suelen generarse durante los procesos de combustión, como los que se producen en los motores diésel, especialmente cuando se dan a temperaturas muy elevadas.

En la tabla 1 se muestran algunos de los componentes de las emisiones de motores de combustión, clasificados como agentes cancerígenos, del grupo 1 y del grupo 2A, por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) (IARC, 2013).

Tanto la composición de estos humos como la cantidad que se libera al ambiente es variable y depende de factores como: las características del combustible y de los aceites lubricantes; la tecnología y antigüedad del motor, incluyendo si cuenta con sistemas de reducción de emisiones; el régimen de funcionamiento del mismo, es decir, si está en ralentí, funcionando con carga baja o a máxima potencia; la temperatura del motor, y las condiciones de mantenimiento y ajustes del mismo.

Existe una concentración de fondo de emisiones de motores diésel en el ambiente que se origina sobre todo por el tráfico rodado y que será más o menos importante dependiendo de la zona geográfica en la que nos encontremos. Además de esta concentración de fondo, en los lugares donde se utilice maquinaria, sea móvil o fija, que utilice el diésel como combustible, habrá una concentración adicional.

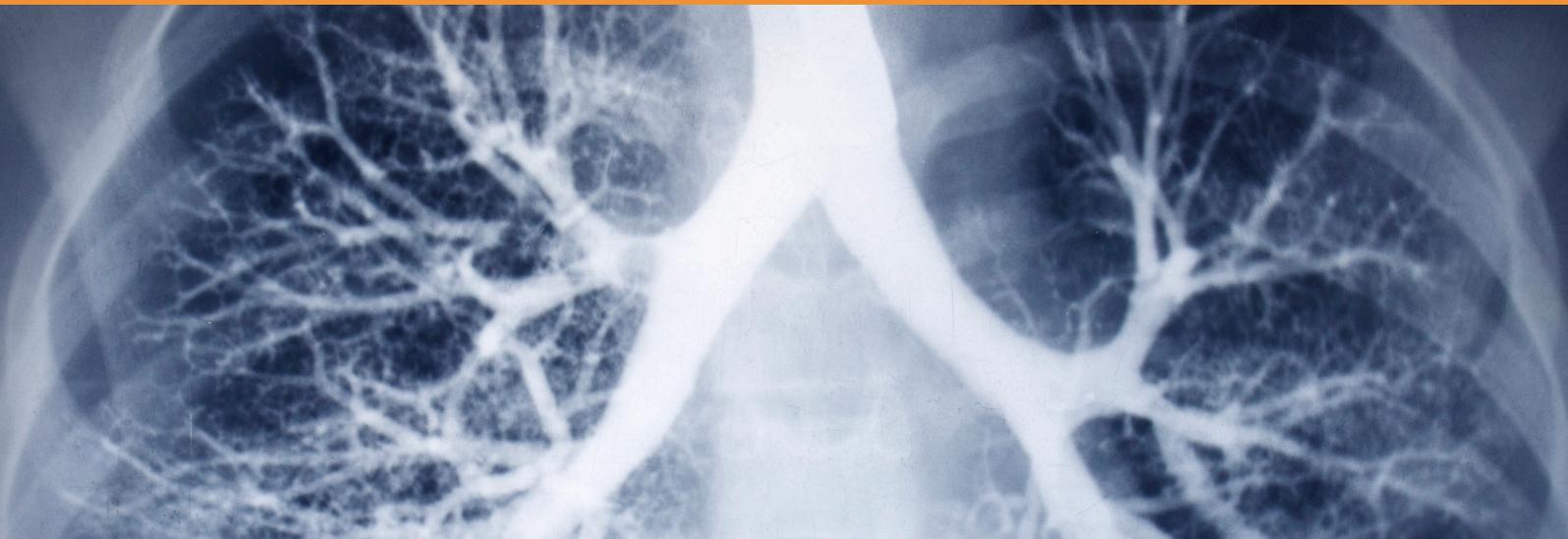
La IARC (iarc.fr) es una agencia autónoma de la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas. Su objetivo es promover la colaboración internacional en la investigación del cáncer. Dirige estudios ampliamente reconocidos por su calidad y su independencia.

Tabla 1
Algunos componentes cancerígenos de las emisiones de motores de combustión

Agente químico	Clasificación IARC	Clasificación CLP
Cromo VI	1	Carc. 1A Muta. 1B Rep. 2
Compuestos inorgánicos de plomo	2A	Rep. 1A
1,3-Butadieno	1	Carc. 1A Muta. 1B
Benceno	1	Carc. 1A Muta. 1B
Formaldehído	1	Carc. 1B Muta. 2
Dioxinas / dibenzofuranos	1	Carc. 1B
Benzo(a)pireno	1	Carc. 1B Muta. 1B Rep. 1B

