

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA  
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES  
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE HUMOS DE ASFALTO EN EMPLEADOS  
DE PAVIMENTACIÓN DE CARRETERAS**

Requisito parcial para la obtención del  
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental  
en Evaluación y Manejo de Riesgo Ambiental

Por  
Yesenia Garrafa Echevarría

5 de mayo de 2009

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mi familia, por apoyarme  
a continuar con mis metas y por darme las  
herramientas para seguir siempre hacia  
adelante.*

*A mi esposo, Joe W. Peralta Olivieri, por su  
ingeniosa idea para hacer este trabajo y por  
estar a mi lado en todo momento.*

*A todos, gracias por estar en vida, los amo con  
todo mi corazón.*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer con mucho cariño y humildad al Ing. Roberto Bonilla por darme la oportunidad de realizar este trabajo y por confiar en mí. A la brigada de trabajadores de la compañía de pavimentación del área este le doy mil gracias por aceptar formar parte de este trabajo y por permitirme conocerlos y compartir con ustedes durante este proceso. A ustedes les doy mi mayor respeto y admiración porque sé que la tarea que realizan día a día no es nada fácil.

Agradezco, además, a varias personas que aportaron parte de su tiempo y conocimiento para completar este trabajo, entre ellas: el Ing. Wilfredo Castro, Gerente de Pavimentos de la Autoridad de Carreteras; el Sr. Miguel del Valle del área de Administración de Proyectos Ambientales, de la Autoridad de Carreteras; al Sr. Omar Muñiz por su valiosa aportación en la fase inicial de este trabajo; al Sr. Díaz de *Better Road* por darme la oportunidad de visitar una de las plantas donde se manufactura asfalto y por dedicarme todo su tiempo; al Dr. Sergio Caporali, de la UPR-Recinto de Ciencias Médicas, por ofrecerme el adiestramiento en Higiene Industrial y por brindarme la confianza para consultarle sobre mi trabajo; a la Sra. Idania Rodríguez, por ayudarme a realizar el cuestionario; a los consultores de PROSHA por brindarme orientación e información para realizar este trabajo; y a todos los profesores de la Escuela de Asuntos Ambientales por mi capacitación durante los años de maestría.

Por último, agradezco a mi equipo de tesis de la Escuela de Asuntos Ambientales, compuesto por el profesor Harry Peña, ¡gracias por tu valioso tiempo y por tu paciencia!, a la Dra. Beatriz Zayas y a la Ing. Dalis Estades. A todos ustedes ¡muchísimas gracias!

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE APÉNDICES .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS O ABREVIATURAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Trasfondo del problema .....	1
Problema de estudio.....	7
Justificación .....	10
Pregunta de investigación .....	11
Meta .....	12
Objetivos.....	12
<b>CAPÍTULO II: REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
Trasfondo histórico .....	13
Primeros casos reportados por exposición a humos de asfalto .....	16
Marco conceptual.....	19
Descripción del asfalto.....	19
Composición del asfalto.....	23
Usos del asfalto .....	25
Proceso de pavimentación de carreteras .....	26
Riesgos asociados al proceso de pavimentación de carreteras.....	27
Estudios de caso.....	34
Marco Legal.....	45
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>50</b>
Introducción .....	50
Descripción de la población de estudio.....	51
Diseño de estudio .....	51
Área de estudio .....	52
Período de estudio.....	52
Fuente de datos .....	52
Diseño metodológico .....	53
Método de análisis .....	56
Análisis de datos .....	58
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>61</b>
Introducción .....	61
Discusión de resultados.....	61

<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
Recomendaciones .....	67
Limitaciones.....	69
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Datos documentados en la Hoja de Muestreo con respecto a la toma de muestras blanco durante el proceso de pavimentación de carreteras .....	77
Tabla 2.	Datos documentados en la Cadena de Custodia como parte del muestreo realizado los días 21 al 23 de octubre de 2008.....	78
Tabla 3.	Datos documentados en la Hoja de Muestreo con respecto a la toma de muestras ocupacionales para medir la concentración de humos de asfalto en una jornada de trabajo de, aproximadamente, ocho horas .....	79
Tabla 4.	Datos documentados en la Hoja de Muestreo con respecto a la toma de muestra ocupacionales para medir la concentración de humos de asfalto en un período aproximado de 15 minutos.....	80
Tabla 5.	Resultados obtenidos por el laboratorio con respecto al análisis de las muestras ocupacionales para partículas totales ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).....	81
Tabla 6.	Resultados obtenidos por el laboratorio con respecto al análisis de las muestras ocupacionales para la fracción de partículas que son solubles en benceno ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) .....	82
Tabla 7.	Resultados de la concentración para la fracción de partículas solubles en benceno ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), estimada en un TWA de ocho horas.....	83
Tabla 8.	Resultados de la concentración de partículas totales ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) estimada en un período de 15 minutos.....	84
Tabla 9.	Resultados del cuestionario con respecto a las condiciones de trabajo y estado de salud de los trabajadores de pavimentación .....	85
Tabla 10.	Resultados del cuestionario con respecto a los síntomas de exposición asociados a la inhalación de humos de asfalto durante la pavimentación de carreteras .....	86
Tabla 11.	Resultados del cuestionario con respecto a las condiciones respiratorias asociadas a la inhalación de humos de asfalto durante la pavimentación de carreteras .....	87

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Demostración de diversas tareas de pavimentación realizadas en el sector Palou, en el municipio de Juncos, el 21 de octubre de 2008. ....	89
Figura 2.	Demostración de diversas tareas de pavimentación realizadas en la urbanización Las Trinitarias, en el municipio de Salinas, el 22 de octubre de 2008. ....	90
Figura 3.	Equipo de muestreo utilizado para el estudio .....	91
Figura 4.	Comparación de la concentración de partículas solubles en benceno ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), estimada en un TWA de ocho horas, con el TLV <sup>®</sup> de la ACGIH. ....	92
Figura 5.	Comparación de la concentración de partículas totales ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), estimada en un período de 15 minutos, con el Valor Máximo de NIOSH. ....	93
Figura 6.	Distribución de los síntomas de exposición, por inhalación a humos de asfalto, identificados por los trabajadores de la compañía de pavimentación bajo estudio .....	94
Figura 7.	Distribución de las condiciones respiratorias identificadas por los trabajadores de la compañía de pavimentación bajo estudio.....	95

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1.	Carta de cooperación para el estudio.....	97
Apéndice 2.	Carta de aprobación del estudio por el IRB .....	99
Apéndice3.	Consentimiento informado.....	101
Apéndice 4.	Método de NIOSH 5042 .....	110
Apéndice 5.	Cuestionario .....	118
Apéndice 6.	Hoja de muestreo.....	123
Apéndice 7.	Hoja de calibración del rotámetro .....	126
Apéndice 8.	Cadena de custodia.....	128
Apéndice 9.	Método de NIOSH 0500 .....	130
Apéndice 10.	Resultados del laboratorio con respecto a la concentración de partículas totales y la fracción de partículas solubles en benceno.....	134



## LISTA DE SÍMBOLOS O ABREVIATURAS

AASHTO	Asociación Americana de Autopistas Estatales y Oficiales de Transportación, por sus siglas en inglés
ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, por sus siglas en inglés
AIHA	Asociación Americana de Higienistas Industriales, por sus siglas en inglés
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas y Materiales
°C	Grados Celsius
C Value	Valor Máximo o Valor Techo
CDC	Centro para el Control de Enfermedades, por sus siglas en inglés
CFR	Código de Regulaciones Federales, por sus siglas en inglés
COP	Enfermedad de Obstrucción Pulmonar Crónica, por sus siglas en inglés
°F	Grados Fahrenheit
FHWA	Administración Federal de Autopistas, por sus siglas en inglés
FEV	Volumen de Fuerza Respiratoria, por sus siglas en inglés
FVC	Capacidad de Fuerza Vital, por sus siglas en inglés
HHE	Evaluación de Riesgo a la Salud, por sus siglas en inglés
Hrs	Horas
IARC	Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, por sus siglas en inglés
IRB	Comité de Evaluación Institucional, por sus siglas en inglés
L/min	Litros por Minuto
Min	Minutos
mm	Milímetros

mg/m <sup>3</sup>	Miligramos por Metro Cúbico
MSDS	Hoja de Datos de Seguridad de Materiales, por sus siglas en inglés
NAPA	Asociación Nacional de Pavimentación de Asfalto, por sus siglas en inglés
n.d.	No tiene fecha
NIOSH	Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional, por sus siglas en inglés
NTP	Programa Nacional de Toxicología, por sus siglas en inglés
OSHA	Administración para la Seguridad y la Salud Ocupacional, por sus siglas en inglés
PAC	Compuestos Aromáticos Policíclicos, por sus siglas en inglés
PAH	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, por sus siglas en inglés
PEL	Límite de Exposición Permisible, por sus siglas en inglés
PPE	Equipo de Protección Personal, por sus siglas en inglés
PTFE	Politetrafluoroetileno
REL	Límite de Exposición Recomendable, por sus siglas en inglés
STEL	Límite de Exposición de Corta Duración, por sus siglas en inglés
SVOCs	Compuestos Orgánicos Semi-Volátiles, por sus siglas en inglés
TLV <sup>®</sup>	Valor Límite Umbral, por sus siglas en inglés
TWA	Promedio Ponderado en el Tiempo, por sus siglas en inglés
µm	Micrón o Micrómetro
%	Porcentaje
≤	Menor o igual que

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Alquitrán.** Es una sustancia bituminosa, grasa, oscura y de olor fuerte, que se obtiene de la destilación de ciertas materias orgánicas, principalmente de la hulla (carbón mineral), turba (material orgánico compacto y rico en carbono), huesos y de algunas maderas resinosas.

**Agregado.** Fragmentos de material de minerales que son mezclados con el asfalto. Éstos incluyen arena, gravilla y piedra triturada.

**Asma.** Constricción de los conductos bronquiales en respuesta a irritación, alergia u otros estímulos.

**Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).** Un intermediario y solvente orgánico importante derivado del carbón o del petróleo. El miembro más simple de la serie de hidrocarburos aromáticos.

**Bitumen.** Mezcla de líquidos orgánicos que son altamente viscosos, de color negro, pegajosos y completamente solubles en bisulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>). Se producen de forma natural o a través del petróleo. Se componen, principalmente, de hidrocarburos aromáticos policíclicos. Término utilizado mayormente en Europa para el asfalto.

**Bronquitis.** Inflamación de los bronquios o conductos bronquiales.

**Cáncer.** Un tumor celular cuya evolución natural es fatal y está generalmente asociado con la formación de tumores secundarios.

**Cancerígeno.** Una sustancia o agente, capaz de causar o producir cáncer en mamíferos, incluyendo los seres humanos. A un material químico se le considera carcinógeno si: 1) ha sido evaluado por la IARC y se encontró que es un carcinógeno o un potencial carcinógeno; o, 2) está listado como un carcinógeno o potencial carcinógeno en el

Informe Anual sobre Carcinógenos, publicado por el Programa Nacional de Toxicología (NTP, por sus siglas en inglés, última edición); o, 3) es regulado por OSHA como un carcinógeno.

**Carcinoma.** Tumor maligno derivado de tejidos epiteliales, esto es, de la piel más externa, las membranas que tapizan las cavidades del cuerpo y ciertas glándulas.

**Código de Regulaciones Federales (CFR).** Una recopilación de las regulaciones que han sido publicadas bajo las Leyes de los Estados Unidos.

**Combustión.** El proceso de la quema de combustible fósil en presencia de aire, para liberar calor y energía

**Compuestos Aromáticos Policíclicos (PAC).** Se refiere a la clase de compuestos químicos que contienen dos o más anillos de benceno unidos. Esta clase de compuestos incluye los PAHs y derivados heterocíclicos donde uno o más átomos de carbono, en el anillo de benceno, han sido reemplazados por un heteroátomo de nitrógeno (N-PAC), oxígeno (O-PAC) o azufre (S-PAC).

**Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).** Agencia que desarrolla y publica límites de exposición ocupacional recomendados para cientos de sustancias químicas y agentes físicos.

**Curado.** Se define como el proceso a través del cual un material asfáltico aumenta su consistencia a medida que el solvente se evapora.

**Dermatitis.** Inflamación de la piel debido a cualquier causa.

**Destilación.** El proceso de evaporar un líquido y condensar su vapor.

**Efecto agudo (corto plazo).** Efecto adverso en un ser humano o en un animal, el cual tiene síntomas severos que se desarrollan rápidamente y muy pronto se convierten en una crisis.

**Efecto crónico (largo plazo).** Un efecto adverso en el cuerpo de un ser humano o de un animal, con síntomas que se desarrollan lentamente a través de un largo período de tiempo, o que recurren frecuentemente.

**Emulsión.** Dispersión de dos o más líquidos diferentes, uno en otro, que no son solubles entre sí.

**Epidemiológico.** Estudio de la diseminación de una enfermedad y sus efectos sobre grandes grupos de población.

**Epitelioma.** Carcinoma de las células epiteliales de la piel y otras superficies epiteliales.

**Hidrocarburo Aromático Policíclico (PAH).** Se refiere a la clase de compuestos químicos que contienen únicamente carbono e hidrógeno en dos o más anillos de benceno unidos.

**Hidrocarburo No Saturado.** Hidrocarburo que contiene uno o más enlaces múltiples.

**Hidrocarburo Saturado.** Hidrocarburo en el cual todos los carbonos están enlazados con enlaces sencillos.

**Higiene Industrial.** Ciencia o arte dedicada a anticipar, reconocer, evaluar y controlar aquellos factores ambientales o tensiones, que surgen en o del lugar de trabajo, los cuales pueden causar enfermedad, deterioro en la salud y el bienestar, o un malestar e ineficiencia significativos entre los trabajadores o entre los ciudadanos de la comunidad.

**Humo.** Partículas aerotransportadas que se forman de la evaporación de materiales sólidos.

**Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).** Agencia federal que lleva a cabo investigaciones relacionadas con preocupaciones sobre la seguridad y la salud ocupacional. Realiza pruebas, certifica respiradores y adiestra profesionales en la seguridad y salud ocupacional.

**Laringotomía.** Extirpación de un tumor grande en la lengua u orofaringe (área de la garganta que esta en la parte posterior de la boca), que puede incluir la extirpación de la laringe (caja de la voz).

**Leucemia.** Enfermedad de la sangre caracterizada por una superproducción de glóbulos blancos. Puede ser ocasionada por una exposición excesiva a radiación o generarse en forma espontánea.

**Límite de Exposición Permisible (PEL).** Límite de exposición que es publicado y puesto en efecto por OSHA como una norma legal. Se considera la dosis segura que, de excederse por exposición repetida durante períodos prolongados, pudiera causar efectos crónicos adversos a la salud.

**Límite de Exposición Recomendable (REL).** Límite de exposición recomendado por NIOSH para un período de exposición de 10 horas.

**Límite de Exposición de Corta Duración (STEL).** Se refiere a la concentración máxima a la cual los trabajadores pueden estar expuestos por un corto período de tiempo (15 minutos), por un máximo de cuatro veces a través del día, con al menos una hora entre exposiciones.

**Membrana Conjuntiva.** Capa delgada que cubre la superficie del interior del párpado y parte del glóbulo ocular.

**Membrana Mucosa.** Tapizan los órganos huecos del organismo, fundamentalmente la nariz, boca, estómago, intestinos, conductos bronquiales y tracto urinario.

**Promedio Ponderado en el Tiempo (TWA).** Es la concentración promedio para un día normal de ocho horas de trabajo o una semana de 40 horas, a la cual casi todos los trabajadores pueden estar expuestos en forma repetida, día a día, sin sufrir efectos adversos.

**Valor Límite Umbral (TLV<sup>®</sup>).** Nivel de exposición bajo el cual la mayoría de las personas pueden trabajar en forma continua durante ocho horas por día, diariamente, sin enfrentar efectos nocivos. Una tabla de estos valores, y las preocupaciones respectivas, es publicada, anualmente, por la ACGIH.

**Valor Máximo o Valor Techo (C-Value).** Se refiere a la concentración aerotransportada de una sustancia tóxica en el ambiente de trabajo, la cual nunca debe ser excedida.

**Viscosidad.** La propiedad de un fluido que resiste el flujo interno liberando fuerzas que lo contrarrestan.

**Volatilidad.** La tendencia o habilidad de un líquido para vaporizarse.

## RESUMEN

El proceso de pavimentación de carreteras se realiza a elevadas temperaturas. Durante este proceso se emiten al ambiente humos de asfalto como producto de la condensación de los vapores liberados cuando el asfalto se calienta. Los humos de asfalto se componen de una mezcla de pequeñas partículas sólidas suspendidas en el aire y de compuestos orgánicos (i.e., PAH, hidrocarburos alifáticos e hidrocarburos heterocíclicos con átomos de oxígeno, nitrógeno y azufre). La exposición a esta mezcla de materiales puede presentar un riesgo potencial a la salud de los trabajadores de pavimentación. En Puerto Rico, no se han realizado estudios que determinen la concentración de humos de asfalto durante el proceso de pavimentación de carreteras. Mediante este estudio medimos la concentración de humos de asfalto en una compañía de pavimentación del área este de Puerto Rico. La técnica investigativa de este estudio consistió en recolectar muestras de aire para comparar los resultados contra los límites de la ACGIH y NIOSH. Para ello, utilizamos como guía el método de NIOSH 5042. Además, suministramos a los trabajadores un cuestionario para recopilar información sobre síntomas o condiciones de salud asociados a la exposición de humos de asfalto. Los resultados del muestreo reflejaron concentraciones de humos de asfalto por debajo del límite de la ACGIH. Sin embargo, algunos resultados excedieron el límite de NIOSH. Los resultados del cuestionario reflejaron que los trabajadores de pavimentación han presenciado síntomas menores de exposición a humos de asfalto, a corto plazo. Por otra parte, los trabajadores indicaron no haber padecido de condiciones de salud mayores asociadas a la exposición de humos de asfalto. Al evaluar los resultados de este estudio, concluimos que las concentraciones de humos de asfalto, que exceden el límite de NIOSH, pueden presentar un riesgo potencial para la salud de los trabajadores de pavimentación. Entendemos que es necesario que la compañía de pavimentación tome en consideración medidas preventivas para minimizar la exposición a humos de asfalto. Recomendamos, además, ampliar la población de estudio para comparar los resultados con otras compañías de pavimentación.



## ABSTRACT

The road paving process is performed at very high temperatures. During this process, asphalt fumes are released into the atmosphere as a product of vapors condensation when the asphalt mixture is heated. The asphalt fumes are a complex mixture of small solid particles suspended in the air and organic compounds (i.e., polycyclic aromatic hydrocarbons [PAH], aliphatics hydrocarbons and heteroatomic compounds containing sulfur, nitrogen and oxygen). Exposure to this mixture of materials may present a potential health risk for the paving workers. In Puerto Rico, no studies have been conducted to determine the concentration of asphalt fumes during the road paving process. The objective of this study was to evaluate the concentration of asphalt fumes in an asphalt paving company located in the east area of Puerto Rico. The scientific technique of this study consisted to collect air occupational samples to compare the results against the exposure limits recommended by the ACGIH and NIOSH. NIOSH method 5042 was used as reference guide for this study. Also, a questionnaire was provided to the paving workers to gather information in regards to symptoms or health conditions associated with exposure to asphalt fumes. The sampling results showed concentrations of asphalt fumes below the ACGIH exposure limit. However, some results exceeded the NIOSH exposure limit. The questionnaire results demonstrated that the paving workers have suffered minor health symptoms of exposure to asphalt fumes. Furthermore, workers reported not having suffered any major health conditions associated to asphalt fumes exposure (i.e., pulmonary emphysema, pneumonia). In assessing the results of this study, we concluded that the concentrations of asphalt fumes, which exceed the limit of NIOSH, may present a potential risk to the health of paving workers. It is important that the paving company take into consideration preventives measures to reduce the asphalt fumes exposure. In addition, it is recommended to extend the study's population in order to compare these results with those of other paving companies.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Trasfondo del problema**

En la pavimentación de carreteras se utiliza como materia prima el asfalto, el cual se caracteriza por ser un material de alta durabilidad y resistencia. Su color varía de marrón oscuro a negro y puede ser sólido, semi-sólido o líquido (Asphalt Institute, 1989). Según la Asociación Nacional de Pavimentación de Asfalto (NAPA, por sus siglas en inglés, 2008), el asfalto puede estar presente de forma natural, ya sea impregnado en rocas porosas, como la caliza y arenisca, o en depósitos naturales (lagos) donde resulta como residuo de la evaporación y oxidación del petróleo líquido.

Datos históricos han demostrado que el asfalto es un material que posee diversos usos. Desde la antigüedad hasta el presente, el asfalto no sólo fue empleado en la construcción de carreteras sino también, como impermeabilizante para embarcaciones. Los asfaltos más utilizados hoy día son los derivados del proceso de destilación del petróleo crudo. Gran parte del petróleo está compuesto en su totalidad por asfalto. Es por esto que al asfalto se le conoce, comúnmente, como asfalto de petróleo o cemento de asfalto (Asphalt Institute, 1989).

La composición química del asfalto varía y depende en gran medida de la fuente obtenida del petróleo crudo. El Instituto de Asfalto (Superpave™ Series No. 1, n.d.) señala que alrededor de un 90 a 95 % por peso del asfalto está compuesto de moléculas de hidrocarburos (combinación de carbono e hidrógeno) de alto peso molecular. La porción remanente consiste de heteroátomos y metales. Los heteroátomos como el

nitrógeno, oxígeno y azufre suelen remplazar átomos de carbono en la estructura molecular del asfalto. En cambio, algunos metales como el hierro, vanadio y níquel están presentes en pequeñas cantidades, cerca del 1% (Roberts et al., 1996). La composición química del asfalto es extremadamente compleja y varía entre uno y otro asfalto. Por lo tanto, ningún asfalto puede considerarse similar químicamente.

El asfalto puede ser sólido a temperatura y presión estándar (presión atmosférica). Cuando se calienta, libera vapores. A medida que éstos se enfrían, se condensan para formar humos de asfalto, los cuales contienen una mezcla compleja de partículas sólidas y varios compuestos orgánicos (i.e., compuestos aromáticos policíclicos [PAC]). La exposición a esta mezcla de materiales puede presentar un riesgo potencial a la salud, en especial para los empleados de pavimentación (Asociación Americana de Higienistas Industriales [AIHA], 2002). La mayor ruta de exposición a los humos de asfalto es la inhalación, absorción dermal y el contacto con la piel y ojos (Antonini et al., 2003; MacClean, 2004; NIOSH, 2005). El Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores de Nueva Jersey (2007) menciona que los humos de asfalto, a corto plazo (efecto agudo), pueden irritar los ojos, nariz, garganta y pulmones, causando así tos, respiración con silbido o falta de aire, entre otras cosas. A largo plazo (efecto crónico), la inhalación repetida a esta sustancia puede causar bronquitis, tos con flema o falta de aire. Por otro lado, la absorción de los humos de asfalto puede irritar la piel, causar dermatitis y lesiones parecidas al acné. Además, el contacto prolongado con los humos de asfalto puede causar un cambio en la pigmentación de la piel, la cual puede agravarse con la exposición a la luz solar.

Con el propósito de proteger la salud de los trabajadores y mantener condiciones de trabajo seguras y salubres, el Congreso de los Estados Unidos de Norteamérica creó, en el año 1970, la *Ley de Seguridad y Salud Ocupacional* (Occupational Safety and Health Act, por su término en inglés) 91-596. A través de esta ley se establecieron estándares de seguridad y salud para prevenir lesiones, enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo. Actualmente, esta ley aplica a todos los territorios bajo la jurisdicción federal, incluyendo los 50 estados de los Estados Unidos, el Distrito de Columbia y Puerto Rico.

