



Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina

DHHS (NIOSH) publicación N.º 96-118

diciembre de 1996

¡ADVERTENCIA! No use herramientas y equipos con motores de gasolina dentro de edificios u otros espacios parcialmente cerrados, a menos que el motor de gasolina pueda colocarse al aire libre y esté alejado de las entradas de aire.

Prólogo

Esta ALERTA es el producto conjunto de un esfuerzo combinado entre las siguientes entidades:

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacionales (NIOSH, por sus siglas en inglés)
- El Departamento de Salud Pública y Ambiente de Colorado (The Colorado Department of Public Health and Environment, CDPHE)
- La Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor de los Estados Unidos (Consumer Product Safety Commission, CPSC)
- La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration, OSHA)
- La Agencia de Protección Ambiental (U.S. Environmental Protection Agency, EPA)

Cada una de estas entidades juega un papel exclusivo en proteger a los trabajadores, a los consumidores o al público en general de los peligros relacionados con la seguridad y la salud. Debido al interés que tienen en común de prevenir los envenenamientos con monóxido de carbono (CO) que resultan del uso ampliamente difundido de emplear herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina en espacios cerrados o confinados, las entidades han decidido aunar esfuerzos a fin de producir un documento conjunto que responda a este problema y provea recomendaciones para la prevención. Tal esfuerzo combinado evita la duplicación y confusión originadas en múltiples documentos y fomenta el uso eficiente de los recursos del gobierno.

Reconocimientos

Entre los contribuyentes principales al desarrollo de esta ALERTA conjunta están:

- Janet J. Ehlers, Jane B. McCammon, Dennis O'Brien, G. Scott Earnest, R. Leroy Mickelsen, Mary L. Woebkenberg y Jerome P. Flesch (NIOSH)
- Allison Hawkes y Lyle McKenzie (CDPHE)
- Elizabeth Leland (CPSC)
- Edward Stein (OSHA)
- Richard Leukroth y John Girman (EPA)

Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina

Cientos de personas que realizan muchas labores diferentes se han envenenado debido a que las herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina produjeron concentraciones peligrosas de monóxido de carbono (CO) aun en edificios relativamente abiertos:

- En diciembre de 1992, el propietario de una granja encontró a su hijo de 12 años inconsciente cerca de la puerta del edificio de una marranera (un establo dedicado a la cría de cerdos) en Iowa. El muchacho había estado trabajando solo en la limpieza del edificio por una media hora usando una máquina de lavar a presión con motor de gasolina de 11 caballos de fuerza.
- En enero de 1993, un propietario de una granja en Iowa de 33 años de edad murió de envenenamiento con monóxido de carbono mientras usaba una máquina de lavar a presión con motor de gasolina de 11 caballos de fuerza para limpiar un establo dedicado a la cría de cerdos. Había trabajado una media hora antes de ser abatido.
- En enero de 1993, un pulidor de paredes de tipo “drywall” de 60 años de edad en Colorado se desplomó y se cayó del andamio en el que estaba parado. Estaba usando un compresor pequeño con motor de gasolina para aplicar una superficie texturizada a un cielo raso a gran altura en una casa. Aunque aterrizó en un balcón más abajo, escapando de resultar con lesiones más graves, estaba confundido y no podía identificar una ruta de escape del edificio. Fue rescatado por los compañeros de trabajo que lo vieron haciendo señas para pedir ayuda en la puerta del patio.
- En febrero de 1993, un plomero de 30 años en Colorado resultó con dolor de cabeza agudo y mareos y comenzó a exhibir comportamientos paranoicos que más tarde se diagnosticaron como envenenamiento por CO. Había trabajado por 2 ó 3 horas usando una máquina de cortar concreto con motor de gasolina para obtener acceso a las tuberías en el sótano. Él y su supervisor habían anticipado problemas potenciales relacionados con las descargas del escape de este equipo y habían establecido lo que ellos consideraban que era ventilación adecuada (abrieron puertas y ventanas y colocaron ventiladores de enfriamiento cerca de la máquina cortadora y más adelante en el pasillo).
- En junio de 1994, cinco trabajadores en Washington, D.C., que estaban experimentando síntomas de mareos, confusión, dolores de cabeza y nerviosidad, recibieron tratamiento por envenenamiento de CO después de usar máquinas de lavar a presión con motor de gasolina de 8 caballos de fuerza por 4 horas en un estacionamiento subterráneo desocupado sin suficiente ventilación. Cuando uno de los cinco trabajadores se desplomó en el sitio de trabajo, los compañeros de trabajo lo sacaron al aire libre, permanecieron con él un corto tiempo y luego, no estando al tanto del riesgo, volvieron a entrar al lugar de trabajo peligroso. Solamente después de desplomarse un segundo trabajador, reconocieron los otros trabajadores el riesgo, desalojaron el entorno y buscaron ayuda.
- En octubre de 1994, un empleado municipal de 37 años de edad en las instalaciones cubiertas de una planta de tratamiento de agua en Colorado se desmayó mientras trataba de salir de un salón de 1,671 metros cúbicos (59,000 pies cúbicos) donde había estado trabajando durante 4 horas con una bomba de agua equipada con un motor de gasolina de 8 caballos de fuerza.
- En diciembre de 1994, un propietario y operador de 59 años de edad de una empresa de instalaciones de pisos en Colorado experimentó dolor de cabeza y mareos después de trabajar por 21 ó 22 horas en la caja de la escalera de un edificio donde se había albergado un generador equipado con motor de gasolina que suministraba energía al sitio de la construcción. Abandonó el edificio y descansó en su carro. Al regresar a la caja de la escalera, se desplomó en una crisis de Gran Mal relacionada con envenenamiento por CO.

Estos son ejemplos de las muchas situaciones en las que las personas han resultado envenenadas debido a que no reconocieron el peligro de usar motores de gasolina en interiores. Estos envenenamientos pueden ocurrir rápidamente, aun en presencia de lo que muchos consideran “ventilación adecuada” y en áreas que muchos definirían como espacios abiertos, como por ejemplo garajes de estacionamiento.