Fuente: IARC. Monográfico 105





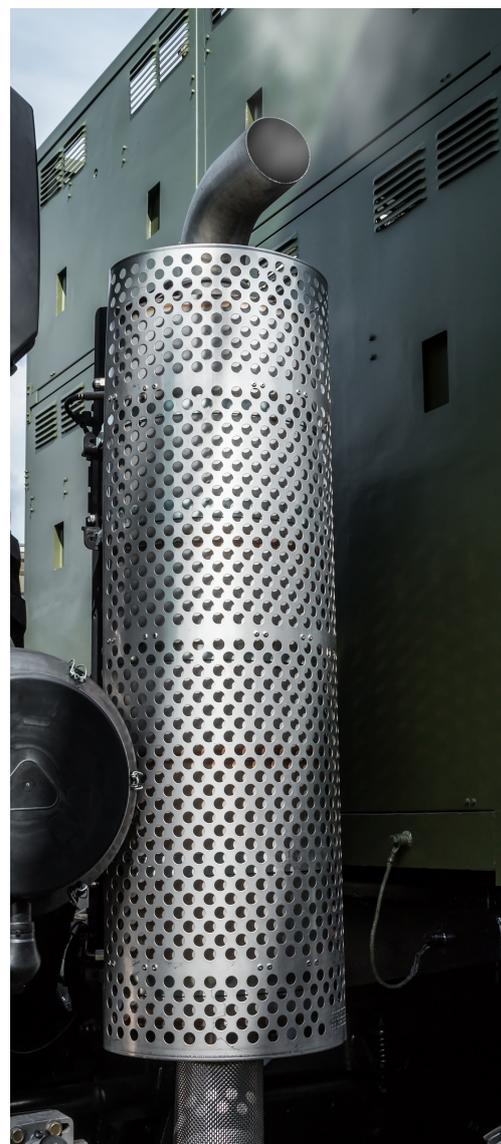
La introducción de estrictas regulaciones sobre emisiones, en la Unión Europea y otros países, desencadenó el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías para motores diésel que ha generado grandes cambios en la composición de la materia particulada (PM, por sus siglas en inglés) y componentes gaseosos emitidos, y en la evolución de nuevos sistemas de tratamiento de las emisiones antes de expulsarlas a la atmósfera. En este sentido, la antigüedad de los vehículos es determinante del tipo y la cantidad de humos que emitirán.

Es importante tener en cuenta que esta normativa no aplica a vehículos o equipos que no están destinados al transporte por carretera, como trenes, barcos, maquinaria pesada que se utiliza en la minería o la construcción o aquellos equipos fijos destinados a la producción de energía, entre otros.

Efectos para la salud

Una exposición a corto plazo (aguda) a concentraciones elevadas de emisiones de motores diésel puede producir irritación de las vías respiratorias y de los ojos, dolor de cabeza, mareos, náuseas y síntomas de inflamación de las vías respiratorias, variables entre individuos y de carácter transitorio. Cuando se da una exposición a largo plazo (crónica), se pueden producir efectos más graves como inflamación pulmonar, exacerbación de la respuesta alérgica, afecciones cardiovasculares y cáncer de pulmón (IARC, 2013). Así mismo, la exposición a este agente puede agravar patologías previas de tipo cardiovascular o respiratorio.

En 1988, la IARC clasificó las emisiones de motores diésel como probablemente carcinógeno en humanos, en su grupo 2A. En 2012, tras revisar



Los estudios epidemiológicos muestran una asociación positiva consistente entre la exposición a humos de escape diésel y un aumento del riesgo de cáncer de pulmón. Este aumento del riesgo se ha cifrado en hasta un 40% más de probabilidad de desarrollar este tipo de cáncer (IARC, 2013).



Los estudios más recientes, el mismo organismo concluyó que este agente químico es un agente cancerígeno para el ser humano, clasificándolo en el grupo 1, debido a la existencia de pruebas suficientes en humanos, es decir, en estudios epidemiológicos, que demuestran que la exposición está asociada con un mayor riesgo de cáncer de pulmón. También existen evidencias limitadas que relacionan la exposición a estas emisiones con una mayor probabilidad de desarrollar cáncer de vejiga urinaria.

Los efectos para la salud debidos a la exposición a materia particulada en general dependen de la cantidad que se acumule en los pulmones, lo que a su vez dependerá de la concentración de partículas en el aire que se respira y del tamaño de las mismas. Aquellas partículas cuyo tamaño sea inferior a $10\ \mu\text{m}$, que forman parte de lo que en higiene industrial se conoce como fracción respirable, pueden ser inhaladas y penetrar en el sistema respiratorio hasta alcanzar los alvéolos pulmonares y depositarse allí, donde podrían producir sus efectos dañinos.

La mayoría de las partículas de las emisiones de motores diésel tienen un tamaño inferior a $0,1\ \mu\text{m}$ ($100\ \text{nm}$), es decir, son nanopartículas o, como se las conoce en el ámbito de la salud pública y del medio ambiente, "partículas ultrafinas" (UFP, por sus siglas en inglés). Los distintos estudios llevados a cabo indican que la mayoría de las partículas de las emisiones de motores diésel se sitúan en tamaños alrededor de $50\ \text{nm}$ (Kittelson et al., 2008). Estas partículas, debido a su pequeñísimo tamaño y a su elevada superficie específica, son extremadamente reactivas y son capaces de atravesar el epitelio y las paredes vasculares y llegar al torrente sanguíneo (Sydbom et al., 2001).

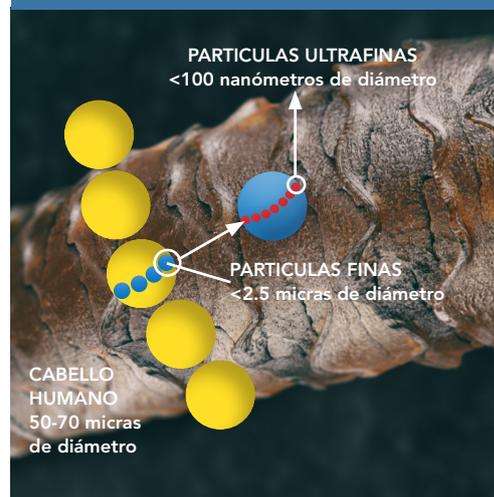
Dónde se puede dar la exposición

La exposición laboral a emisiones de motores diésel puede darse en muchos entornos laborales diferentes entre los que se encuentran: la minería, la agricultura, la construcción y el transporte, ya sea ferroviario, por carretera, aéreo o marítimo o en los talleres de reparación de vehículos.