Para hacer cumplir las órdenes establecidas bajo la Ley 91-596, se estableció la Administración para la Seguridad y la Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés). OSHA tiene la responsabilidad de establecer normas y prácticas específicas para garantizar la seguridad y salud de los empleados en su ambiente de trabajo. En todos sus procedimientos, desde el desarrollo de normas, a través de la implantación y entrada en vigor de dichas normas, OSHA garantiza a los patronos y empleados el derecho a estar bien informados, a participar activamente y a apelar sus acciones. El patrono tiene la responsabilidad de familiarizarse con las normas aplicables a su negocio y asegurarse que los empleados tienen y utilizan el equipo de protección personal (PPE, por sus siglas en inglés) cuando sea requerido por razones de seguridad. Los empleados, por su parte, deben cumplir con todas las reglas y reglamentaciones aplicables a sus propias acciones y conducta. En aquellos casos en los cuales OSHA no ha desarrollado normas específicas, los patronos son responsables de seguir la Cláusula de Deberes Generales (General Duty Clause, por su término en inglés) de la Ley 91-596, la cual indica que “el patrono debe

proveer un lugar de trabajo libre de peligros reconocidos que estén causando o puedan causar la muerte o daño físico serio a sus empleados”.

Las normas o prácticas de OSHA no son aplicables a gobiernos locales o estatales en su función de patrono. Sin embargo, la Ley 91-596 permite a cualquier estado, que desee obtener la aprobación de OSHA, desarrollar un programa de seguridad y salud ocupacional que cubra a sus trabajadores locales y estatales y, que sea igual de efectivo que el establecido por OSHA para el gobierno federal. Por tal motivo, el Estado Libre Asociado de Puerto Rico creó la Ley número 16 del 5 de agosto de 1975, según enmendada, mejor conocida como *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo de Puerto Rico*. Ésta, al igual que la Ley 91-596, se creó para garantizar a cada empleado condiciones de trabajo seguras y salubres, autorizando así al Secretario del Trabajo a prescribir y poner en vigor las normas, reglas y reglamentos de seguridad y salud desarrolladas o adoptadas bajo esta ley.

Las normas o disposiciones de OSHA se encuentran registradas en el Código de Regulaciones Federales (CFR, por sus siglas en inglés) y las mismas se agrupan en cuatro categorías: 1) Industria General; 2) Marítima; 3) Construcción; y 4) Agricultura. En el caso de los trabajadores de pavimentación de carreteras, toda norma de seguridad y salud ocupacional aplicable cae bajo la categoría de Construcción, la cual está registrada en el título 29 del CFR, parte 1900 a 1999.

Las recomendaciones para el desarrollo de normas de seguridad y salud ocupacional también pueden surgir de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, por sus siglas en inglés) y del Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés). Ambas

entidades realizan investigaciones con el propósito de establecer recomendaciones para garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables. La ACGIH, a diferencia de NIOSH, es una entidad privada compuesta por diversos profesionales que laboran dentro del campo de la Higiene Industrial. NIOSH, por su parte, es una entidad establecida bajo la Ley 91-596, la cual cae bajo la jurisdicción del Departamento de Salud y Servicios Humanos del Centro para el Control de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés). Ésta, además, provee asistencia técnica a OSHA y recomienda normas para ser adoptadas por OSHA.

Al evaluar el grado de exposición, la concentración de la sustancia en el aire es comparada con los límites o las guías de exposición establecidas por la ACGIH, NIOSH y OSHA. Se han establecido Valores Límites Umbrales (TLV<sup>®</sup>, por sus siglas en inglés) para las concentraciones en el aire de muchas sustancias. Los TLV<sup>®</sup> se refieren “a las concentraciones en el aire de sustancias y representa condiciones bajo las cuales se considera que casi todos los trabajadores pueden ser expuestos repetidamente, día tras día, sin sufrir efectos adversos a la salud” (Alpaugh et al., 1981). El término TLV<sup>®</sup> es una marca registrada de la ACGIH y el mismo no es utilizado para referirse a los valores publicados por OSHA. Éstos se clasifican en tres categorías: 1) Promedio Ponderado en el Tiempo (TWA, por sus siglas en inglés), basado en la concentración promedio de una sustancia en un período de ocho horas de trabajo; 2) Límite de Exposición de Corta Duración (STEL, por sus siglas en inglés), se refiere a la concentración máxima de una sustancia a la cual los trabajadores pueden estar expuestos, continuamente, por un período de 15 minutos; y 3) Valor Máximo o Valor Techo (C Value, por su término en inglés), el cual incluye la concentración máxima de una sustancia que no debe ser

excedida en ningún momento. Estos valores son publicados, anualmente, por la ACGIH y los mismos pueden estar basados en el hecho de que una sustancia es muy irritante a la mayoría de la población que se expone a ella, o que otras sustancias pueden ser asfixiantes (Alpaugh et al., 1981).

NIOSH, por su parte, establece Límites de Exposición Recomendables (REL, por sus siglas en inglés). Al igual que los TLV<sup>®</sup>, los RELs están divididos en la categoría de TWA, STEL y Valor Máximo o Valor Techo. El TWA de NIOSH, a diferencia del TWA de la ACGIH, está basado en una jornada de trabajo de 10 horas. Todo límite o norma establecida por la ACGIH y NIOSH son recomendaciones a seguir para mantener condiciones de trabajo seguras y salubres. Al no ser consideradas como normas legales, el patrono tiene la libertad de elegir el cumplir con las mismas.

A partir del año 1970 muchos de los TLV<sup>®</sup> establecidos por la ACGIH se convirtieron en normas federales o Límites de Exposición Permisibles (PEL, por sus siglas en inglés). Contrario a los límites de exposición de la ACGIH y NIOSH, los PELs de OSHA son ejecutables por ley. Los patronos tienen la responsabilidad de mantener los niveles de exposición del empleado por debajo de los PELs para sustancias reguladas. Al igual que los límites de exposición mencionados anteriormente, los PELs de OSHA están divididos en TWA, STEL y Valor Máximo o Valor Techo (Alpaugh et al., 1981).

Por lo tanto, el grado de riesgo por exposición a sustancias peligrosas en el ambiente depende, en gran medida, de la naturaleza de la sustancia, la intensidad y duración de la exposición. Es de suma importancia tomar en consideración los límites establecidos por la ACGIH, NIOSH y OSHA al momento de evaluar el riesgo de exposición a una sustancia.

## **Problema de estudio**

El proceso de pavimentación de carreteras se realiza a elevadas temperaturas, entre 85 a 150 °C o entre 185 a 300 °F (Asphalt Institute, 1989). Durante este proceso se emiten al ambiente humos de asfalto, los cuales surgen como producto de la condensación de los vapores liberados cuando el asfalto se calienta. Según Calzavara et al. (2003) los humos de asfalto se componen de partículas sólidas suspendidas en el aire, las cuales tienen un tamaño menor o igual a 12.5 µm y poseen una forma irregular. Por otro lado, King et al. (1984) y Ma et al. (2003) señalan que los humos de asfalto son una mezcla compleja de aerosoles y vapores que contienen compuestos orgánicos, por ejemplo: hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH, por sus siglas en inglés) y compuestos heterocíclicos que contienen átomos de nitrógeno, oxígeno y azufre.

La exposición a esta mezcla de materiales puede presentar un riesgo potencial a la salud, en especial para los empleados de pavimentación de carreteras (AIHA, 2002). De acuerdo al Instituto de Asfalto (1990), alrededor de 300,000 trabajadores en los Estados Unidos laboran en la industria de pavimentación, representando así un 87 % de la producción doméstica del país. Esto significa que una gran cantidad de trabajadores de pavimentación pueden estar expuestos a los humos de asfalto. Diversos estudios científicos han sido realizados con el propósito de identificar los efectos adversos a la salud por la exposición a humos de asfalto durante la pavimentación de carreteras.

Antonini et al. (2003), MacClean (2004) y NIOSH (2005) señalan que la mayor ruta de exposición a los humos de asfalto es la inhalación, absorción y el contacto a través de la piel y ojos. Según Alpaugh et al. (1981) la inhalación es una vía de



penetración muy importante debido a la rapidez con que la sustancia puede ser absorbida por los pulmones, pasar al torrente sanguíneo y alcanzar el cerebro. La inhalación de sustancias peligrosas, además, puede irritar los tejidos del tracto respiratorio superior (nariz y garganta) y pulmonar, o los conductos terminales de los pulmones y sacos de aire, dependiendo de la solubilidad de la sustancia. Por otro lado, la absorción a través de la piel puede producirse muy rápidamente si ésta se acorta o erosiona. Algunas sustancias pueden ser absorbidas por la piel a través de los folículos y otras disuelven las grasas y aceites de la piel. Las sustancias peligrosas también pueden ser absorbidas a través del tracto gastrointestinal y pasar así a la sangre.

Para el año 1977, NIOSH evaluó los datos disponibles con respecto a los efectos a la salud por exposición a humos de asfalto. NIOSH determinó que los principales efectos adversos a la salud son la irritación de la membrana conjuntiva (ojos) y membrana mucosa del tracto respiratorio (NIOSH, 2000). A tales efectos, se han realizado diversos estudios, tanto a nivel toxicológico como a nivel epidemiológico, para evaluar los efectos a la salud por exposición a humos de asfalto, a corto y largo plazo. De acuerdo al Departamento de Salud para Personas Mayores de Nueva Jersey (2007), la exposición a humos de asfalto, a corto plazo, puede causar dolor de cabeza, mareo, vómitos, sarpullido en la piel, dermatitis, fatiga y disminución en el apetito, entre otras cosas. A largo plazo, los humos de asfalto pueden irritar los pulmones y causar un cambio en la pigmentación de la piel, la cual puede agravarse con la exposición a la luz solar. La exposición repetida a esta sustancia también puede causar bronquitis, con tos, flema o falta de aire.

Algunos estudios epidemiológicos han descrito un alto riesgo de cáncer (pulmones, estómago, vejiga, leucemia y piel) en aquellos trabajadores expuestos a

humos de asfalto (NIOSH, 2000). Ma et al. (2003) y MacClean (2004) entienden que el riesgo de cáncer ocurre por la presencia de PAH en los humos de asfalto, ya que algunos de ellos han sido reconocidos como cancerígenos en pruebas de laboratorio realizadas en animales. Los PAH pueden metabolizarse en el cuerpo para producir metabolitos cancerígenos, los cuales pueden dañar el material genético de las células.

En el año 1985, la Oficina Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) concluyó que no existe evidencia suficiente para determinar que los asfaltos por sí solos son cancerígenos para humanos (MSDS, 2004). Actualmente, la asociación entre el cáncer en humanos y la exposición a humos de asfalto no está del todo clara. Se continúan realizando estudios para poder establecer conclusiones más específicas. Sin embargo, estudios realizados en animales han demostrado que la exposición a humos de asfalto puede causar cáncer en la piel (NIOSH, 2005). Estudios de pintura en la piel han demostrado que ciertos condensados de humos de asfalto, a elevadas temperaturas, pueden producir cáncer en ratones. Se entiende que el agente causante son los PAH de 4 a 6 anillos (MSDS, 2004). Evidencia en estudios de animales han indicado que el asfalto que permanece en la piel por períodos prolongados puede resultar en carcinoma (NIOSH, 2000). La mayoría de los científicos están de acuerdo en que una sustancia química que causa cáncer en animales debería considerarse como un cancerígeno humano de sospecha razonable, a menos que se pruebe lo contrario (Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores de Nueva Jersey, 2007). A tales efectos, NIOSH (2005) clasificó los humos de asfalto como un potencial cancerígeno; mientras que OSHA (2002), clasificó los mismos como un cancerígeno sospechoso.