Efectos sobre la salud

El CO es un veneno letal que se produce cuando se queman combustibles como la gasolina. Es uno de los muchos químicos que se encuentran en las descargas del escape de los motores y puede acumularse rápidamente aun en áreas que parecen disponer de buena ventilación. Debido a que el CO no tiene color ni sabor y no es irritante, puede abatir a la persona expuesta sin aviso. Produce debilidad y confusión, privando de esta manera a la persona de la habilidad de buscar ayuda.

El CO envenena principalmente al adherirse estrechamente a la hemoglobina en la sangre (formando carboxihemoglobina), reemplazando el oxígeno y reduciendo la capacidad de la sangre de transportar oxígeno. El CO también puede envenenar al unirse a tejidos y células del cuerpo humano e interferir con sus funciones normales. Las personas con enfermedades pre-existentes del corazón corren un riesgo más elevado. En el caso de las mujeres embarazadas, los bebés por nacer también corren un gran riesgo, especialmente cuando las madres están expuestas a niveles elevados de CO. A veces es difícil

reconocer las señales tempranas de envenenamiento con CO debido a que los síntomas tempranos de la exposición al CO (dolores de cabeza, mareos y náusea) no son específicos y pueden ser tomados equivocadamente como síntomas de otras enfermedades como resfriados, la gripe o envenenamiento con alimentos. La confusión y la debilidad pueden inhibir la capacidad de una persona de escapar de una situación de peligro.

Tres factores ejercen influencia sobre la severidad de los síntomas de la exposición al CO: (1) la concentración de CO en el ambiente; (2) la duración de la exposición, y (3) la carga de trabajo y frecuencia respiratoria. En general, suponiendo que los usuarios de los equipos con motor de gasolina estén ocupados al menos en un nivel moderado de actividad, la exposición a concentraciones de CO de 80 a 100 partes por millón (ppm) durante un período de tiempo de 1 a 2 horas puede resultar en tolerancia disminuida al ejercicio y, en las personas que corren riesgo, puede resultar en dolor de pecho y causar latidos cardíacos irregulares [EPA 1991a]. Entre los síntomas asociados con concentraciones de exposición al CO de 100 a 200 ppm están el dolor de cabeza, náuseas y deficiencia mental. Otros efectos sobre el sistema nervioso central más graves, el coma y la muerte, están asociados con concentraciones de exposición al CO de 700 ppm o más altas durante una hora o más [Ilano and Raffin 1990; Forbes et al. 1945]. Entre los síntomas de los efectos sobre el sistema nervioso central están tambalearse, confusión, cambios en la personalidad y dolores musculares. Estos síntomas pueden seguir presentándose varios días y hasta varias semanas después de terminar la exposición y la recuperación aparente de la persona envenenada. Las víctimas de envenenamiento con CO deben ser retiradas inmediatamente del sitio de la exposición y se les debe dar a inhalar 100% de oxígeno. Las cámaras hiperbáricas proveen oxígeno bajo presión y a veces son necesarias en caso de envenenamiento grave con CO.

Normas actuales y guías generales recomendadas

Las organizaciones fijan normas o hacen recomendaciones con respecto a la exposición a sustancias peligrosas según supuestos inherentes a sus actividades de vigilancia o autoridad reglamentarias. Las diferencias en los valores indicados reflejan variaciones en el lugar, la duración, las características de la población o el uso propuesto.

Lugar de trabajo / Industria

El límite de exposición permisible (PEL en inglés) actual de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA) para el CO es de 50 ppm como un promedio ponderado de tiempo de 8 horas (TWA en inglés) [29 CFR 1910.1000*]. El límite de exposición recomendada (REL en inglés) de NIOSH para el CO es de 35 ppm como un TWA de 8 horas y un límite máximo (CL en inglés) de 200 ppm [NIOSH 1992]. La concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud (IDLH) que recomienda NIOSH para el CO es de 1,200 ppm. IDLH es la concentración que podría provocar la muerte o efectos irreversibles sobre la salud, o que podría impedir que una persona se salga del ambiente contaminado en 30 minutos. La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ha adoptado un valor límite umbral (TVL en inglés) para el CO de 25 ppm como un TWA de 8 horas [ACGIH 1992a].

** Código de Disposiciones Federales. Ver CFR en las referencias.

Fijaciones de aire ambiental y residencial

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) ha establecido una norma federal para la calidad de aire ambiental (al aire libre) con respecto al CO de 9 ppm para una exposición de 8 horas y de 25 ppm para una exposición a corto plazo (1 hora) [EPA 1991a]. El personal de la Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor de los Estados Unidos (CPSC, por sus siglas en inglés) recomienda que las exposiciones al CO a largo plazo en ambientes interiores se limite a menos de 15 ppm como un TWA de 8 horas y a 25 ppm por 1 hora, pero las recomendaciones específicas de productos para el CO pueden variar dependiendo de los patrones de uso esperados y de la exposición.

Datos de resumen sobre los envenenamientos con CO

Probablemente las enfermedades relacionadas con CO se subestiman debido a que los trabajadores con síntomas leves pueden no recibir tratamiento o los proveedores médicos pueden no reconocer sus síntomas como envenenamiento con CO. Además, las personas pueden no reconocer la causa de sus síntomas, a menos que los compañeros de trabajo y otras personas se enfermen al mismo tiempo.

Dos encuestas que evalúan las opiniones, conocimientos y percepciones del riesgo de la gente en relación con el CO sugieren que muchas personas no están al tanto de los peligros asociados con el CO. En 1993, NIOSH evaluó las percepciones de

riesgo de las víctimas de inundaciones en relación con el envenenamiento por CO debido al uso de equipos con motores pequeños de gasolina (por ejemplo, máquinas de lavar a presión con motor de gasolina utilizadas en interiores para limpiar escombros de inundaciones) [Greife et al. 1995]. Muchas de las 416 personas que respondieron (el 26%) creían equivocadamente que con sólo disponer de una ventana abierta, el uso de un motor de gasolina en interiores no sería peligroso. La mayoría de los que respondieron (54%) y el 92% de los que respondieron con edades entre los 12 y 20 años de edad, creían equivocadamente que era seguro operar equipos con motores de gasolina en interiores con ventanas y puertas abiertas y un ventilador extractor funcionando. En una segunda encuesta, durante las investigaciones de seguimiento de envenenamientos no deliverados con CO en ambientes residenciales en Connecticut entre noviembre de 1993 y marzo de 1994, los investigadores entrevistaron a 36 víctimas o a sus representantes adultos [CDC 1995b]. Muchas de las víctimas de envenenamiento con CO (envenenamiento que estaba relacionado con sistemas de calefacción, aparatos de gas y chimeneas) seguían demostrando una falta de conocimiento sobre las estrategias de prevención. Cuando se les pidió una lista de métodos de prevención, el 14% no pudo enumerar ningún método, el 44% seleccionó el mantenimiento adecuado de equipos domésticos, el 39% seleccionó el uso de un detector de CO y el 14% seleccionó la ventilación adecuada.