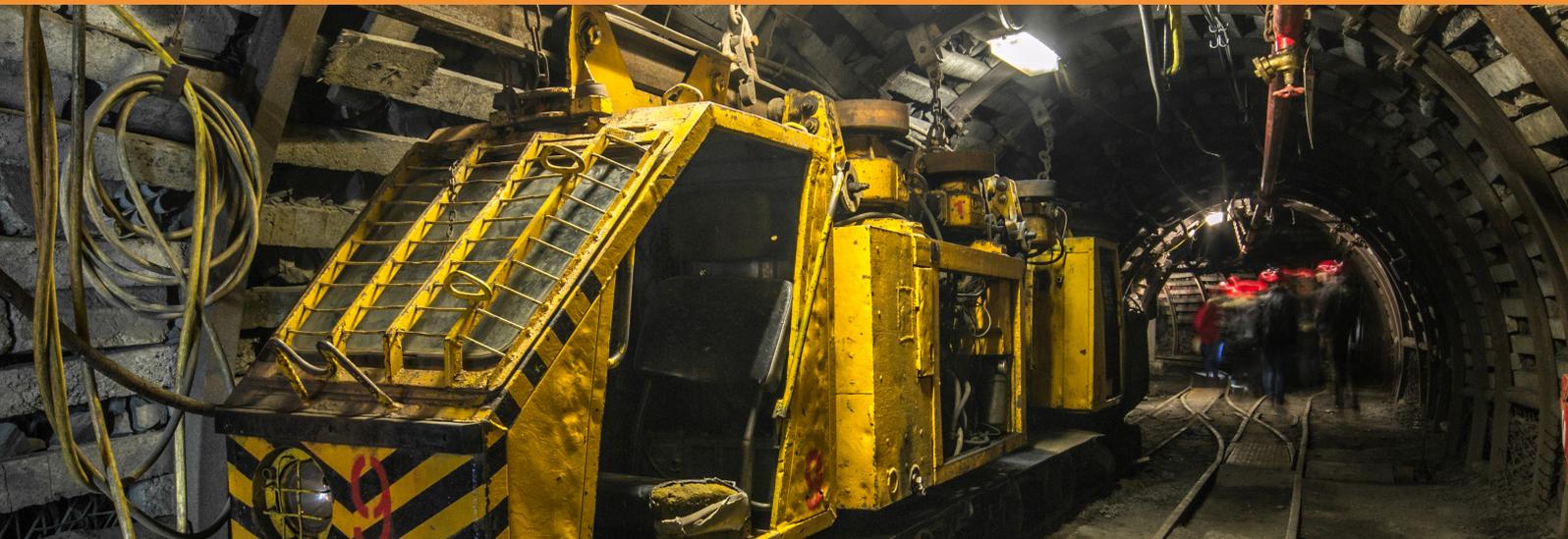
Los principales factores que determinan la exposición son el tipo y número de motores diésel en uso, su potencia, el régimen de funcionamiento, si se trabaja en el exterior o en el interior y, en este caso, el grado de ventilación existente.

Referencias normativas

Los humos de escape diésel no están sujetos a clasificación como agente químico peligroso según el Reglamento CE nº 1272/2008 (CLP), ya que no se comercializan, sino que se generan en un proceso; sin embargo, están considerados como agente cancerígeno en la *Directiva 2004/37/CE, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo*, a raíz de la inclusión en el Anexo I de los trabajos que supongan exposición a emisiones de motores diésel mediante la *Directiva (UE) 2019/130, de 16 de enero de 2019, que modificó a la anterior*. Dicha directiva ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 427/2021, de 15 de junio, por lo que ya están incluidos en el ámbito de aplicación el Real Decreto 665/1997.



Tamaño relativo de las partículas ultrafinas.
Fuente: @TuftsUniversity 2012 – Big Road Blues



En los estudios que se han realizado para caracterizar la exposición a humos de escape diésel en varios sectores de actividad (Pronk, Coble, & Stewart, 2009) se ha observado que las exposiciones personales más altas se dan en la minería de interior y en la construcción de túneles, con niveles medios de exposición diaria medidos como carbono elemental de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$), seguidos de los trabajos en muelles de carga, mecánicos y de mantenimiento, con niveles entre 20 y $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le siguen tripulación de trenes, construcción y carga y descarga de equipajes de aviones, cuya exposición media se sitúa por debajo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por último, los conductores profesionales se sitúan en torno a los $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de exposición diaria media (ver tabla 2).

Muchos de los estudios de caracterización de la exposición a emisiones de motores diésel se han realizado antes de la entrada en vigor de las diferentes normas que limitan la emisión de los vehículos y del uso más generalizado de los filtros de partículas y otros sistemas integrados de control de las emisiones (Pronk et al., 2009), por lo que podría ser que en determinados entornos laborales la exposición haya cambiado tanto cualitativa como cuantitativamente a medida que se hayan ido renovando los vehículos o equipos.

Tabla 2
Niveles de exposición personal a carbono elemental en distintos sectores de actividad

Sector de actividad	Niveles de exposición diaria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Minería de interior y construcción de túneles	100
Muelles de carga, mecánicos y mantenimiento	20 – 40
Tripulación de trenes, construcción, personal de tierra en aviación	10
Conductores profesionales	2

Fuente: Pronk et al., 2009

Tabla 3
Lista no exhaustiva de profesiones en las que puede haber exposición a emisiones de motores diésel

Principales profesiones en las que puede haber exposición

Mineros	Personal de control de tráfico: policías, guardia civil, etc.
Trabajadores de la construcción de túneles	Operadores de maquinaria pesada
Conductores profesionales, incluyendo transporte de personas, de mercancías y mensajería	Cargadores y trabajadores de muelle en transbordadores
Bomberos	Trabajadores del mar
Trabajadores de reparación y mantenimiento de vehículos o equipos diésel	Operadores de equipos de manipulación de cargas
Trabajadores de la construcción	Trabajadores de la industria petrolífera
Trabajadores de almacenes y logística	Ferrovianos, tanto conductores como tripulación de máquinas diésel
Agricultores	Trabajadores de la recogida de basuras
Operadores de cabinas de peajes	Personal de tierra en aeropuertos
Trabajadores de aduanas	Silvicultores y leñadores



Otras profesiones que pueden verse afectadas por la exposición laboral a este agente son: los bomberos, durante su trabajo en la estación y en las labores de extinción de incendios; los trabajadores de cabinas de peajes y trabajadores de aparcamientos; los operadores de carretillas elevadoras; los trabajadores del sector petrolífero, y cualquier puesto de trabajo que se sitúe cerca de compresores, generadores y otros equipos que utilicen gasóleo como fuente de energía. En la tabla 3 se indica una lista, no exhaustiva, de profesiones que pueden estar expuestas a emisiones de motores diésel.