Con el propósito de mantener las condiciones de trabajo de los empleados seguras y salubres y, reducir la irritación en los ojos y tracto respiratorio superior (nariz y garganta), la ACGIH estableció un TLV<sup>®</sup> para los humos de asfalto de 0.5 mg/m<sup>3</sup>, medido como la fracción de partículas solubles en benceno, para un TWA de ocho horas (McCall, n.d.). En cambio, NIOSH (2005) estableció un Valor Máximo o Valor Techo de 5 mg/m<sup>3</sup>, medido como la cantidad de partículas totales, el cual no debe ser excedido en un período de 15 minutos. OSHA aún no ha determinado un PEL para los humos de asfalto, a pesar de que diversos estudios científicos han evidenciado efectos adversos a la salud. McCall señala que, en el año 1992, OSHA propuso establecer un límite de 5 mg/m<sup>3</sup> para proteger contra la irritación de ojos, nariz y garganta pero, aún este límite no ha sido registrado.

En Puerto Rico no se han realizado estudios, tanto a nivel ocupacional como ambiental, para medir la concentración de humos asfalto, durante la pavimentación de carreteras, y los efectos adversos a la salud, a corto y largo plazo (M. del Valle, Administración de Proyectos Ambientales, oficina de Estudios Ambientales de la Autoridad de Carreteras y Transporte, com. pers.). Por lo tanto, desconocemos, si durante el proceso de pavimentación de carreteras, la concentración de humos de asfalto está en conformidad con los límites de exposición recomendados por la ACGIH y NIOSH.

### **Justificación**

Tomando en consideración los efectos adversos a la salud que conlleva la exposición a humos de asfalto, nos resultó de suma importancia realizar un estudio para medir las concentraciones de humos de asfalto a las cuales los trabajadores de

pavimentación están expuestos. A través de la revisión de información de agencias de Puerto Rico, como lo es la Autoridad de Carreteras y Transporte, y Puerto Rico OSHA, se ha identificado que en la Isla no se han realizado estudios de riesgo para evaluar la exposición a humos de asfalto durante la pavimentación de carreteras.

Por otro lado, en el 29 CFR, parte 1926.55, se establece que como control de seguridad y salud ocupacional “se debe evitar en todo momento la exposición de empleados a inhalación, ingestión, absorción o contacto con cualquier material o sustancia que sobrepase el TLV<sup>®</sup> establecido por la ACGIH”. Además, la parte 1926.55 menciona la importancia de llevar a cabo controles administrativos o de ingeniería para reducir el riesgo de exposición a sustancias que son consideradas como tóxicas o peligrosas. En caso de que la exposición a estas sustancias sobrepase los límites establecidos, se requiere utilizar equipo de protección personal.

Por lo tanto, este estudio va dirigido a evaluar el proceso de pavimentación de carreteras, en Puerto Rico, para medir las concentraciones de humos de asfalto e identificar posible riesgos ocupacionales asociados a este tipo de actividad. Los hallazgos obtenidos durante esta investigación pueden servir de base para futuras investigaciones, tanto en el área de seguridad y salud ocupacional como a nivel ambiental.

### **Pregunta de investigación**

¿La concentración de humos de asfalto, durante el proceso de pavimentación de carreteras, está en conformidad con los límites de exposición recomendados por la ACGIH y NIOSH?

## **Meta**

La meta de este estudio consistió en evaluar los niveles de exposición a humos de asfalto durante el proceso de pavimentación de carreteras.

## **Objetivos**

1. Determinar los niveles de exposición a humos de asfalto, durante una jornada de trabajo, para comparar los resultados con los límites de exposición recomendados por la ACGIH y NIOSH.
2. Administrar a los trabajadores un cuestionario para recopilar información sobre posibles síntomas o condiciones de salud asociadas a la exposición de humos de asfalto.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **Trasfondo histórico**

El Instituto de Asfalto (1989) menciona que el término asfalto se deriva del acadio “asphaltic”, lengua afroasiática hablada en la antigua Mesopotamia, principalmente por Asirios y Babilonios, entre los años 1400 y 600 antes de Cristo. En esta zona se encuentra, en efecto, la palabra “sphalto” que significa “lo que hace caer”. El término fue adoptado por Homero al griego “asphaltos”, que significa material “firme”. Luego, paso al latín “asphaltum” y, más adelante, al francés “asphalte”, al español “asfalto” y al inglés “asphalt”. Algunos esqueletos de animales prehistóricos han sido encontrados intactos en depósitos asfálticos naturales.

De acuerdo a datos históricos, el asfalto es considerado como el material más antiguo utilizado por el hombre. En la construcción, la utilización más antigua se remonta, aproximadamente, para el año 3200 antes de Cristo. Excavaciones efectuadas en TellAsmer, a 80 km al noreste de Bagdad, evidenciaron que los Sumerios (habitantes de la región sur de Mesopotamia) utilizaron un pegamento de asfalto para la construcción (Torrejón, 2003). Este pegamento, el cual estaba compuesto por betún, finos minerales y paja, se utilizaba en la pega de ladrillos, en la construcción de pavimentos interiores (de 3 a 6 cm de espesor), para tratamientos superficiales externos de protección y como revestimiento impermeable en los baños públicos (NAPA, 2008). En las cercanías de las ciudades de Sodoma y Gomorra, antiguas ciudades que formaban parte de lo que hoy día

se conoce como Palestina, hubo una próspera industria para elaborar asfalto (Asphalt Institute, 1989).

Por otro lado, los egipcios, alrededor del año 2600 antes de Cristo, utilizaban el asfalto como impermeabilizante en embarcaciones y canales. Además, utilizaban este material como relleno para trabajos de momificación; práctica que se extiende, aproximadamente, hasta el año 300 antes de Cristo (NAPA, 2008). Para el año 625 antes de Cristo, se cree que el asfalto fue utilizado, por primera vez, en Babilonia (antiguo reino localizado en la región de Mesopotamia) como material para construir carreteras. En la Biblia, se menciona el uso de asfalto como mortero en la construcción de la Torre de Babel y como impermeabilizante en el Arca de Noe y la cesta de Moisés (Torrejón, 2003).

Torrejón señala que el asfalto utilizado en tiempos antiguos era obtenido de lagos que se generaron por evaporación de otros componentes del petróleo, los cuales fueron formándose a través de grietas desde los depósitos subterráneos. Según NAPA (2008), para el año 1595, la exploración del Nuevo Mundo trajo consigo el hallazgo de nuevos depósitos naturales de asfalto. Para ese entonces, se descubrió por primera vez el lago asfáltico de Trinidad, en la isla de Trinidad y Tobago. Mientras tanto, en el año 1712, el griego Eirini D'Eyrinis descubrió el yacimiento de asfalto de Val de Travers en Suiza y luego, el yacimiento de Seyssel en el valle del Ródano. A partir de estos yacimientos se elaboró el pegamento de asfalto, aplicado a revestimientos de caminos y senderos.

En el año 1870, se pavimentó en Estados Unidos, en Newark, Nueva Jersey, la primera carretera con asfalto natural importado (NAPA, 2008). Más adelante, en el año 1876, se pavimentó la avenida Pensylvania, en Washington D.C., con asfalto natural

importado del Lago de Trinidad (Asphalt Institute, 1989). La durabilidad de esta pavimentación comprobó que la calidad del asfalto encontrado en América era igual al asfalto importado de Europa (NAPA, 2008).

Con el incremento del uso de vehículos de motor para principios del año 1900, hubo la necesidad de construir nuevas carreteras para proveer un rodaje seguro y duradero. Dado a la gran demanda de asfalto, se construyó en Massachusetts, para el año 1901, la primera facilidad de asfalto moderno (NAPA, 2008). Este tipo de asfalto era más fuerte, ya que era mezclado con material de agregado, el cual impartía más resistencia y durabilidad. Para el año 1902, el asfalto comenzó a ser refinado, lo que conllevó al desarrollo de la industria de pavimentación en los Estados Unidos (Asphalt Institute, 1989). En el año 1907, la producción de asfalto refinado sustituyó el uso de asfalto natural (NAPA, 2008)

Para el año 1963, sobre el 90 % del total de asfalto, y productos de asfalto, vendidos en los Estados Unidos eran derivados del petróleo (NIOSH, 1977). Con el propósito de conservar los recursos naturales, en el año 1970 se comenzó a agregar asfalto reciclado a las mezclas asfálticas utilizadas para la pavimentación de carreteras. Por consiguiente, el asfalto se convirtió en uno de los materiales más reciclados en los Estados Unidos. En el año 1975, alrededor de un 77.9 % del asfalto producido en los Estados Unidos era utilizado para la pavimentación de carreteras; el 17.4 % era utilizado para el sellado de techos y el 4.7 % era utilizado para propósitos misceláneos, por ejemplo: elaboración de aislantes e impermeabilizantes (NIOSH, 1977). Finalmente, para el año 1979, alrededor de 38 millones de toneladas de asfalto fueron utilizadas en los Estados Unidos (Asphalt Institute, 1989).



Hasta el presente, el asfalto continúa empleándose como materia prima en la pavimentación de carreteras. Datos publicados por NAPA (2008) reflejan que alrededor de un 94 % de las carreteras y autopistas de los Estados Unidos son pavimentadas con asfalto. El aumento poblacional suscitado a nivel mundial, a través de los años, ha contribuido a que el asfalto sea elegido como el material de preferencia en la pavimentación de carreteras. Esto se debe a que el asfalto, en comparación con otros materiales como el concreto, posee mayor resistencia y durabilidad. Según NAPA (2008) estudios realizados en Europa y Estados Unidos han demostrado que el asfalto posee un ciclo de vida de menor costo en comparación con el concreto. Además, el asfalto puede durar de 15 a 20 años sin tener que ser reparado; siempre y cuando el diseño de elaboración del mismo se realice de la forma correcta. En Puerto Rico, se continúa utilizando el asfalto en la construcción de carreteras. Actualmente, no existen registros o estadísticas que indiquen desde cuando se utiliza el asfalto en la Isla y la cantidad que se maneja anualmente (Ing. W. Castro, gerente área de Gerencia de Pavimentos de la Autoridad de Carreteras y Transporte, com. pers.).

### **Primeros casos reportados por exposición a humos de asfalto**

Como mencionamos en el capítulo I, el principal problema asociado al manejo de asfalto es la exposición a humos provenientes de la combustión de este material a elevadas temperaturas. De acuerdo a un estudio publicado por NIOSH (1977), entre el año 1920 y 1945 alrededor de 3,753 casos de epitelomas cutáneos fueron reportados en Gran Bretaña, bajo el Acta de Compensación de Trabajadores (Workmen's Compensation Act, por su término en inglés), los cuales fueron atribuidos a la exposición de brea o alquitrán, bitumen (asfalto), parafina, aceite mineral y cualquier otro compuesto

o residuo de una de estas sustancias. El análisis de los casos reportados estuvo basado en la correlación entre las tareas de los empleados, el agente sospechoso de causar el efecto y el lugar donde el cáncer fue diagnosticado. En sólo uno de los casos reportados el cáncer estuvo atribuido a la exposición de bitumen (asfalto). En este caso, el cáncer fue diagnosticado en el rostro de un empleado que llevaba alrededor de 22 años laborando en una industria de asfalto, la cual utilizaba asfalto de origen natural.

Zeglio, para el año 1950, reportó que un total de 22 trabajadores, que laboraron en una compañía de aislantes, en Italia, presentaron irritación en la membrana mucosa del tracto respiratorio luego de haber estado expuestos a humos de asfalto, provenientes de un tanque que contenía asfalto caliente, a una temperatura aproximada de 120 °C (248 °F). Los síntomas y signos de estos trabajadores incluyeron sensación de ardor en la nariz, garganta y pecho, tos, expectoración y pérdida de voz. Zeglio concluyó que caracterizar los humos de asfalto como irritantes no necesariamente reconoce el daño anatómico y los cambios funcionales que ocasionan en el tracto respiratorio. Éste, señaló que la población estudiada era pequeña y que factores como la fatiga, el fumar y el consumo excesivo de alcohol no fueron tomados en consideración durante el estudio.