Los informes de un número de fuentes muestran que el envenenamiento con CO debido al uso de herramientas con motor de gasolina en interiores ocurre con frecuencia:

- **Enfermeras de Salud Ocupacional en Comunidades Agrícolas (OHNAC, por sus siglas en inglés):** El Programa de Vigilancia (OHNAC) patrocinado por NIOSH identificó 18 casos de envenenamiento con CO relacionados con el uso de motores pequeños; 17 casos ocurridos en menos de 3 años [CDC 1993; Ehlers 1994]. Aunque únicamente un caso resultó en fallecimiento, al menos tres casos pudieron haber sido mortales si no hubieran sido encontradas las víctimas por compañeros de trabajo o miembros de la familia, retiradas del ambiente de peligro y puestas bajo cuidado médico. Al menos cuatro fueron abatidos aproximadamente en media hora. Las personas que estaban trabajando en entornos abiertos (por ejemplo, puertas y ventanas abiertas y ventiladores extractores en funcionamiento) comenzaron a presentar síntomas en períodos de tan sólo 1 hora de trabajo continuo y de hasta de 7 horas de exposición intermitente. Todas las personas entrevistadas informaron sobre no estar al tanto de que podían envenenarse en un corto período de tiempo y que el CO podía alcanzar niveles peligrosos dentro de los edificios con ventanas y puertas abiertas. Varias víctimas, aunque parecían obviamente confusas y enfermas a los miembros de la familia en el lugar de trabajo, no estaban conscientes de su condición de deficiencia y buscaron ayuda médica únicamente ante la insistencia de los miembros de la familia. Siete de los 18 incidentes ocurrieron entre los granjeros de Iowa que usaron máquinas de lavar a presión para limpiar recintos de animales entre enero de 1992 y marzo de 1994. De los otros 11 casos, 7 ocurrieron mientras usaban máquinas de lavar a presión para limpiar recintos de animales en otros lugares o en distintos años, y 4 ocurrieron mientras usaban máquinas de lavar a presión con motor de gasolina o sierras para cortar concreto en la limpieza de escombros después de inundaciones.
- **Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente de Colorado (CDPHE, por sus siglas en inglés):** En Colorado, el 40% (135) de todos los envenenamientos por CO relacionados con el trabajo sobre los cuales se informó a CDPHE desde 1985 han estado relacionados con el uso de equipos con motor de gasolina [CDPHE 1996]. Otras fuentes de exposición asociadas con los envenenamientos ocupacionales sobre los cuales se informó en Colorado incluyen el escape de automóviles (25% de los envenenamientos) y los hornos (12%). Diecisiete de los 135 trabajadores envenenados por equipos con motor de gasolina se desmayaron durante la exposición a las emisiones, y 2 trabajadores murieron. Los 135 envenenamientos fueron causados principalmente por sierras de cortar concreto (28 trabajadores), por trullas motorizadas (15 trabajadores), por máquinas de lavar de alta presión (14 trabajadores), por compresores (10 trabajadores), por equipos de soldadura (9 trabajadores) y por pulidoras de pisos (9 trabajadores). Entre otros equipos causantes de envenenamientos se incluían perforadoras, bombas, máquinas de limpieza de alfombras y rociadores de pintura. La información sobre dónde estaban usando los equipos con motor de gasolina los 135 trabajadores envenenados se encontraba disponible en 115 casos; 110 (96%) de estos 115 envenenamientos sucedieron en interiores.
- **George Washington University (GWU, por sus siglas en inglés):** Siete envenenamientos de trabajadores relacionados con las emisiones de herramientas con motor de gasolina utilizadas en interiores también han sido identificadas por el Proyecto de Vigilancia del Departamento de Emergencias (Emergency Department Surveillance Project) de GWU. Cinco de estos envenenamientos ocurrieron en junio de 1994 y se analizaron anteriormente (los trabajadores que estaban usando una máquina de lavar a presión en un garaje de estacionamiento subterráneo desocupado) [CDC 1995a]. Dos trabajadores más se envenenaron mientras usaban sierras equipadas con motores de gasolina.
- **California:** Un estudio de todos los certificados de fallecimiento en el estado de California durante el período de 10 años transcurrido entre 1979 a 1988 mostró 444 muertes debido a envenenamiento no deliverado con monóxido de carbono [CDHS 1993]. De estas muertes, 23 (5%) fueron causadas por el escape de motores pequeños.
- **Cálculos nacionales:** No hay una base de datos completa en los Estados Unidos en relación con este problema. De acuerdo a la Oficina de Estadísticas de Trabajo de los Estados Unidos (U.S. Bureau of Labor Statistics o BLS. en inglés).

había cerca de 900 envenenamientos por CO relacionados con el trabajo que resultaron en muerte o enfermedad en la industria privada en los Estados Unidos en 1992 (32 muertes y 867 envenenamientos no mortales) [BLS 1992a,b]. La Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor de los Estados Unidos (CPSC, por sus siglas en inglés) calcula que en 1992 (el año más reciente para el cual se encuentran disponibles datos de mortalidad), hubo 212 muertes causadas por el CO asociadas con el uso de equipos de uso doméstico que queman combustible. Se informó que trece de estas muertes tenían que ver con la utilización de equipos con motor de gasolina [NCHS/CPSC 1992]. En 1994 (el último año para el cual se encuentran disponibles datos sobre lesiones), CPSC calcula que sucedieron 3,900 siniestros relacionados con lesiones causadas por el CO en las que un promedio de dos a tres personas por incidente recibió tratamiento en salas de emergencia de hospitales. De estos 3,900 siniestros, aproximadamente 400 incidentes se asociaron con el uso de equipos con motor de gasolina [CPSC 1994].