Evaluación de la exposición

Cuando en el lugar de trabajo haya vehículos u otro tipo de maquinaria diésel, puede existir riesgo de exposición a este agente. El primer paso a la hora de determinar si existe el riesgo consiste en la identificación de posibles fuentes de emisión. Para ello hay una serie de aspectos que se deberían determinar:

- Motores o equipamiento diésel que se utiliza en el trabajo. Cuanto mayor sea el número, mayor será el nivel de exposición potencial.
- Lugar donde se liberan las emisiones de motores diésel. Si se trata de un ambiente interior o exterior. La situación más desfavorable es la que se produciría por el uso de motores de combustión diésel en interiores. También es importante la posición y distancia de los trabajadores con respecto a las fuentes de emisión.
- Rejillas de ventilación o aberturas por las que se puedan filtrar los humos que se generan en el exterior o en otras localizaciones hacia los lugares donde hay trabajadores.
- Espacios confinados o zonas con mala ventilación en donde puedan registrarse concentraciones altas del agente.
- Depósitos visibles de hollín en las superficies. Es un indicativo de que la concentración de humos en el aire es demasiado alta.
- Síntomas o molestias en los trabajadores: irritación en los ojos o en las vías respiratorias, dolor de cabeza, mareos o náuseas. En este caso lo mejor es preguntarles directamente y, paralelamente, revisar los registros de accidentes y bajas médicas de la empresa.





Si se da alguna de estas circunstancias, es posible que los trabajadores estén expuestos a concentraciones elevadas de emisiones de motores diésel.

La información recogida en este estudio preliminar de la instalación nos servirá para plantear correctamente la evaluación cuantitativa de la exposición, es decir, las mediciones de la concentración de este agente químico para compararlas con un criterio de referencia o valor límite.

El Real Decreto 427/2021, por el que se modifica la normativa de agentes cancerígenos o mutágenos en el trabajo, estableció un valor límite vinculante para la exposición diaria de 0,05 mg/m³ medido como carbono elemental, de obligado cumplimiento a partir del 21 de febrero de 2023 o el 21 de febrero de 2026, en el sector de la minería y la construcción de túneles, según los periodos transitorios establecidos en la directiva que traspone.

Para la evaluación cuantitativa de la exposición se puede tomar como referencia lo indicado en el método 5040 de NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health, de Estados Unidos), aunque para el análisis en laboratorio actualmente en la Unión Europea se utiliza un protocolo de transmitancia térmica diferente, llamado EUSAAR_2.

El método 5040 de NIOSH propone la utilización de un filtro de fibra de cuarzo de 37 mm sobre un casete abierto como muestreador (salvo que se trate de entornos mineros con niveles elevados de polvo de origen carbonáceo, en los que se recomienda utilizar un impactador), comprobando que la muestra se deposita de forma uniforme sobre el filtro. El caudal de muestreo propuesto es de 2 a 4 l/min.

Representatividad de las muestras

Siempre que se realice una **evaluación cuantitativa** de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso se ha de seguir una estrategia de muestreo que garantice la representatividad de los datos obtenidos. Esto se puede obtener siguiendo la norma **UNE-EN 689:2019+AC:2019** *Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.*



Tabla 4
Valores límite ambientales a considerar

Agente	VLA-ED [®]		VLA-EC [®]	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
CE		0,05		
NO	2	2,5	—	—
NO ₂	0,5	0,96	1	1,91





En cualquier caso, el laboratorio al que se vayan a remitir las muestras para su análisis puede resolver todas las dudas acerca de los requisitos y materiales más idóneos de cara a conseguir unas muestras adecuadas.

El carbono elemental se considera el mejor indicador de la exposición a emisiones de motores diésel; sin embargo, estos motores también emiten cantidades importantes de óxidos de nitrógeno (NO y NO₂). Estos gases cuentan con su propio valor límite ambiental y también es necesario evaluar la exposición a estos agentes.

Para la determinación cuantitativa de la exposición a estos gases puede tomarse como referencia el método [NIOSH 6014](#), con toma de muestras activa y que sirve para ambos gases, o el método [NIOSH 6700](#), que permite el muestreo de dióxido de nitrógeno mediante la utilización de muestreadores pasivos.

Control de la exposición

Las medidas de control o de prevención de la exposición se deben aplicar según un orden de prioridad en función de su efectividad. La primera opción debe ser siempre la sustitución; cuando no se pueda realizar, se estudiará la posibilidad de trabajar en un sistema cerrado; cuando tampoco sea posible, hay que recurrir a todas las medidas encaminadas a reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible; y, por último, cuando las medidas anteriores no sean suficientes, se recurrirá a los equipos de protección individual (EPI).

1. Sustitución

La medida prioritaria, y obligatoria siempre que sea factible, cuando se trabaja con agentes cancerígenos o mutágenos, es siempre la sustitución por otro agente u otro proceso que no sea peligroso o lo sea en menor grado. Esta medida es la más difícil de aplicar, sobre todo cuando un proceso productivo ya está implantado y se deben tener en cuenta muchas variables, pero se debe planificar y ejecutar siempre que sea viable, aunque tenga mayor coste, y es necesario permanecer al día en cuanto a los avances tecnológicos de cada sector.

Orden de prioridad de las actuaciones preventivas para agentes cancerígenos:

1. Sustitución
2. Sistema cerrado
3. Reducción de la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible
4. Equipos de Protección Individual

Recursos para la sustitución

Se pueden consultar más experiencias prácticas de sustitución o eliminación del riesgo en los siguientes enlaces:

- Soluciones, ejemplos de sustitución y buenas prácticas para agentes cancerígenos de la iniciativa Roadmap on carcinogens.