Guardascione y Cagetti, en el año 1962, reportaron un caso de cáncer de laringe en un empleado dedicado a la pavimentación de carreteras. De acuerdo a los autores, el empleado había trabajado para la compañía de asfalto por alrededor de 31 años y sus funciones principales consistieron en encender el horno para el calentamiento del asfalto líquido (contenía a su vez alquitrán y brea), mezclar, transportar y aplicar el asfalto líquido en el pavimento. Cuando el empleado fue entrevistado, éste expresó haber experimentado sarpullido en la piel en varias ocasiones. Aproximadamente, 4 años antes

de haber sido diagnosticado con cáncer de laringe, el empleado había perdido la voz por espacio de un año. Una biopsia realizada al empleado reveló la presencia de carcinoma en la cuerda vocal izquierda, por lo que el empleado tuvo que ser sometido a una laringotomía. Los autores concluyeron que las únicas sustancias utilizadas por el empleado, que contenían propiedades carcinógenas, eran el alquitrán y los residuos del alquitrán. De todos modos, no hubo evidencia suficiente que apoyara esta aseveración. Aunque el estudio realizado por estos autores presentó un gran valor en términos de señalar un posible riesgo ocupacional cuando se trabaja con el asfalto, el mismo no mostró suficiente información para poder hacer una correlación entre la exposición y el efecto.

Para el año 1977, NIOSH comenzó a evaluar los estudios de caso reportados con respecto a los efectos de exposición a humos de asfalto. Basado en los datos provistos, NIOSH determinó que la exposición a humos de asfalto conlleva irritación en la membrana conjuntiva y membrana mucosa del tracto respiratorio (NIOSH, 2000). A tales efectos, NIOSH recomendó controlar la exposición a humos de asfalto estableciendo un límite de exposición de  $5 \text{ mg/m}^3$ , determinado como total de partícula respirable, en 15 minutos. Para el año 1988, NIOSH estableció que los humos de asfalto pueden ser considerados como un potencial cancerígeno, basado en estudios científicos realizados en animales (National Toxicology Program [NTP], 1997).

En el año 1989, OSHA anunció que aún no tenía un PEL para los humos de asfalto debido a la complejidad de los estudios presentados. Según OSHA, la evidencia de los estudios reportados no era suficiente para determinar un límite de exposición (MacCall, n.d.). Para el año 1992, OSHA propuso un límite de  $5 \text{ mg/m}^3$  en TWA de

ocho horas. Este límite aún no ha sido considerado como oficial por la agencia por lo que, al día de hoy, OSHA continúa evaluando los estudios reportados para establecer un PEL para la exposición a humos de asfalto (NTP, 1997).

## **Marco conceptual**

### Descripción del asfalto

Garber y Hoel (1997) describen el asfalto como una sustancia altamente viscosa, de color negro, la cual está presente en el petróleo crudo. Finklea (n.d.) menciona que el asfalto puede encontrarse en depósitos naturales, donde es habitualmente el residuo de la evaporación y oxidación del petróleo líquido. Tales depósitos se encuentran en California, China, la Federación Rusa, Suiza, Trinidad y Tobago y Venezuela. El Instituto de Asfalto (1989) señala que la mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto y, a veces, casi su totalidad. Sin embargo, existen algunos petróleos que no contienen asfalto. En base a la proporción de asfalto, el petróleo puede clasificarse en: petróleo crudo de base asfáltica, petróleo crudo de base parafínica (contiene parafina pero no asfalto) y petróleo crudo de base mixta (contiene parafina y asfalto).

El asfalto también puede estar impregnado en rocas porosas como la caliza y arenisca (NAPA, 2008). Algunos depósitos han sido encontrados en California, Texas, Oklahoma y Alabama. Las rocas asfálticas pueden ser utilizadas para pavimentar carreteras, una vez el material haya sido preparado para este propósito. Actualmente, éstas no son utilizadas para la pavimentación debido al costo elevado en la transportación (Garber & Hoel, 1997).

El asfalto natural contiene una considerable cantidad de material geológico (piedra y arena, entre otras cosas) y pequeñas cantidades de sustancias bituminosas, cerca de un 4 a 40 % (NIOSH, 2000). De acuerdo a la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés), el asfalto se compone, principalmente, de materiales bituminosos, que consisten de moléculas de hidrocarburos presentes de forma natural u obtenidas a través del petróleo. Pequeñas cantidades de materiales inorgánicos también pueden estar presentes en el asfalto natural, mayormente, como compuestos organometálicos (Asphalt Institute, 1989).

Los asfaltos más utilizados, hoy día, son los derivados del proceso de refinado (destilación) del petróleo crudo (NIOSH, 2000). El Instituto de Asfalto (1989) señala que, prácticamente, todo el asfalto utilizado en Estados Unidos es producido por refinerías de petróleo. Según Garber y Hoel (1997), el proceso de refinado permite separar el petróleo en materiales que tienen diferentes volatilidades (diferentes punto de ebullición) o más bien, separar los materiales volátiles de los no volátiles. Durante el proceso de refinado, el petróleo se calienta para facilitar la evaporación de los materiales a diferentes temperaturas. Luego, éstos pasan a una torre de burbujeo o torre fraccionada en donde los materiales más volátiles son colectados en la parte superior de la torre. Por último, los materiales volátiles se enfrían y, mediante condensación, son recuperados en forma líquida. Los productos que se obtienen durante esta primera fase de separación son: la gasolina, el queroseno destilado, combustible diesel y aceites lubricantes.

Dado a que el asfalto es la base o el componente más pesado del petróleo crudo, éste no se evapora cuando el petróleo es destilado. Por lo tanto, el asfalto se produce como residuo del petróleo crudo (Asphalt Institute, 1989; Finklea, n.d.). De acuerdo a la

División de Compensación para Trabajadores, del Centro de Recursos del Departamento de Seguros de Texas (2006), existen dos tipos de asfalto que se producen como parte de la destilación del petróleo, estos son: asfalto destilado o cemento de asfalto y asfalto soplado u oxidado.

El asfalto destilado o cemento de asfalto es un material de color negro, pegajoso, semi-sólido y altamente viscoso (Garber & Hoel, 1997). Se utiliza, principalmente, en la pavimentación de carreteras. Al ser un material sumamente pegajoso, permite añadir material de agregado como arena, piedra o polvillo, los cuales actúan como base en la pavimentación. Alrededor de un 90 a 95 % por peso de la mezcla de asfalto está compuesta por material de agregado (Asphalt Institute, 1989). El cemento de asfalto también puede ser diluido en un solvente de petróleo, ya sea queroseno, nafta, tolueno o xileno para darle una consistencia más líquida (Garber & Hoel, 1997). A este tipo de asfalto se le conoce, comúnmente, como asfalto cortado y se clasifica de acuerdo al tipo de solvente utilizado (Asphalt Institute, 1989). El solvente tiende a evaporarse una vez la mezcla de asfalto es aplicada al terreno pero, la rapidez con que éste se evapora va a depender de su punto de ignición. Mientras más bajo sea el punto de ignición del solvente, más rápido éste se evapora, aumentando así la consistencia o viscosidad de la mezcla asfáltica.

El cemento de asfalto, por otro lado, puede ser separado en pequeñas partículas y ser dispersado en agua con un agente emulsionante. Estas pequeñas partículas tienen carga eléctrica y las mismas no se fusionan. Pueden permanecer en la suspensión, en la fase líquida, hasta que el agua no se evapore o el agente emulsionante no se fragmente.

A este tipo de mezcla le llamamos emulsión de asfalto, la cual consiste de un 55 a 70 % por peso de asfalto, agua y un agente emulsionante (Garber & Hoel, 1997).

El asfalto soplado u oxidado, por otra parte, se produce aplicando aire al residuo de la destilación del petróleo crudo (Asphalt Institute, 1989). El proceso conlleva transferir el residuo del petróleo, aún cuando se encuentra en su fase líquida, a un convertidor o tanque en donde se aumenta la temperatura y se le aplica aire. El asfalto soplado u oxidado es bastante espeso en comparación con otros tipos de asfalto. Éste se utiliza como material para el sellado de techos, cubiertas de tuberías y aplicaciones hidráulicas (Garber & Hoel, 1997).

El asfalto, en ocasiones, se confunde con el alquitrán, ya que son similares en apariencia y ambos se utilizan para la construcción (Asphalt Institute, 1989; NIOSH, 2000). El alquitrán se produce mediante la destilación de algunos materiales orgánicos como el carbón y la madera, mientras que el asfalto se produce como residuo de la destilación del petróleo crudo (Barth, 1962). Aunque el alquitrán también contiene materiales bituminosos, no debe confundirse con el asfalto, ya que difieren física y químicamente (Finklea, n.d.). El asfalto proveniente del petróleo se compone casi completamente de bitumen, mientras que el contenido de materiales bituminosos en el alquitrán tiende a ser relativamente bajo (Asphalt Institute, 1989). NIOSH (2000) señala que el alquitrán y el asfalto difieren en la proporción de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH, por sus siglas en inglés) y las sustancias cancerígenas conocidas. Por último, el asfalto también es confundido con la brea; una sustancia viscosa de color negro que se obtiene como residuo de la destilación del alquitrán (NIOSH, 2000).

## Composición del asfalto

La composición química del asfalto varía y depende, en gran medida, de la fuente obtenida del petróleo crudo. Roberts et al. (1996) señala que aunque todos los petróleos son, básicamente, moléculas de hidrocarburos, la cantidad y naturaleza de los mismos varía de crudo en crudo. Dado a que el cemento de asfalto es obtenido mediante la destilación del petróleo crudo, su composición química y propiedades también varían de fuente en fuente. Por lo tanto, ningún asfalto puede considerarse similar químicamente.

El Instituto de Asfalto (Superpave™ Series No.1, n.d.) especifica que alrededor de un 90 a 95 % por peso del asfalto está compuesto de moléculas de hidrocarburos. Roberts et al. y Torrejón (2003) coinciden en que la porción remanente está compuesta de dos tipos de átomos: heteroátomos y metales. Los heteroátomos como el nitrógeno, oxígeno y azufre suelen reemplazar átomos de carbono en la estructura molecular del asfalto. La interacción entre cada una de estas moléculas contribuye a que el asfalto sea único con respecto a sus propiedades químicas y físicas. El Instituto de Asfalto (Superpave™ Series No.1, n.d.) menciona que los metales como el vanadio, níquel y hierro están presentes en pequeñas cantidades, cerca del 1 %. La importancia de los metales radica en que éstos ayudan a determinar la fuente del petróleo crudo (Roberts et al., 1996). Además, forman grupos funcionales e imparten polaridad al asfalto, creando así una gran variedad de interacciones químicas entre las moléculas del asfalto (Roberts et al., 1996).

La estructura molecular del asfalto es extremadamente compleja y varía en tamaño y tipo de enlace químico con cada mezcla o fuente de petróleo crudo (Torrejón, 2003). De acuerdo a Roberts et al. la estructura molecular del asfalto es mucho más



importante que la cantidad total de cada elemento por separado. Dado a que el asfalto se transforma de diversas materias orgánicas vivas, bajo diferentes condiciones, la estructura molecular va a depender, en gran medida, de la fuente obtenida del petróleo crudo. El Instituto de Asfalto (Superpave™ Series No.1, n.d.), Jaycox (2000) y King et al. (1984) describen tres tipos de estructura molecular para el asfalto, estas son:

1. Alifática o parafínica, consiste de cadenas de hidrocarburos simples o ramificadas. No posee anillos aromáticos.
2. Cíclica o nafténica, consiste de anillos de hidrocarburos saturados simples o complejos. Gran parte de los hidrocarburos heterocíclicos contienen nitrógeno, oxígeno y azufre.
3. Aromática, consiste de anillos de hidrocarburos no saturados sumamente estables. El benceno y naftaleno tienen este tipo de estructura.