Mediciones ambientales y modelado de acumulaciones rápidas de CO documentadas

Tres de los grupos mencionados anteriormente midieron las concentraciones de CO después de los siniestros de envenenamiento con CO en las mismas situaciones o en situaciones similares a fin de calcular qué tan rápidamente se generaban las concentraciones peligrosas de CO. Un cuarto grupo modeló el tiempo necesario para alcanzar concentraciones peligrosas de CO.

- **OHNAC:** NIOSH midió la producción de CO de una máquina de lavar a presión con motor de gasolina que tenía un motor de 5.5 caballos de fuerza bajo condiciones ambientales comparables a las experimentadas por los granjeros que estaban usando máquinas de lavar a presión descritas en este informe [Venable et al. 1995]. Se hizo funcionar una máquina de lavar a presión con motor de gasolina de 5.5 caballos de fuerza dentro de un garaje para dos carros de 236 metros cúbicos (8,360 pies cúbicos) usando dos escenarios de ventilación. En el primer escenario, o el “peor caso”, estaban cerradas todas las puertas, ventanas y aberturas de ventilación. Las concentraciones de CO en la zona de respiración alcanzaron 200 ppm a los 5 minutos, 1,200 ppm (valor IDLH) a los 15 minutos y 1,500 a los 19 minutos; y continuaron aumentando a partir de entonces. En segunda instancia, o el escenario del “mejor caso”, se dejaron abiertas las puertas del garaje para dos carros y una ventana y se dejó sin cerrar la abertura de ventilación; las concentraciones de CO en la zona de respiración alcanzaron 200 ppm a los 3 minutos y llegaron al máximo de 658 ppm a los 12 minutos. Los resultados de las simulaciones indican que pueden generarse rápidamente concentraciones altamente tóxicas de CO de más de 200 ppm (el máximo de NIOSH) a los 3 a 5 minutos cerca de una máquina de lavar a presión operada en interiores (aun cuando se provea ventilación pasiva), y pueden generarse rápidamente concentraciones de IDLH de 1,200 ppm en espacios cerrados.
- **CDPHE:** CDPHE midió o recreó exposiciones en cuatro envenenamientos relacionados con el uso de herramientas con motor de gasolina en interiores [CDPHE 1996]. Primero, CDPHE intentó calcular la exposición al CO del texturizador de paredes de tipo “drywall” del cual se habló antes al tomar muestras de aire en el sitio de otra construcción donde él estaba haciendo un trabajo similar. El día en que se tomó la muestra de aire, se colocó el compresor con motor de gasolina afuera, junto a la puerta del garaje. Debido a la manera como se diseñó el equipo y a la orientación que se le dio, el escape del motor en el compresor pasaba directamente al interior de la casa cuando estaba abierta la puerta del garaje. Como es común en este tipo de operación, todas las ventanas y puertas exteriores en la casa se habían cerrado y sellado con cinta y papel para proteger las superficies del material de texturización y para mantener las condiciones adecuadas de secado. La concentración de CO en el tubo de escape del motor del compresor era considerablemente superior a 1,000 ppm (éste era límite máximo del equipo de prueba). En los primeros 20 minutos de la operación, se midieron concentraciones de CO de hasta 410 ppm en el sótano de la casa, y concentraciones hasta de 322 ppm donde estaba parado el trabajador. CDPHE le pidió al trabajador que abriera las ventanas y las puertas exteriores en el piso superior de la vivienda de tipo “duplex” por la preocupación que causaba esta concentración de exposición. Las concentraciones de CO dentro de la casa bajaron aproximadamente 30 ppm al hacerlo, pero ésta no es la forma en que usualmente se realiza el proceso. En respuesta al segundo incidente (otro envenenamiento por CO relacionado con el uso de una máquina de lavar a presión de 8 caballos de fuerza en un cuarto de 849 metros cúbicos [30,000 pies cúbicos] de un proyecto de construcción municipal), CDPHE pidió que se hiciera funcionar la misma máquina de lavar a presión en el mismo cuarto unos cuantos días después. No había ventilación mecánica en este cuarto debido a que la instalación no estaba funcionando todavía. Se colocó la máquina de lavar a presión aproximadamente a 4 metros (15 pies) de una esquina del cuarto (el mismo lugar donde el trabajador la había colocado el día en que ocurrió el envenenamiento). El motor era una parte integral de la máquina de lavar a presión. Una vez más, la concentración de CO en el tubo de escape del motor estaba por encima de 1,000 ppm, la concentración más alta que CDPHE podía medir en ese momento. CDPHE midió concentraciones de CO hasta de 450 ppm en varios puntos del cuarto a los 20 minutos de activación del

motor de la máquina de lavar a presión, y midió concentraciones hasta de 546 ppm aproximadamente 50 minutos después de activar el motor de la máquina. Entonces se terminó la prueba.

En un tercer incidente, CDPHE pidió a los administradores de la planta cubierta de tratamiento de aguas municipales que recrearan la situación de exposición que encontró el trabajador mencionado antes cuando estaba usando una bomba de 8 caballos de fuerza en el cuarto de 1671 metros cúbicos, 14 x 27 x 4 metros (59,000 pies cúbicos, 48 x 88 x 14 pies). Este cuarto estaba cerrado sólo parcialmente de manera que los empleados podían observar las operaciones en el cuarto desde el nivel superior. El aire exterior se introducía en el área a través de un sistema de calefacción por aire a presión que estaba funcionando el día en que sucedió el envenenamiento y el día en que se tomaron las muestras de aire. Asimismo, en ambos días estaban abiertas las puertas exteriores de la planta de tratamiento. Diez minutos después de encenderse el motor de la bomba, se midieron concentraciones de CO hasta de 395 ppm a unos 2 metros (7 pies) de la bomba, cerca del lugar donde el empleado estaba parado la mayor parte del tiempo el día en que sucedió el envenenamiento. Las concentraciones de CO a unos 7 metros (25 pies) de la bomba de agua se elevaron hasta 193 ppm durante los 20 minutos en que duró la prueba. El personal de CDPHE regresó al cuarto 1 hora después de que se detuvo la bomba de agua y midió 40 ppm de CO.