<https://roadmaponcarcinogens.eu/solutions/good-practices/>

- Portal de sustitución SUBSPORT
<https://www.subsportplus.eu/>

- Portal de herramientas para la sustitución de la OCDE
<http://www.oecdsatoolbox.org/>

- Fichas de ayuda a la sustitución del INRS.
<http://www.inrs.fr/actualites/nouvelles-far-fas.html>



En el caso de las emisiones de motores diésel, la sustitución puede basarse en la utilización de otro tipo de tecnologías para la obtención de energía, por ejemplo utilizando carretillas elevadoras eléctricas en los almacenes en lugar de las de motor de combustión. Un estudio de caracterización de la exposición a humos de escape en el sector logístico puso de manifiesto que el 80% de la exposición de los trabajadores podría atribuirse a las carretillas elevadoras y el resto a los vehículos en los que se colocaba la mercancía para su posterior transporte (Tharr, 1992).

Los motores eléctricos no producen emisiones al ambiente, además producen menos ruido y no aumentan la temperatura de los lugares de trabajo. La sustitución por este tipo de motores eliminaría el riesgo (reducción del 100%). También puede resultar bastante efectivo reemplazar los motores por otros de tecnología híbrida que, aunque no eliminaría el riesgo, reduciría las emisiones de forma importante (Center, 2017).

2. Cerramiento del proceso

Consiste en evitar la dispersión del agente al aire que respira el trabajador situando el proceso dentro de un sistema cerrado con evacuación del aire, y un sistema de tratamiento y evacuación a un entorno seguro para evitar que los agentes provoquen daños en el medio ambiente o en la salud pública.

En el caso de los humos de escape diésel, podría aplicarse en lugares de trabajo donde los equipos o maquinaria sean fijos, por ejemplo compresores, generadores u otro tipo de máquinas estáticas. En este caso es importante diseñar correctamente el cerramiento y la instalación de evacuación de humos de forma que no vuelvan a entrar en el lugar de trabajo a través de aberturas o rejillas de ventilación.

3. Reducción de la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible

Se trata de implantar medidas técnicas y organizativas de forma que la exposición se reduzca tanto como sea técnicamente posible. Esta obligación implica que no es suficiente alcanzar niveles de exposición por debajo del límite de exposición profesional establecido, sino que hay que ir más allá, aplicando todas las medidas disponibles.

En el Real Decreto 665/1997 se establece la obligación de adoptar todas las medidas que sean necesarias de las establecidas en su artículo 5.5. En





general, estas exigencias van en la misma línea que ya se debería estar aplicando para cumplir el Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, añadiendo la mención expresa de instalar dispositivos que detecten y alerten en caso de situaciones que puedan generar exposiciones anormalmente altas, como podría ser, por ejemplo, un fallo en un sistema de extracción localizada.

Renovación de flotas

Una de las medidas más eficaces a la hora de reducir la exposición consiste en la renovación de las flotas de vehículos antiguos. Los vehículos de nueva tecnología pueden emitir hasta un 99% menos de partículas que los tradicionales gracias a la implantación de complejos sistemas de control de emisiones (Hesterberg et al., 2011). Esta medida puede resultar especialmente útil en actividades como la minería o la construcción de túneles, donde el uso de maquinaria pesada es prácticamente imprescindible y la ventilación es limitada.

El Instituto Nacional de Silicosis realizó un estudio de caracterización de la exposición a humos diésel en la minería subterránea durante varios años y determinó que existía una relación entre las exposiciones más elevadas y la antigüedad media de las flotas de vehículos (INS, 2018).

Apagar motores o situarlos en el exterior

Una medida sencilla y eficaz consiste en reducir al mínimo el número de motores que están funcionando simultáneamente en un entorno. Para ello se pueden establecer procedimientos que indiquen instrucciones de apagado de aquellos motores que no sean imprescindibles. Para los motores que sí lo sean, se puede valorar la posibilidad de situarlos en el exterior.

Para evitar las emisiones de los motores en ralentí se pueden instalar sistemas de apagado automático cuando los motores permanezcan un determinado tiempo sin utilizar. Esta medida es especialmente eficaz para equipos que suelen permanecer mucho tiempo en ralentí.

Otra forma de control de las emisiones consiste en realizar el calentamiento de los motores en el exterior o en lugares bien ventilados, ya que se sabe que los motores fríos generan una cantidad mayor de hidrocarburos no quemados o parcialmente quemados que los que ya están a su temperatura óptima de funcionamiento.