La interacción entre cada una de estas moléculas afecta el comportamiento físico y químico del asfalto. Los enlaces químicos que unen a estas moléculas son relativamente débiles y se rompen fácilmente mediante calor, lo que explica la viscosidad elástica del asfalto. Una vez el asfalto se enfría, los enlaces débiles se unen pero, no de la forma original (Asphalt Institute-Superpave™ Series No. 1, n.d.). Debido a la naturaleza cambiante de la estructura molecular del asfalto, resulta sumamente difícil realizar un análisis químico para caracterizar su composición (Roberts et al., 1996; NTP, 1997). Es por esta razón que solamente se realizan medidas físicas para determinar si el asfalto cumple con las especificaciones establecidas con respecto a su utilización (Asphalt Institute, 1989). La interacción entre las moléculas del asfalto le imparte versatilidad al

mismo y permite que éste sea un material sumamente atractivo para la ingeniería (Asphalt Institute-Superpave™ Series No.1, n.d.).

### Usos del asfalto

El asfalto es utilizado para una gran variedad de propósitos. Por más de 5,000 años éste ha sido empleado en la construcción de carreteras, sellado de techos, impermeabilizantes y otras aplicaciones industriales, dado a sus propiedades de adhesividad, flexibilidad, durabilidad, impermeabilidad y habilidad para formar fuertes mezclas cohesivas con agregados minerales (Asphalt Institute, 1989; NIOSH, 2000).

De acuerdo al Instituto de Asfalto (1989) en Estados Unidos se produce, anualmente, millones de toneladas de asfalto. La mayor parte del asfalto producido es utilizado para la pavimentación (cerca del 87 %) y sellado de techos (cerca del 11 %). Sólo cerca del 1 % es utilizado para otros propósitos, por ejemplo: pinturas, impermeabilizantes y aislantes (Asphalt Institute, 1990; Finklea, n.d.; NIOSH, 2000; NTP, 1997).

De los tres tipos de asfalto producidos por la destilación del petróleo crudo (cemento de asfalto, asfalto cortado y emulsión de asfalto), el 85 % es utilizado como cemento de asfalto para la pavimentación de carreteras. Alrededor del 4% del asfalto cortado y el 11 % de la emulsión de asfalto es utilizado para el mantenimiento de carreteras (NIOSH, 2000; NTP, 1997). Esto demuestra que el asfalto es un material sumamente versátil y atractivo para la ingeniería.

## Proceso de pavimentación de carreteras

El asfalto utilizado en la pavimentación de carreteras se compone de una mezcla de cemento de asfalto con material de agregado (arena, piedra o polvillo). Esta mezcla es preparada en una planta o facilidad dedicada para este propósito. La cantidad y tamaño del material de agregado depende del tipo de mezcla asfáltica requerida para la pavimentación. El proceso de mezclado se lleva a cabo en un horno, a elevadas temperaturas, cuyo propósito principal consiste en eliminar el exceso de humedad presente en la mezcla. Una vez la mezcla es preparada, ésta es depositada en camiones de carga para ser transportada al lugar donde se realizará la pavimentación (Asphalt Institute, 1989).

Antes de comenzar el proceso de pavimentación un camión distribuidor aplica al terreno una capa de asfalto líquido, ya sea asfalto cortado o emulsionado, para permitir que la mezcla de asfalto se adhiera fácilmente al terreno. Esta capa de revestimiento provee una cubierta impermeable al terreno y protege el mismo contra la abrasión por el tráfico vehicular (Asphalt Institute, 1989). La cantidad y tipo de asfalto líquido utilizado debe cumplir con las especificaciones establecidas por la Asociación Americana de Autopistas Estatales y Oficiales de Transportación (AASHTO, por sus siglas en inglés).

Una vez el terreno ha sido preparado, el camión que contiene la mezcla de asfalto caliente procede a descargar el material en el equipo para pavimentar. Este equipo esparce la mezcla de asfalto en el terreno, controla el ancho y espesor de la mezcla y, parcialmente, compacta la misma mientras está en movimiento. La temperatura de aplicación de la mezcla puede fluctuar entre 85 a 150 °C ó 185 a 300 °F. Es importante mantener la temperatura controlada, ya que la misma puede afectar las propiedades de la

mezcla de asfalto y por consiguiente, intervenir en el proceso de pavimentación. Finalmente, un equipo o rolo compactador aplana la mezcla para brindar una superficie más lisa y apta para su uso.

De acuerdo al Instituto de Asfalto (1989), el proceso de pavimentación puede ser realizado con la ayuda de seis a 10 trabajadores. Las tareas de los trabajadores son las siguientes (Figura 1):

- Operador de equipo para pavimentar, se encarga de guiar el equipo durante la pavimentación. Puede haber un operador a cada extremo del equipo dependiendo de cuan ancho sea el terreno ha pavimentar.
- Manivelero, está ubicado en la parte trasera del equipo para pavimentar (manivela) y se encarga de controlar el ancho y espesor de la mezcla de asfalto. Puede haber un manivelero en cada extremo del equipo.
- Palero, transporta la mezcla de asfalto a aquellas áreas del terreno que quedaron descubiertas, utilizando como instrumento una pala. Puede haber más de un palero durante el proceso.
- Lupero, se encarga de realizar las terminaciones de la mezcla, utilizando como instrumento una lupa. Puede haber más de un lupero durante el proceso.
- Rolero, se encarga de guiar el equipo para aplanar o compactar el terreno.

#### Riesgos asociados al proceso de pavimentación de carreteras

Durante el proceso de pavimentación, el asfalto se calienta a elevadas temperaturas. Como resultado de este proceso se emiten al ambiente vapores que surgen como producto de la quema de hidrocarburos presentes en el asfalto (Asphalt Institute,

1989). Por “quema” entendemos la oxidación rápida de estos compuestos para producir calor. A esta reacción química le llamamos combustión y la misma consiste en la quema de hidrocarburos, y elementos como el azufre y nitrógeno, en presencia de oxígeno para producir calor y energía (Jones & Dugan, 1996).

Los vapores liberados como producto de la combustión del asfalto se condensan a medida que estos entran en contacto con la atmósfera circundante. El producto de la condensación es conocido como humos de asfalto (NIOSH, 2000). Patty (1963) y el Programa Nacional de Toxicología (NTP, por sus siglas en inglés, 1997) describen los humos de asfalto como pequeñas partículas sólidas generadas por la condensación de un estado gaseoso, luego de la volatilización (evaporación) del asfalto. Mientras tanto, Calzavara et al. (2003) menciona que los humos de asfalto consisten de partículas sólidas suspendidas en el aire, las cuales son pequeñas en tamaño ( $\leq 12.5 \mu\text{m}$ ) y de forma irregular. King et al. (1984) y Ma et al. (2003), por otro lado, señalan que los humos de asfalto consisten de una mezcla compleja de aerosoles (partículas) y vapores que contienen compuestos orgánicos, como los hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH, por sus siglas en inglés) y compuestos heterocíclicos que contienen átomos de nitrógeno, oxígeno y azufre.

La exposición a esta mezcla de materiales puede presentar un riesgo potencial a la salud, en especial para los empleados de pavimentación de carreteras (AIHA, 2002). Según el Instituto de Asfalto (1990) alrededor de 300,000 empleados trabajan en la industria de pavimentación, lo que representa un alto riesgo de exposición a humos de asfalto. Antonini et al. (2003) y NIOSH (2005) mencionan que la mayor ruta de exposición a humos de asfalto es la inhalación, absorción y el contacto de la piel y ojos.

El estudio realizado por NIOSH, en el año 1977, dio inicio a la publicación de diversos estudios, epidemiológicos y toxicológicos, con respecto a los efectos agudos (a corto plazo) y crónicos (a largo plazo) asociados a la exposición de humos de asfalto. En esta sección presentaremos algunos ejemplos de posibles síntomas relacionados a la exposición de humos de asfalto de acuerdo a estudios publicados por diversos científicos o entidades.

#### *Efectos agudos (corto plazo) a la salud*

En el año 1977, a base de la literatura científica disponible y los estudios de caso reportados, NIOSH determinó que la exposición a humos de asfalto conlleva irritación de la membrana conjuntiva (ojos) y membrana mucosa del tracto respiratorio superior (nariz y garganta). En el año 1990, la Asociación Europea de Productores de Asfalto (European Asphalt Producers Association, por su término en inglés) evaluó la literatura científica disponible sobre los efectos de exposición a humos de asfalto e identificó tres estudios importantes que no habían sido evaluados por NIOSH (Fries & Knudson, 1990). El primer estudio fue realizado por Hasle et al. (1977) y tuvo como objetivo evaluar 166 empleados daneses dedicados a la pavimentación de carreteras. El estudio reflejó que los trabajadores de pavimentación experimentaron bronquitis crónica (25 %) y dificultad al respirar (40 %) luego de haber estado expuestos a humos de asfalto. El segundo de los estudios fue publicado por Schaffer et al. (1985) y el mismo consistió en realizar análisis clínico, bioquímico y rayos X a 50 trabajadores expuestos a humos de bitumen (asfalto). De acuerdo a los autores, hubo un aumento en la presencia de síntomas como dolor de pecho, irritación en la piel y bronquitis. El tercer, y último de los estudios, identificado por la Asociación Europea de Productores de Asfalto, fue realizado por Waage y Nielson

(1986). Éstos, reportaron una alta incidencia de síntomas como dolor de estómago e irritación de ojos y piel en trabajadores que pavimentaban carreteras en Noruega. Además, los autores indicaron que hubo una alta incidencia de dolor de cabeza, mareo, somnolencia, náusea y reducción en el apetito.

En un estudio realizado por Norseth et al. (1991), en Noruega, aquellos trabajadores que pavimentaban carreteras presentaron síntomas como fatiga, reducción en el apetito e irritación en los ojos y laringe, luego de haber estado expuestos a humos de asfalto. Por otro lado, una serie de encuestas y cuestionarios de salud administrados por NIOSH a diversos trabajadores de pavimentación, en siete estados de Estados Unidos, reflejaron que los trabajadores experimentaron irritación en los ojos, nariz y garganta, tos y dificultad al respirar mientras pavimentaban. Este estudio fue realizado por NIOSH y la Administración Federal de Autopistas (FHWA, por sus siglas en inglés), del Departamento de Transportación de los Estados Unidos. El propósito del estudio consistió en evaluar la exposición ocupacional y los efectos a la salud en aquellos trabajadores que utilizaban asfalto mezclado con goma triturada y asfalto con material de agregado.

Mientras tanto, Sylvain y Miller (1996) indicaron que una Evaluación de Riesgo a la Salud (HHE, por sus siglas en inglés) realizada por NIOSH, en Boston, Massachusetts, demostró que la exposición a humos de asfalto produjo irritación de ojos y nariz, tos y dificultad al respirar. En este estudio la población evaluada consistió en trabajadores de pavimentación de carreteras que realizaban este tipo de actividad bajo un túnel.

Por último, el Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores de Nueva Jersey (2007) señaló que la exposición a humos de asfalto puede causar dolor de

cabeza, mareo, náusea y vómitos. Además, el contacto con los humos de asfalto puede irritar la piel, causar graves quemaduras, dermatitis y lesiones parecidas al acné (Finklea, n.d.).

### *Efectos crónicos (largo plazo) a la salud*

Diversos estudios epidemiológicos han sido realizados con el propósito de evaluar si la exposición a humos de asfalto conlleva efectos cancerígenos en los trabajadores que pavimentan carreteras. A tales efectos, Hansen, para el año 1989 y 1991, realizó un estudio retrospectivo para evaluar la incidencia de muertes de cáncer en trabajadores daneses que utilizaban pegamento de asfalto (contiene arena, piedra caliza y asfalto) para la pavimentación de carreteras. En este estudio, Hansen comparó las causas de muerte de los empleados con el resto de la población masculina en Dinamarca. Los resultados demostraron una alta incidencia de cáncer en el sistema digestivo y sistema respiratorio de los trabajadores de pavimentación. Sin embargo, críticas realizadas por diversos científicos determinaron que el estudio de Hansen no controló de forma adecuada los factores como el hábito de fumar y el lugar de residencia de los trabajadores.