Finalmente, en enero de 1996, dos trabajadores de Colorado resultaron envenenados como consecuencia de manejar una máquina para cortar concreto con motor de gasolina de 5 caballos de fuerza (de tipo "walk behind") durante un proyecto de remodelación. La máquina tenía 3 años de uso y se utilizaba dos o tres veces al año. Los trabajadores operaron la sierra durante una hora y media dentro de lo que anteriormente eran dos baños (se había retirado la pared divisoria y el volumen del cuarto era de unos 66 metros cúbicos (2,332 pies cúbicos). Los trabajadores estaban cortando un agujero en el piso para obtener acceso a las tuberías por debajo del piso. Las dos puertas del cuarto estaban abiertas y el sistema de ventilación del baño estaba funcionando cuando sucedieron estos envenenamientos. El día después de que sucedieron los envenenamientos, se continuó el trabajo en este baño con dos diferencias: Esta vez se usó un ventilador de enfriamiento en un esfuerzo por mejorar la salida del CO del cuarto, y se operó la sierra por períodos de tiempo más cortos (los períodos de operación no estaban claramente definidos pero se creía que eran de 15 a 30 minutos). El personal de CDPHE recreó las condiciones de operación del segundo día a fin de medir las concentraciones de CO en el cuarto. El límite máximo de NIOSH de 200 ppm se excedió al primer minuto de operación. A los 5 minutos de operación, la concentración de CO dentro del cuarto alcanzó 842 ppm, y al llegar a este punto, se descontinuó la demostración (véase la [Figura 1](#)).

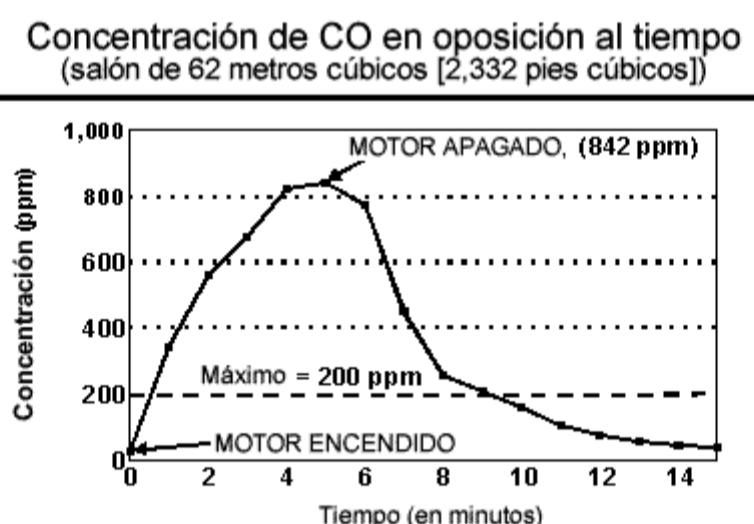


Figura 1. Concentraciones reales de CO medidas dentro de un baño de 66 metros cúbicos (2,332 pies cúbicos) en el que estaba funcionando una sierra de cortar concreto equipada con motor de gasolina, de 5 caballos de fuerza (con puertas abiertas y ventilador de enfriamiento y ventilación funcionando).

- **GWU:** En el siniestro de envenenamiento en el que cinco trabajadores estaban usando máquinas de lavar a presión en un garaje subterráneo, el departamento de bomberos midió concentraciones de CO de 648 ppm 1 hora después de haber apagado las máquinas de lavar a presión (las máquinas habían estado funcionando durante 3 horas).
- **NIOSH:** Los ingenieros de NIOSH modelaron el tiempo requerido para que un motor de gasolina de 4 ciclos y 5 caballos de fuerza alcanzara la concentración de CO (máxima permitida) de 200 ppm y 1,200 ppm de IDLH para cuartos con tamaños de 28 a 2,832 metros cúbicos (1,000 a 100,000 pies cúbicos) y promedios generales de ventilación de 1 a 20 cambios de aire por hora [ACGIH 1992b]. El promedio de producción de CO usado en el modelo era de 670 gramos/caballos de fuerza-hora basándose en datos obtenidos de un estudio de la EPA (Environmental Protection Agency) de 1991 [EPA 1991b]. Se supuso que la mezcla era la ideal. Bajo condiciones reales, si la mezcla fuera deficiente, podrían presentarse concentraciones peligrosas más rápidamente. En un cuarto pequeño de 28 metros cúbicos (1,000 pies cúbicos), se alcanzó la concentración de 200 ppm en el cielo raso aproximadamente en 0.1 de minuto, y el IDLH se alcanzó en menos de 1 minuto en todas las magnitudes de flujo de aire. En el cuarto mediano de 283 metros cúbicos

(10,000 pies cúbicos), se alcanzó el IDLH aproximadamente en 7 minutos por 1 cambio de aire y aproximadamente en 10 minutos por 5 cambios de aire. Estos modelos demuestran que para los cuartos hasta de 283 metros cúbicos (10,000 pies cúbicos), el límite máximo de NIOSH de 200 ppm se excedió en menos de 2 minutos, aun con promedios de ventilación general hasta de 20 cambios de aire por hora. En ningún caso sería posible hacer funcionar un motor durante 8 horas sin exceder el REL de NIOSH de 35 ppm. (véanse las [Figuras 2 a 4](#)).