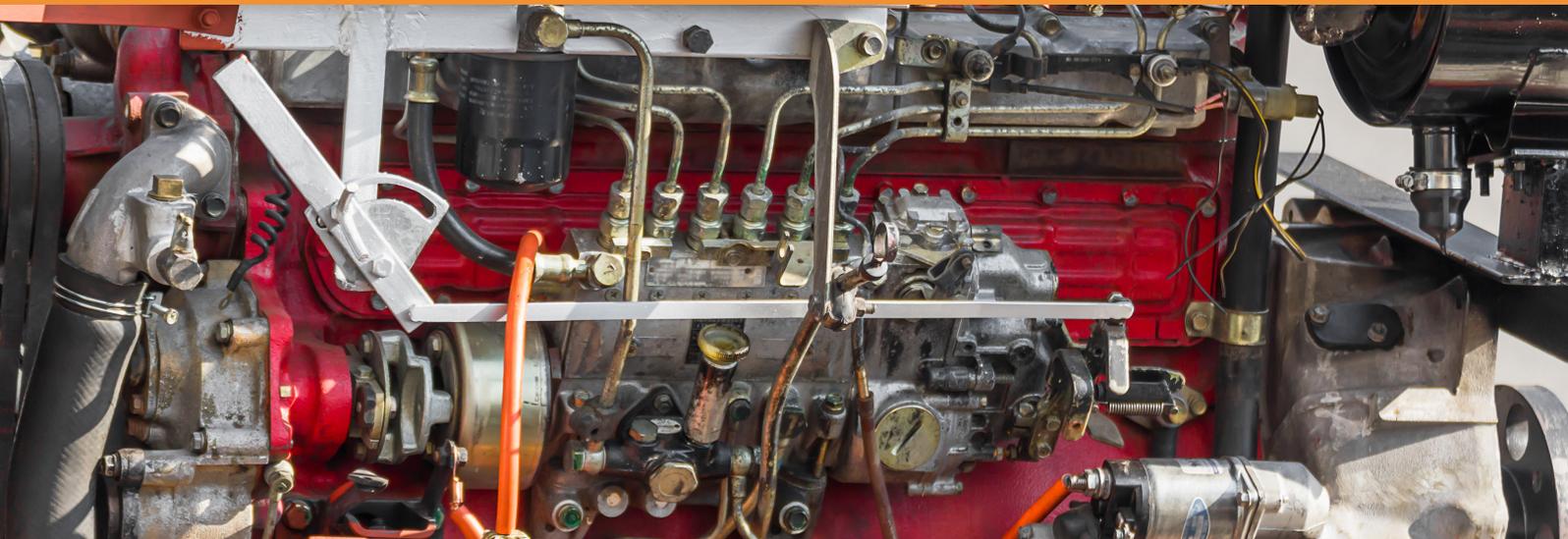
Humos visibles

Si somos capaces de ver el humo de los escapes, es probable que la exposición sea demasiado alta. En estos casos, el propio humo podría indicarnos el origen del problema:

- **Humos azulados:** presencia de aceite y combustible no quemados. Es necesario revisar el motor y realizar un mantenimiento ya que podría no estar funcionando correctamente.
- **Humos negros:** altos niveles de partículas y aceite y combustible no quemados. Podría deberse a un fallo mecánico del motor o a que está funcionando a potencias elevadas.
- **Humos blancos:** agua y combustible no quemado. El motor está frío. Si es posible, es recomendable realizar el calentamiento en el exterior (HSE, 2012).

Filtro portátil para tubo de escape.
EHC Teknik, A. B. (<https://ehcteknik.com/>)





Mantenimiento de los motores

La aplicación de un programa de mantenimiento exhaustivo de los motores es una medida clave para reducir las emisiones, especialmente en lo relativo a los sistemas de suministro de combustible, pero también en lo relativo a otros componentes del motor y de los sistemas de tratamiento de emisiones. El mantenimiento puede reducir las emisiones de partículas hasta en un 55%.

Instalación de filtros portátiles en los tubos de escape

En el mercado existen filtros móviles que se pueden colocar en los tubos de escape y que pueden ser útiles para operaciones puntuales como pruebas en fábrica, inspecciones, carga de vehículos en ferris o cualquier otra que se deba llevar a cabo en entornos sin la ventilación adecuada y donde no se pueda implantar otro tipo de medidas.

Extracción localizada

Esta medida es especialmente útil cuando se utilizan equipos que producen emisiones en espacios interiores como talleres, garajes, centros de inspección de vehículos o túneles. Se pueden utilizar sistemas de extracción, portátiles o en forma de tuberías flexibles, que se sitúan en los tubos de escape de los vehículos evitando que las emisiones se propaguen por el lugar de trabajo. Si el equipo diésel es fijo, se puede adoptar otro tipo de soluciones más convencionales.

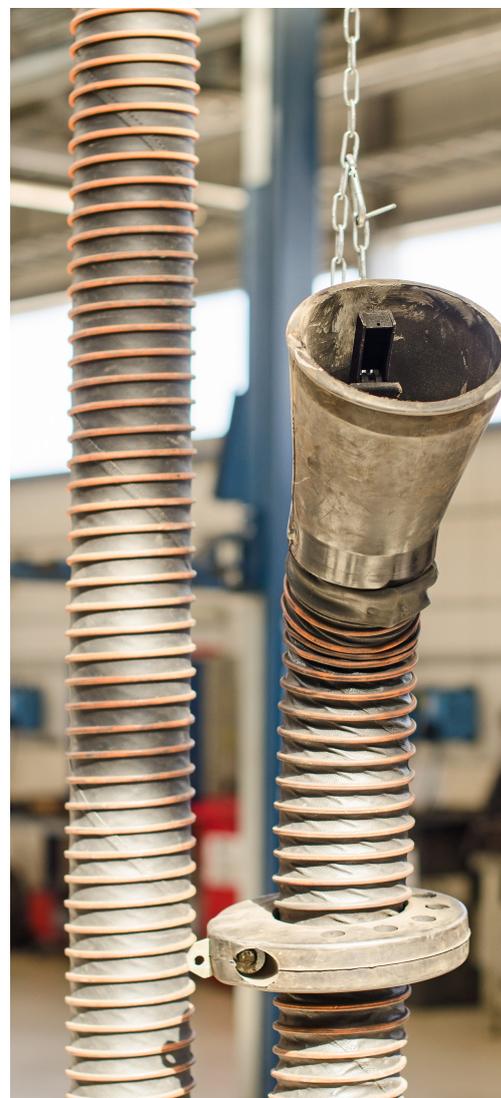
En [este enlace](#) se puede consultar un ejemplo de implantación de un sistema de extracción localizada portátil en un taller de inspección técnica de vehículos en Francia (AESST, 2018).

Aunque es una de las medidas más efectivas, podemos encontrar situaciones o aplicaciones en las que no sea posible su implementación, puesto que limita la movilidad del equipo, que puede ser necesaria en algunas situaciones, por ejemplo en construcción.