Engholm et al. (1991), por otro lado, indicó que un estudio realizado por la Organización de Construcción Industrial Sueca para el Ambiente de Trabajo, la Salud y Seguridad (Swedish Construction Industry Organization for Working Environment, Safety and Health, por su término en inglés) sobre la mortalidad de cáncer en trabajadores de pavimentación, reflejó una incidencia de cáncer de estómago en los trabajadores. El autor concluyó que los resultados obtenidos no eran significativos, desde el punto de vista estadístico, ya que el número de casos reportados fue relativamente bajo.



Maizlish et al. (1998) llevo a cabo un estudio de mortalidad, en California, cuyo objeto de estudio fueron los trabajadores de mantenimiento de carreteras, los cuales habían estado expuestos a humos de asfalto. El autor encontró que estos trabajadores tuvieron una alta incidencia en muertes por enfisema pulmonar. Sin embargo, el autor reportó una incidencia no significativa en excesos de muerte de cáncer en el sistema linfático, órganos digestivos, piel, estómago, próstata y cerebro. El estudio no reportó un exceso de muerte por cáncer pulmonar.

Un estudio retrospectivo de mortalidad realizado por Bender et al. (1989), en Minnesota, tuvo como propósito evaluar la incidencia de muerte por cáncer en trabajadores de mantenimiento. Los autores reportaron que hubo un exceso en la mortalidad por cáncer en aquellos trabajadores de mantenimiento de zonas urbanas. El estudio reflejo una incidencia de cáncer en la boca y faringe, riñones, vejiga, y otros órganos del sistema urinario, en aquellos trabajadores que tenían más de 40 años de experiencia. Por otra parte, los autores encontraron casos de muerte por leucemia en trabajadores que tenían sobre 30 a 39 años de experiencia. El Departamento de Salud de Minnesota concluyó que los casos de leucemia encontrados no pueden ser atribuidos al tipo de trabajo, ya que el mantenimiento de carreteras conllevaba actividades adicionales a las de pavimentación de carreteras. Un estudio epidemiológico europeo sobre la mortalidad de cáncer en trabajadores de asfalto concluyó que aquellos trabajadores que laboran en la pavimentación de carreteras, mezclado de asfalto y otros trabajos relacionados a la exposición de humos de asfalto pueden presentar un pequeño aumento en la mortalidad por cáncer pulmonar (Boffetta et al., 2003).

Ma et al. (2003) y MacClean (2004) entienden que el riesgo de cáncer ocurre por la presencia de PAHs en los humos de asfalto, ya que algunos de ellos han sido reconocidos como cancerígenos en pruebas de laboratorio realizadas en animales. La IARC (1987; 2002) ha clasificado algunos PAHs como **probables cancerígenos** (clase 2A), entre ellos: benzo[a]antraceno (BaA), benzo[a]pireno (BaP) y dibenzo[a,h]antraceno, y otros como **posibles cancerígenos** (clase 2B), por ejemplo: naftaleno (NAP), benzo[k]fluoranteno (BkF), benzo[b]fluoranteno (BbF) e indeno [1,2,3-cd]pireno (IPY).

MacClean et al. (2004) señala que el asfalto contiene una mezcla compleja de PAHs y que los trabajadores de asfalto pueden estar expuestos a estas sustancias, ya sea por inhalación o absorción. Durante la pavimentación de carreteras, muestreos a nivel ocupacional y ambiental han detectado, en pequeñas cantidades, la presencia de PAHs en los humos de asfalto (Monarca et al., 1987; Watts et al., 1998). Los PAHs pueden metabolizarse en el cuerpo para producir metabolitos cancerígenos, los cuales pueden dañar el material genético de las células (Ma et al., 2003). Muestras de orina tomadas a diversos trabajadores expuestos a humos de asfalto han detectado la presencia de 1-hidroxipireno (OH-Py), un metabolito del hidrocarburo pireno (PYR, por sus siglas en inglés), el cual ha sido catalogado como un marcador biológico para los PAHs (Campo et al., 2006).

Aunque algunos de los estudios que hemos mencionado han demostrado que la exposición a humos de asfalto puede estar asociada a la mortalidad por diversos tipos de cáncer, actualmente, no se considera evidencia suficiente como para decir que los humos de asfalto por si solos causan cáncer. Algunas limitaciones de los estudios han

demostrado que los autores no tomaron en consideración los hábitos de fumar entre los trabajadores, el área en donde éstos residen y la exposición a otras sustancias añadidas a la mezcla de asfalto durante la pavimentación de carreteras (i.e., aditivos y el uso de alquitrán o brea).

Sin embargo, NIOSH, en testimonio al Departamento del Trabajo y OSHA, recomendó que los humos de asfalto sean considerados como un potencial cancerígeno a nivel ocupacional. Esta recomendación estuvo basada en la información presentada en el estudio publicado por NIOSH, en el año 1977, y en el estudio realizado por Niemeier et al. (1988), el cual demostró que la exposición a condensados de humos de asfalto produjo tumores en la piel de dos sepas distintas de ratones (NTP, 1997). Mientras tanto, la IARC (grupo 3) y la ACGIH (grupo A4) clasificaron los humos de asfalto como no cancerígenos en humanos (IARC 1985, 1987; ACGIH, 2004).

### **Estudios de caso**

A continuación presentamos varios estudios de caso relacionados con la exposición a humos de asfalto en trabajadores de pavimentación y sus efectos adversos a la salud. Nos parece importante señalar que estos estudios han sido realizados en otros países (a nivel mundial), ya que en Puerto Rico, prácticamente, no existen estudios similares.

**Caso 1:** Estudio sobre síntomas respiratorios y limitaciones en las vías respiratorias de trabajadores de asfalto en Oslo, Noruega

Randem, Ulvestad, Burstyn y Kongerud (2004) realizaron un estudio en Oslo, Noruega, con el propósito de evaluar los síntomas respiratorios y enfermedades de obstrucción respiratorias en un grupo de trabajadores de pavimentación. Según los

autores, las enfermedades de obstrucción respiratorias pueden ser divididas en: asma bronquial y enfermedades de obstrucción pulmonar crónica (COPD, por sus siglas en inglés). Para el estudio, se utilizó como referencia un grupo de trabajadores de construcción, al aire libre, pertenecientes a la misma compañía bajo estudio.

Un total de 64 trabajadores de pavimentación y 195 trabajadores de construcción fueron estudiados. Para evaluar los síntomas respiratorios y enfermedades de obstrucción respiratorias, se le administró a la población un cuestionario de salud y se realizó pruebas de espirometría para evaluar la función pulmonar. En el cuestionario, se evaluaron síntomas como alergias, hábitos de fumar, dolor de pecho, silbido en el pecho, irritación de ojos, dificultad al ejercitarse, asma diagnosticada y COPD. Los síntomas respiratorios y la función pulmonar fueron ajustados por edad y hábitos de fumar. La prueba de espirometría fue medida por la razón entre el Volumen de Fuerza Respiratoria en un segundo ( $FEV_1$ , por sus siglas en inglés) y la Capacidad de Fuerza Vital (FVC, por sus siglas en inglés) por 100. Aquellos sujetos que reflejaron una razón de ( $FEV_1/FVC$ ) menor a 0.7, en combinación con un historial de tos crónica, flema al toser, dificultad al respirar y silbido, fueron diagnosticados con COPD.

Los resultados de este estudio demostraron que los trabajadores de pavimentación tuvieron una alta incidencia de COPD (18.8 %) y asma diagnosticada (14.1 %) en comparación con el grupo de referencia (7.7 % para COPD y 2.1 % para asma diagnosticada). A pesar de que los trabajadores de pavimentación, en promedio, eran de menor edad (37 años versus 40 años) y llevaban menos tiempo realizando este tipo de actividad (11 años versus 16 años), éstos tuvieron una mayor disposición a presentar problemas respiratorios. Con respecto a los resultados de las pruebas de espirometría, la

razón entre FEV<sub>1</sub>/FVC fue significativamente decreciendo en los trabajadores de pavimentación con respecto a los trabajadores de construcción.

De acuerdo a los autores, los resultados de este estudio apoyaron las ideas establecidas por diversos estudios, en donde se establece que el manejo de asfalto esta asociado con problemas respiratorios a corto plazo. Además, este estudio confirmó el pensamiento señalado en algunos estudios de mortalidad, los cuales mencionan que los trabajos de pavimentación contribuyen al desarrollo de enfermedades pulmonares crónicas.

**Caso 2:** Estudio sobre los efectos a la salud por exposición ocupacional a humos de asfalto en siete estados de Estados Unidos

Entre el año 1994 y 1997 la Administración Federal de Autopistas, del Departamento de Transportación de Estados Unidos (FHWA, por sus siglas en inglés), y NIOSH realizaron un acuerdo para evaluar la exposición de los trabajadores de pavimentación a los humos de asfalto. El acuerdo entre ambas entidades apoyo, a su vez, un programa de la FHWA, el cual consistió en añadir goma triturada a la mezcla de asfalto. Por lo tanto, el estudio tuvo como propósito evaluar la exposición ocupacional y los efectos a la salud en aquellos trabajadores de pavimentación que utilizaron asfalto, en combinación con goma triturada, versus el asfalto convencional (asfalto y material de agregado).

Un total de siete Evaluaciones de Riesgo a la Salud (HHE, por sus siglas en inglés) se realizaron en Michigan, Florida, Indiana, Arizona, Massachusetts y dos regiones de California: Sacramento y San Diego. En cada evaluación se tomaron muestras ocupacionales a un total de seis a diez trabajadores de pavimentación, cuyas

tareas tuvieron una exposición directa al asfalto durante el proceso de pavimentación. Las muestras fueron tomadas en la zona de respiración de cada empleado y las mismas fueron analizadas para determinar la cantidad total de partícula respirable. Como grupo control, se escogieron trabajadores de carreteras que no realizaron tareas de pavimentación. El muestro se realizó durante dos días, para los trabajadores que pavimentaron con asfalto mezclado con goma triturada, y dos días para los trabajadores que pavimentaron con asfalto convencional. Con respecto al grupo control, el muestreo se realizó por un período de cuatro días. Para este estudio, NIOSH publicó, solamente, los resultados obtenidos como parte de la evaluación de riesgo realizada a los trabajadores de pavimentación que utilizaron asfalto convencional. Los resultados de la evaluación de riesgo de los trabajadores que utilizaron goma triturada no fueron incluidos dado a la complejidad de los efectos a la salud asociados con este tipo de mezcla.

Tanto a los trabajadores de pavimentación como al grupo control, se le administraron cuestionarios de salud y encuestas para determinar la presencia de síntomas de exposición a humos de asfalto. Además, a ambos grupos de trabajadores (pavimentación y grupo control) se le realizaron pruebas de espirometría para evaluar los cambios agudos en la función pulmonar. Un total de 44 trabajadores de pavimentación y 45 trabajadores de carreteras completaron 376 y 389 cuestionarios de salud durante el curso del estudio en los siete estados de Estados Unidos.

Los resultados del cuestionario demostraron que en seis de los siete estados incluidos en la HHE, los trabajadores de pavimentación presentaron mayores síntomas de exposición en comparación con los trabajadores de carreteras que no realizaron este tipo de actividad. Los síntomas reportados fueron: irritación en la nariz, garganta, ojos y piel,

tos, dificultad al respirar y silbido en el pecho. Pese a que los resultados de las muestras ocupacionales fueron por debajo de  $0.5 \text{ mg/m}^3$ , los trabajadores de pavimentación presentaron una mayor cantidad de síntomas de exposición. Con respecto a las pruebas de espirometría sólo uno de los 44 trabajadores de pavimentación presentó cambios en la función pulmonar. NIOSH indicó que este trabajador era fumador y que había sido diagnosticado con asma, la cual fue desarrollada luego de haber comenzado a trabajar en la pavimentación de carreteras.