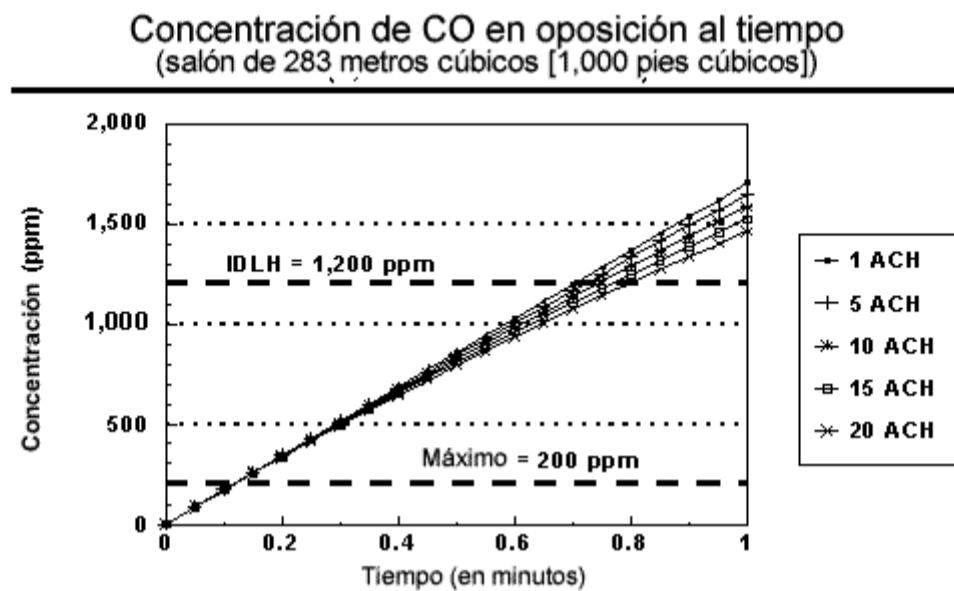


Figura 2. Concentraciones de CO calculadas que genera un motor de gasolina de 4 ciclos y 5 caballos de fuerza en un salón de 283 metros cúbicos (1.000 pies cúbicos) con varios cambios de aire por hora.

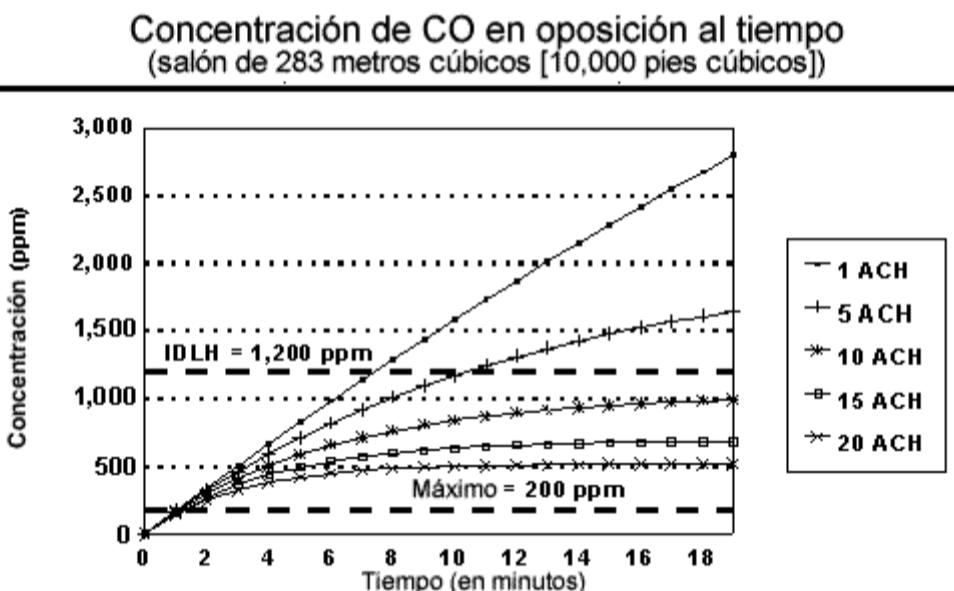


Figura 3. Concentraciones de CO calculadas que genera un motor de gasolina de 4 ciclos y 5 caballos de fuerza en un salón de 283 metros cúbicos (10,000 pies cúbicos) con varios cambios de aire por hora.

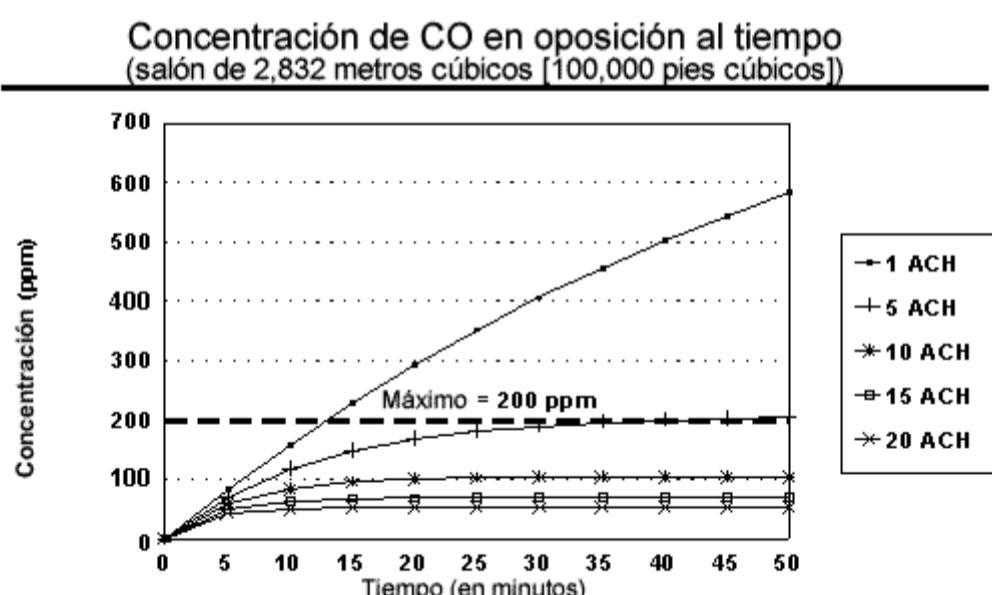


Figura 4. Concentraciones de CO calculadas que genera un motor de gasolina de 4 ciclos y 5 caballos de fuerza en un salón de 283 metros cúbicos (100,000 pies cúbicos) con varios cambios de aire por hora.