Ventilación general

La ventilación general ayuda a diluir la concentración de las emisiones de motores diésel. En los lugares de trabajo que sean cerrados y fijos es imprescindible proyectar y mantener correctamente el sistema de ventilación general. Cuando la renovación del aire no sea suficiente de forma natural,

Sistema de extracción localizada ajustable y móvil para los tubos de escape en un taller donde se realizan pruebas a vehículos en funcionamiento.





se puede recurrir a sistemas de ventilación forzada o mixta para garantizar esa renovación. También es necesario tener en cuenta los cambios estacionales, ya que en la época fría deben existir aberturas que aseguren el caudal de entrada de aire fresco.

Cabinas cerradas

La forma de evitar o reducir al mínimo la exposición de los trabajadores que conducen los vehículos o la maquinaria consiste en situarlos en cabinas cerradas con sistemas de filtrado del aire de entrada y, si es necesario, sistemas de climatización que eviten que se tengan las ventanas abiertas. Esta medida debe ir acompañada de procedimientos y formación encaminados a que las cabinas se abandonen solo cuando sea imprescindible y previo apagado del motor. La medida también debería ir acompañada de la prohibición de fumar en las cabinas, para evitar que se abran las ventanas.

Es importante tener en cuenta que esta medida protege solo a los trabajadores que se sitúan en el interior de las cabinas pero no a los puestos de trabajo situados en los alrededores del equipo o vehículo.

Las cabinas cerradas que funcionan correctamente pueden reducir la exposición al polvo y a las partículas de las emisiones diésel en un 90% o más (Bugarski, Janisko, Cauda, Noll, & Mischler, 2011). Sin embargo, si las cabinas no están optimizadas, pueden tener una eficiencia inferior al 40%. Entre otros factores que influyen en su buen funcionamiento se encuentran los filtros de recirculación, integridad de la cabina, ventanas abiertas, etc.

Al decidir implementar cabinas cerradas, se deben considerar las restricciones de espacio, si el trabajo se va a realizar en espacios confinados. Por ejemplo: las restricciones de espacio en una mina de interior pueden ser un problema a la hora de adoptar esta medida.

Separación de lugares de trabajo

Los lugares donde se sitúen los motores encendidos deberían estar separados del resto de actividades del lugar de trabajo, de forma que los trabajadores que no tengan que realizar operaciones con los equipos a motor no estén expuestos a este agente. Esta separación puede lograrse con elementos físicos y sistemas de ventilación con presión positiva en los lugares de trabajo a proteger.





En las cabinas de cobro de peaje o aparcamientos se deberían minimizar las aberturas, dotar a las cabinas de sistemas de ventilación forzada con presión positiva y entrada de aire filtrado y formar a los trabajadores para que mantengan las aberturas cerradas el mayor tiempo posible.

Control remoto

Esta medida permite al trabajador operar un equipo diésel desde un lugar más seguro, como en un área con mejor ventilación o en una cabina o sala de control aislada de las emisiones.

El control remoto requiere una formación adicional para los operadores para garantizar un uso seguro y eficaz de los equipos remotos. También se necesitan equipos y tecnologías especializados para su implementación y estos dispositivos pueden requerir mantenimiento por parte de personal cualificado.

La operación remota puede ser útil en trabajos de excavación o construcción de túneles, donde el nivel de emisiones diésel puede ser alto.

4. Equipos de protección individual

Los equipos de protección respiratoria no deben utilizarse como única medida de prevención. Antes deben haberse aplicado todas las medidas técnicas anteriores que sean posibles.

Los resultados de la evaluación de riesgos serán la base para determinar la necesidad de utilizar equipos de protección individual, así como para la selección del equipo más adecuado. Además, al seleccionar el equipo se debe tener en cuenta la anatomía de los trabajadores que lo van a utilizar y es muy recomendable realizar un test de ajuste a cada persona.

En el caso de la exposición a humos de escape diésel se debe tener en cuenta que los equipos filtrantes de partículas no protegen de los gases, en este caso los óxidos de nitrógeno; por lo tanto, se deberían combinar los filtros de partículas con filtros para gases.

Los procedimientos de limpieza y mantenimiento de estos EPI son tan importantes como su correcta selección y uso. Se deben seguir estrictamente las recomendaciones de los fabricantes y formar a los trabajadores para que las conozcan y las apliquen de forma adecuada. Se debe facilitar un lugar adecuado para guardar los EPI.

Referencias normativas

Las piezas faciales de los equipos de protección respiratoria deben cumplir la siguiente normativa legal y técnica:

1. Disposición legal sobre el diseño y la fabricación:
 - Reglamento (UE) 2016/425 (Real Decreto 773/1997. Artículo 5.3.)
2. Normas técnicas armonizadas de requisitos aplicables:
 - Máscaras completas: UNE-EN 136:1998
 - Medias máscaras (mascarillas): UNE-EN 140:1999
 - Filtros frente a gases y combinados: UNE-EN 14387:2004+A1:2008

Más información en <https://www.insst.es/epi>



Ejemplo de filtros combinados. www.draeger.com

Código de color	Tipo de filtro	Aplicación
	NO	Óxido nítrico y óxido nítrico
	P	Partículas



Vigilancia de la salud

Los agentes cancerígenos o mutágenos se caracterizan, en general, por producir efectos a largo plazo o enfermedades con periodos de latencia largos. Debido a ello, el Real Decreto 665/1997 establece el derecho de los trabajadores expuestos a estos agentes a la prolongación de la vigilancia de la salud más allá de la finalización de la exposición o de la relación laboral.

Cuando el cese de la exposición se deba al cese de la relación laboral, la vigilancia de la salud post-ocupacional se realizará a través del sistema nacional de salud. Sin embargo, cuando el cese de la exposición se deba, por ejemplo, a un cambio en el puesto de trabajo, seguirá corriendo a cargo de la empresa.