Recomendaciones

No es del conocimiento general que las herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina representan un riesgo grave para la salud. Estos aparatos producen concentraciones elevadas de monóxido de carbono, un gas venenoso que causa enfermedad, daño neurológico permanente y muerte. Debido a que el CO no tiene color ni olor y no es irritante, puede abatir a la persona expuesta sin aviso. A menudo el tiempo que transcurre antes de que se presenten los síntomas es corto; por lo tanto, se inhibe la capacidad de las personas de buscar protección. El haber usado anteriormente el equipo sin que ocurriera

caso, se minimiza la capacidad de las personas de detectar problemas. El hacer uso de dichos equipos sin que ocurriera ningún siniestro, les da a las personas un falso sentido de seguridad; por lo que tales usuarios resultan envenenados en ocasiones subsiguientes. A continuación se dan recomendaciones para empleadores, usuarios de equipos, empresas de alquiler de herramientas y fabricantes de herramientas sobre cómo prevenir el envenenamiento con CO.

Todos los empleadores y usuarios de equipos deben hacer lo siguiente:

- NO permitir el uso u operación de herramientas o equipos con motores de gasolina dentro de edificios o áreas parcialmente cerradas, a menos que se puedan localizar los motores de gasolina afuera y estén alejados de las entradas de aire. El uso de herramientas con motor de gasolina en interiores donde puede acumularse el CO del motor puede ser mortal. Una excepción a esta regla podría ser una situación de rescate de emergencia en la que no se cuente con otras opciones; tal excepción debería elegirse únicamente cuando se provean máscaras respiratorias con suministro de aire a los operadores de equipos, al personal de asistencia y a la víctima.
- Aprender a reconocer las señales y síntomas de la exposición excesiva al CO: dolor de cabeza, náusea, debilidad, mareos, alteraciones visuales, cambios en la personalidad y pérdida de la conciencia. Cualquiera de estos síntomas y señales puede ocurrir a los pocos minutos de haberse encendido el equipo.
- Colocar siempre la bomba y el motor de las máquinas de lavar a alta presión al aire libre y lejos de las entradas de aire de manera que el escape del motor no sea devuelto al interior donde se esté realizando el trabajo. Lleve al interior únicamente la línea de lavado de alta presión.
- Considerar el uso de herramientas con motor eléctrico o de aire comprimido si se encuentran disponibles y pueden ser utilizadas de manera segura. Por ejemplo, las herramientas eléctricas presentan un riesgo de electrocución y requieren precauciones específicas en cuanto a la seguridad.
- Si se utilizan herramientas de aire comprimido, colocar el compresor con motor de gasolina al aire libre y lejos de las entradas de aire de manera que el escape del motor no sea devuelto al interior donde se esté realizando el trabajo.
- Utilizar monitores personales de CO donde puedan existir fuentes potenciales de CO. Estos monitores deben estar equipados con alarmas audibles para avisar a los trabajadores cuando las concentraciones de CO sean demasiado altas. En el anexo se puede hallar más información sobre los monitores de CO.

Los empleadores también deben hacer lo siguiente:

- Conducir una encuesta en el lugar de trabajo para identificar todas las fuentes potenciales de exposición al CO.
- Educar a los trabajadores sobre las fuentes y condiciones que puedan resultar en envenenamientos por CO como también los síntomas y el control de la exposición al CO.
- Siempre hacer substituciones por equipos menos peligrosos, cuando sea posible. Utilice equipos que permitan colocar el motor de gasolina al aire libre, a una distancia segura de la entrada de aire al edificio.
- Comprobar la exposición de los empleados al CO para determinar el alcance del peligro.

Los usuarios de equipos también deben hacer lo siguiente:

- Hacer substituciones por equipos menos peligrosos cada que sea posible. Utilice herramientas eléctricas o herramientas con motores que estén separados de las herramientas y que puedan localizarse afuera y lejos de las entradas de aire.
- Aprender a reconocer los síntomas de aviso de envenenamiento con CO.
- Si experimenta cualquier síntoma, apague inmediatamente el equipo y salga al aire libre o dirígase a un lugar que no contenga aire contaminado.
- Llamar al 911 o a otro número de emergencia local a fin de obtener atención o asistencia médica por si se presentan los síntomas. NO conduzca vehículos automotores. Consiga a alguien que lo transporte a una instalación de cuidados médicos.
- Mantenerse alejado del área de trabajo hasta que se haya desactivado la herramienta y las mediciones indiquen que las concentraciones de CO están por debajo de las guías generales y normas aceptadas.
- Observar a los compañeros de trabajo en busca de señales de toxicidad del CO.

Las empresas de alquiler de herramientas deben hacer lo siguiente:

- Colocar etiquetas de aviso en las herramientas con motor de gasolina. Por ejemplo:ADVERTENCIA: MONÓXIDO DE CARBONO PRODUCIDO DURANTE EL USO PUEDE CAUSAR LA MUERTE. NO USAR EN INTERIORES NI EN OTRAS ÁREAS ENCERRADAS.
- Informar a las personas que alquilan los equipos que NO deben usarlos en interiores y explique por qué.
- Recomendar herramientas más seguras para el uso que se intenta darles, si están disponibles.
- Tener monitores de CO portátiles con alarma sonora para alquilar y recomendar su uso.
- Proveer materiales educativos como esta página informativa a las personas que alquilan los equipos.

Los fabricantes de herramientas deben:

- Diseñar herramientas que puedan ser usadas con seguridad en interiores.
- Proveer etiquetas de aviso para los equipos nuevos o ya existentes con motor de gasolina. Por ejemplo:ADVERTENCIA: MONÓXIDO DE CARBONO PRODUCIDO DURANTE EL USO PUEDE CAUSAR LA MUERTE. NO USAR EN INTERIORES NI EN OTRAS ÁREAS ENCERRADAS.
- Proveer recomendaciones para el mantenimiento del equipo a fin de reducir las emisiones de CO.
- Recomendar el uso de monitores de CO portátiles con alarma sonora junto con equipos con motores pequeños de gasolina.

Distribución

NIOSH, CDPHE, CPSC, OSHA y EPA solicitan que la información en esta ALERTA se ponga en conocimiento de (1) todos los empleadores y trabajadores que usen herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina en sus trabajos y ocupaciones (por ejemplo, edificaciones, construcción, agricultura y operaciones de mantenimiento y limpieza), (2) empresas de alquiler de herramientas y vendedores y usuarios de equipos, (3) fabricantes de herramientas, y (4) editores de las publicaciones especializadas del ramo correspondientes.

Referencias

ACGIH [1992a]. 1992-1993 threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

ACGIH [1992b]. Industrial ventilation—a manual of recommended practice. 21st ed. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Committee on Industrial Ventilation, pp. 2-1 to 2-16.

BLS [1992a]. Census of fatal occupational injuries. Washington, DC: U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics. Unpublished data.

BLS [1992b]. Survey of occupational injuries and illnesses. Washington, DC: U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics. Unpublished data.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention) [1993]. Unintentional carbon monoxide poisoning from indoor use of pressure washers—Iowa, January 1992-January 1993. MMWR 42(40):777-779, 785.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention) [1995a]. Carbon monoxide poisoning from use of gasoline-fueled powered washers in an underground parking garage—District of Columbia, 1994. MMWR 44(18):356-357, 363-364.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention) [1995b]. Unintentional carbon monoxide poisonings in residential settings—Connecticut, November 1993-March 1994. MMWR 44(41):765-767.

CDHS [1993]. Causes of unintentional deaths from carbon monoxide poisonings in California. Sacramento, CA: California Health Services Department.

CDPHE [1996]. Occupational carbon monoxide poisonings in Colorado. Denver, CO: Colorado Department of Public Health and Environment. Unpublished data.

CFR. Code of Federal regulations. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Office of the Federal Register.

CPSC [1994]. National electronic injury surveillance system. Washington, DC: Consumer Product Safety Commission.

Ehlers J [1994]. Carbon monoxide poisoning among Iowa farmers while using gasoline-powered washers—a case series. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. Unpublished report.

EPA [1991a]. Air quality criteria for carbon monoxide. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Publication No. EPA-600/8-90/045F.

EPA [1991b]. Nonroad engine and vehicle emission study-report. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Publication No. EPA 21A-2001.

Forbes WH, Sargent F, Foughton FJW [1945]. The rate of CO uptake by normal man. *Am J Physiol* 143:594-608.

Greife A, Goldenhar LM, Freund E, Stock A, Hornung R, Connon C, et al [1995]. Risk perception of carbon monoxide poisoning from gasoline-powered engines among midwest flood victims. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. Unpublished report.

Ilano A, Raffin T [1990]. Management of carbon monoxide poisoning. *Chest* 97:165-169.

NCHS/CPSC [1992]. Death certificate file. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics; and U.S. Consumer Product Safety Commission.

NIOSH [1992]. NIOSH recommendations for occupational safety and health: compendium of policy documents and statements. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 92-100.

Venable H, Wallingford K, Roberts D, Booher D [1995]. Simulated carbon monoxide exposure in an enclosed structure from a gasoline-powered pressure washer. *Appl Occup Environ Hyg* 10(7):581-584.

Apéndice

Monitores y detectores de monóxido de carbono

Se fabrican y se encuentran en el mercado detectores de monóxido de carbono (CO) de uso residencial y entornos industriales ocupacionales. Los detectores de uso residencial son dispositivos en los que sonará una alarma antes de que las concentraciones de CO lleguen a ser peligrosas. Existe una norma de rendimiento (UL 2034) de Underwriters Laboratories, Inc. para los detectores de CO residenciales. Los detectores disponibles en la actualidad en el mercado son de baterías, de enchufar o de conexión alámbrica. Algunos modelos ofrecen una pantalla de representación visual del número de partes por millón (ppm) de concentración de CO presente en la casa. Para recibir más información sobre los detectores de CO de uso residencial, llame a la línea directa de la Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor de los Estados Unidos (CPSC, por sus siglas en inglés) en el 1-800-638-2772.

Los detectores de CO de uso residencial no están diseñados para ser usados en entornos de trabajo típicos. Los requisitos de control en un entorno ocupacional son diferentes de los requisitos de control en la casa. En el sitio de trabajo, con frecuencia es necesario controlar la exposición de los trabajadores al monóxido de carbono en un turno entero de trabajo y determinar la concentración del promedio ponderado de tiempo de 8 horas (TWA en inglés) de la exposición. También puede ser necesario contar con monitores de monóxido de carbono que tengan la capacidad de disparar una alarma en el lugar de trabajo. Se puede detectar el CO en el lugar de trabajo mediante el uso de tubos detectores, etiquetas pasivas de lectura directa, tubos de dosímetro e instrumentos de lectura directa. Estas etiquetas, tubos e instrumentos funcionan basándose en una variedad de principios que incluyen reacciones colorimétricas, de potociometría, culombimetría, espectrometría, fluorescencia, conductividad termal y calor por combustión. Con frecuencia los instrumentos de lectura directa están equipados con alarmas auditivas o visuales (o ambas) y se pueden usar para vigilar la exposición personal y de áreas. Algunos

equipados con alarmas auditivas o visuales (o ambas), y se pueden usar para vigilar la exposición personal y de otras personas. Algunos cuentan con microprocesadores y memoria para almacenar lecturas de la concentración de CO tomadas durante el día. Es significativo notar que algunos de estos dispositivos mencionados para vigilar la presencia de CO en el lugar de trabajo no están en capacidad de vigilar los promedios de tiempo ponderado (TWA), y no todos están equipados con alarmas. Se debe elegir el monitor adecuado teniendo en cuenta la aplicación que se le va a dar. Para obtener más información sobre la disponibilidad de monitores de CO para los lugares de trabajo o su aplicación, llame al Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacionales (NIOSH) en el 1-800-CDC-INFO (1-800-356-4636).

Descargo de responsabilidad

La mención de cualquier compañía o producto no constituye un endoso por parte del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacionales (NIOSH), del Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente de Colorado (CDPHE), de la Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor de los Estados Unidos (CPSC), de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA) ni de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

Este documento es del dominio público y puede ser copiado y reproducido libremente.

Copias de este y otros documentos están a disposición en:

1-800-CDC-INFO (1-800-356-4636)

Para recibir información adicional relacionada con problemas de salud y seguridad ocupacional, llame al 1-800-CDC-INFO (1-800-356-4636).

Esta página fue revisada el: 21 de enero de 2015