Actualmente, no existe un protocolo específico para la vigilancia de la salud para trabajadores expuestos a emisiones de motores diésel. No obstante, podría ser útil consultar a los trabajadores si sufren molestias relacionadas con la irritación de los ojos o de las mucosas, mareos o tos en el trabajo, y observar posibles signos de estas afecciones ya que estos síntomas son indicativos de una posible exposición a concentraciones altas de emisiones de motores diésel en el trabajo.

Otras medidas preventivas

En los trabajos con riesgo por exposición a emisiones de motores diésel se deberá cumplir otra serie de medidas preventivas establecidas en el Real Decreto 665/1997 como son:

- Medidas de higiene personal (artículo 6).
- Medidas a adoptar en caso de exposiciones accidentales y no regulares (artículo 7).
- Obligaciones con respecto a la documentación (artículo 9).
- Información a las autoridades competentes (artículo 10).
- Consulta, información y formación a los trabajadores (artículos 11 y 12).

Referencias normativas sobre vigilancia de la salud

La vigilancia de la salud debe llevarse a cabo (Real Decreto 665/1997, art. 8):

- Antes del inicio de la exposición.
- A intervalos regulares, con la periodicidad que los acontecimientos médicos aconsejen.
- Cuando sea necesario por haberse detectado en algún trabajador de la empresa, con exposición similar, algún trastorno que pueda deberse a la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos.





Formación

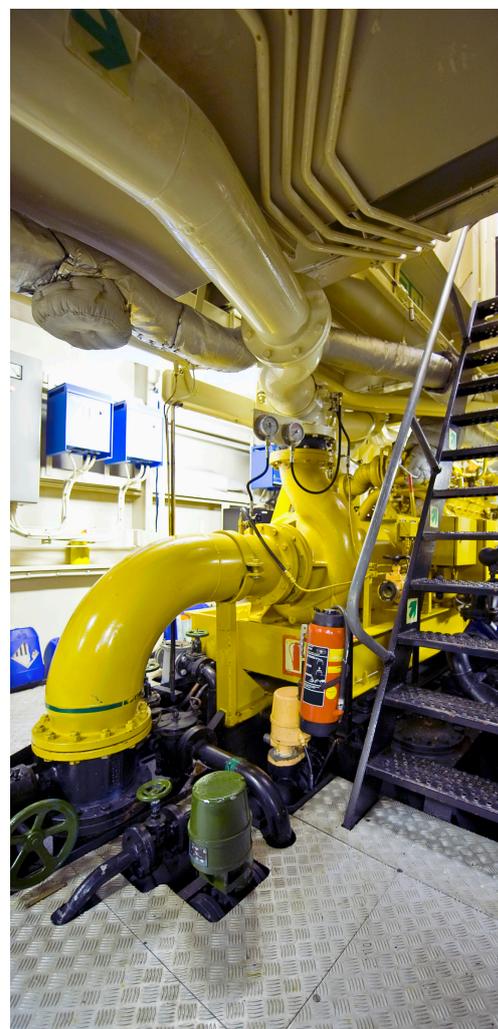
La formación de los trabajadores que manejan equipos o vehículos diésel cobra especial importancia ya que las emisiones dependerán mucho de las condiciones en que se utilicen los motores.

La formación en habilidades de conducción encaminadas a la eficiencia puede reducir mucho las emisiones y también el desgaste del motor, el consumo de combustible y las necesidades de mantenimiento.

También es importante la formación que capacite para detectar problemas de mantenimiento del motor, uso efectivo de las cabinas cerradas y uso y mantenimiento de tecnologías de control de emisiones.

Referencias

- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo. Boletín Oficial del Estado, nº 255 (24-05-1997). Modificado por el Real Decreto 427/2021, de 15 de junio.
- Directiva (UE) 2019/130 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de enero de 2019, por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo.
- AESST. (2018). Preventing exposure to diesel engine emissions and other exhaust gases during car inspection. In CARMIF (Ed.).
- Bugarski, A. D., Janisko, S. J., Cauda, E. G., Noll, J. D., & Mischler, S. E. (2011). Diesel Aerosols and Gases in Underground Mines: Guide to Exposure Assessment and Control: CDC - NIOSH.
- Center, O. C. R. (2017). Controlling diesel particulate matter in construction.





- Hesterberg, T. W., Long, C. M., Sax, S. N., Lapin, C. A., McClellan, R. O., Bunn, W. B., et al. (2011). Particulate Matter in New Technology Diesel Exhaust (NTDE) is Quantitatively and Qualitatively Very Different from that Found in Traditional Diesel Exhaust (TDE). <http://dx.doi.org/10.1080/10473289.2011.599277>.
- HSE. (2012). Control of diesel engine exhaust emissions in the workplace.
- IARC. (2013). Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes.
- INS. (2018). Nota informativa sobre las actuaciones 2014-2017 en relación a la evaluación, mediante muestreo y análisis, del riesgo por exposición a humos de escape diésel en actividades extractivas de interior. In S. g. d. m-. MITECO (Ed.).
- Kittelson, D. B., Watts, W. F., Johnson, J. P., Thorne, C., Higham, C., Payne, M., et al. (2008). Effect of Fuel and Lube Oil Sulfur on the Performance of a Diesel Exhaust Gas Continuously Regenerating Trap.
- Pronk, A., Coble, J., & Stewart, P. A. (2009). Occupational exposure to diesel engine exhaust: A literature review. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 19(5), 443-457.
- Sydbom, A., Blomberg, A., Parnia, S., Stenfors, N., Sandstrom, T., & Dahlen, S. E. (2001). Health effects of diesel exhaust emissions. *European Respiratory Journal*, 17(4), 733-746.
- Tharr, D. (1992). Case Studies: Evaluation of Techniques for Reducing Diesel Forklift Emissions. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 7(1), 17-18.

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Hipervínculos:

El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.



Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://cpage.mpr.gob.es>

Catálogo de publicaciones del INSST:
<http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>



NIPO (en línea): 118-21-035-1
NIPO (en papel): 118-21-034-6
Depósito Legal: M-24338-2021