**Caso 3:** Estudio sobre la inhalación y exposición dermal en los trabajadores de pavimentación de carreteras en Boston, Massachusetts

Este estudio se realizó para: 1) determinar si la exposición a PAH, por inhalación o contacto, es mayor en aquellos trabajadores expuestos al asfalto; 2) identificar factores de trabajo (i.e., tareas de pavimentación, porcentaje de asfalto reciclado, entre otras cosas) que contribuyen a la exposición de PAH por inhalación y contacto; y 3) caracterizar la relación entre la exposición por inhalación y contacto.

El estudio incluyó tres grupos de trabajadores de construcción: 20 trabajadores de pavimentación, 12 trabajadores encargados de remover el asfalto y preparar el terreno para la nueva pavimentación y, 6 trabajadores que no estuvieron en contacto con la mezcla de asfalto pero, se dedicaron a construir aceras en las carreteras. Todos los participantes fueron varones y trabajaron en Boston, Massachusetts, en la misma compañía bajo estudio. El diseño del estudio consistió en tomar muestras ocupacionales (partículas totales y vapor) en la zona de respiración de cada trabajador. Para evaluar los efectos de exposición por contacto, se colocaron muestras de parches en las muñecas de los trabajadores.

Los resultados de este estudio reflejaron que tanto las tareas de los trabajadores de pavimentación como el contenido de asfalto reciclado fueron factores determinantes para la exposición a PAH por inhalación y contacto. Según MacClean et al. (2004) aquellos trabajadores que estaban más cerca de la zona donde se descargaba la mezcla de asfalto, estuvieron más propensos a inhalar humos de asfalto en comparación con aquellos trabajadores que realizaron tareas lejos de la fuente de emisión. Mientras tanto, la exposición a PAH por contacto fue consistente en aquellos trabajadores que tuvieron mayor interacción con superficies contaminadas con asfalto (i.e., utensilios de mano y equipos de control). Por otro lado, el porcentaje de asfalto reciclado también fue un factor determinante para la exposición a PAH. De acuerdo al estudio, no estuvo claro si el aumento en la exposición provino del asfalto reciclado o de las altas temperaturas requeridas cuando éste se añadía a una nueva mezcla de asfalto. La temperatura de la mezcla no fue medida durante el estudio, por lo que la misma no fue considerada como un modelo de exposición.

**Caso 4:** Estudio sobre exposición ocupacional a bitumen (asfalto) durante la pavimentación de carreteras en 13 lugares distintos de Europa

La AIHA realizó un estudio para recopilar datos de exposición, sobre diferentes actividades de pavimentación, para futuros estudios epidemiológicos. Los niveles de exposición fueron determinados mediante análisis de muestras de aire, recolectadas en la zona de respiración de los trabajadores, y a través de muestras biológicas para detectar la absorción del metabolito 1-hidroxipireno (1-OHP) en la orina.

El estudio se llevó a cabo en 13 lugares de Europa, en donde se utilizaron alrededor de 11 mezclas distintas de asfalto (i.e., emulsión, mezcla de asfalto caliente,



pegamento de asfalto y asfalto reciclado, entre otros). En todos los lugares de pavimentación los autores determinaron la concentración de partículas totales, humos de bitumen (asfalto), compuestos orgánicos semi-volátiles (SVOCs, por sus siglas en inglés), PAHs totales (hidrocarburos de 2 a 3 anillos) y PAHs de 5 a 6 anillos. El estudio evaluó, además, la exposición de cada una de las tareas de los trabajadores de pavimentación (i.e., operador del equipo para pavimentar, manivelero, lupero y operador del equipo compactador, entre otros) a las sustancias antes mencionadas.

Las muestras de aire fueron tomadas en la zona de respiración de 70 trabajadores de pavimentación y 10 trabajadores que controlaron el tráfico vehicular durante esta actividad. El muestreo fue realizado durante la temporada de pavimentación, entre el año 1992 al 1996, por un período de seis a ocho horas diarias. La temperatura de la mezcla de asfalto, temperatura ambiental y velocidad del viento fueron evaluadas durante este estudio. Para el monitoreo biológico, alrededor de 32 muestras de orina fueron recolectadas para detectar la absorción del metabolito 1-OHP, el cual es un indicador biológico utilizado para evaluar la exposición a PAHs. Las muestras de orina fueron clasificadas según los hábitos de fumar de los trabajadores (fumadores y no fumadores).

Los resultados de este estudio demostraron que la concentración de las partículas totales estuvo por debajo de  $1 \text{ mg/m}^3$  en la mayoría de las 11 mezclas de asfalto utilizadas para pavimentar. Sólo aquellos trabajadores que utilizaron pegamento de asfalto tuvieron una exposición mayor de  $1 \text{ mg/m}^3$  ( $4.2 \text{ mg/m}^3$ ). De acuerdo a la AIHA, aproximadamente, un 75 % de la concentración de partículas totales estuvo por debajo del TLV<sup>®</sup> establecido por la ACGIH ( $0.5 \text{ mg/m}^3$ ).

La concentración mayor de humos de bitumen fue obtenida cuando se utilizó pegamento de asfalto durante la pavimentación ( $2.65 \text{ mg/m}^3$ ). La concentración de humos de bitumen, de las mezclas de asfalto restantes, estuvo por debajo de  $0.2 \text{ mg/m}^3$ . La AIHA señaló que la temperatura fue un factor determinante en la concentración de los humos de bitumen. Cuando la temperatura excedía los  $170 \text{ }^\circ\text{C}$ , la concentración de los humos de bitumen sobrepasaba el TLV<sup>®</sup> de  $0.5 \text{ mg/m}^3$ .

Con respecto a los SVOCs, el estudio demostró que la concentración mayor se detectó durante la preparación del terreno con asfalto líquido ( $28.5 \text{ mg/m}^3$ ). Antes de comenzar el proceso de pavimentación se le aplicó al terreno una capa de asfalto líquido para permitir que la mezcla de asfalto se adhiriera con facilidad. Según la AIHA, la fuente principal de SVOCs proviene del tipo de solvente de petróleo utilizado para diluir el cemento de asfalto y proveerle una consistencia más líquida.

La concentración de PAHs, por otro lado, fue medida por la exposición de los trabajadores a humos de bitumen y a los gases provenientes del equipo para pavimentar y el tráfico vehicular cercano al área de pavimentación. La exposición de los trabajadores a los gases del tráfico vehicular fue estimada de acuerdo a las muestras tomadas en la zona de respiración de los trabajadores que controlaron el tráfico durante la pavimentación. Al evaluar el promedio aritmético de la exposición a PAH totales (comprende hidrocarburos de 2 a 3 anillos), la concentración de los trabajadores que controló el tráfico fue menor ( $0.34 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) en comparación con el resto de los trabajadores de pavimentación ( $3.37 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). Mientras tanto, la concentración de PAHs de 5 a 6 anillos fue mayor en aquellos trabajadores que utilizaron pegamento de asfalto como materia prima ( $0.45 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). De acuerdo al estudio, el 80 % de los PAH caracterizados correspondió a naftaleno. La

AIHA señaló que la variación en las concentraciones de PAHs totales y PAHs de 5 a 6 anillos se debió al origen del petróleo crudo y el proceso de manufactura para producir asfalto. Además, la exposición a PAHs fue difícil de predecir cuando se tomó en consideración la cantidad de esta sustancia en los humos de bitumen.

Las concentraciones del metabolito 1-OHP, por otra parte, no fueron significativamente diferentes en la orina de los 32 trabajadores de pavimentación tomadas antes y después de finalizado el turno de trabajo. De acuerdo al estudio, la similitud en las concentraciones de 1-OHP se debió a la absorción del hidrocarburo pireno de fuentes adicionales a los humos de bitumen o al retraso en la absorción de pireno a través de la piel. La ingestión de comida y los hábitos de fumar son fuentes que pudieron afectar la exposición a pireno.

Por otro lado, la concentración de 1-OHP fue significativamente mayor en los trabajadores de pavimentación, como grupo, en comparación con el grupo de referencia (trabajadores de oficina, fumadores y no fumadores, provenientes de un grupo de referencia en Finlandia). 1-OHP ha sido encontrado como un buen indicador de exposición ocupacional para grupos expuestos a niveles altos o moderados de PAHs. Estudios recientes han concluido que el metabolito 1-OHP puede ser utilizado como un indicador biológico para determinar la exposición a niveles bajos de PAHs.

Sin embargo, las concentraciones de 1-OHP fueron dos veces más alta en los trabajadores fumadores versus los no fumadores. Según la AIHA, el fumar aumentó la ingesta del hidrocarburo pireno a través de manos contaminadas. Por el contrario, los niveles de 1-OHP en los trabajadores no fumadores fue dos veces mayor en comparación con el grupo de referencia.

Al comparar la exposición a partículas totales, humos de bitumen, SVOCs y PAHs entre las tareas de los trabajadores de pavimentación (operador del equipo para pavimentar, manivelero, lupero y operador del equipo compactador), el estudio no demostró una diferencia significativa en la exposición a cada una de estas sustancias. De acuerdo al estudio la concentración mayor de partículas totales, humos de bitumen, SVOCs y PAHs totales fue detectada en los operadores del equipo para pavimentar. Sin embargo, la concentración de todas las impurezas medidas fue menor en los operadores que utilizaron el equipo compactador en comparación con el resto del grupo de pavimentación.

Por último, la AIHA concluyó que las emisiones de bitumen son una mezcla compleja de vapores y partículas. Los vapores de bitumen están compuestos, principalmente, de hidrocarburos alcanos pero, también contienen pequeñas cantidades de PAHs así como algunos compuestos de azufre. Los PAHs encontrados en las emisiones de bitumen fueron, básicamente, hidrocarburos de 2 a 3 anillos. La concentración de PAHs, a la cual los trabajadores de pavimentación están expuestos, fue significativamente alta durante la pavimentación de carreteras en comparación con las concentraciones de PAHs provenientes del flujo vehicular. Además, los trabajadores de pavimentación no solo están expuestos a humos de bitumen sino también, a humos de diesel. Controlar la temperatura de pavimentación es un factor esencial para controlar la concentración de los humos de bitumen, a la cual los trabajadores están expuestos durante la pavimentación de carreteras.

**Caso 5:** Cuestionario administrado a trabajadores de pavimentación y selladores de techo sobre síntomas de piel asociados al trabajo y la exposición a bitumen (asfalto) en Finlandia

Los autores Riala et al. (1998) administraron un cuestionario, a 50 trabajadores selladores de techos y 101 trabajadores de pavimentación, para recopilar información sobre síntomas de piel asociados al trabajo y la exposición a bitumen (asfalto). De acuerdo a los autores, el contacto de la piel con bitumen puede desarrollar dermatitis. Aunque el mayor riesgo asociado al manejo de bitumen son las quemaduras en la piel, existe poca evidencia en la literatura dermatológica con respecto a los síntomas de piel causados por trabajar con bitumen (Riala et al., 1998). Por lo tanto, el cuestionario administrado a los trabajadores evaluó lo siguiente: 1) síntomas en la piel (i.e., irritación en la piel, dermatitis y lugar donde la dermatitis fue diagnosticada, entre otros); 2) uso de equipo de protección personal; 3) hábitos de fumar; 4) patrón alimentario; 5) condiciones de trabajo; y 6) frecuencia con la que los trabajadores se cambian y limpian el equipo de protección personal.

Alrededor de un 48 % de los trabajadores de pavimentación y un 58 % de los trabajadores de techo contestaron el cuestionario. Los resultados del estudio demostraron que las tareas de los trabajadores de pavimentación (31 %) y selladores de techo (44 %) producen irritación en la piel. Por otro lado, los trabajadores de pavimentación reportaron un mayor porcentaje de casos de dermatitis (22 %) en comparación con los trabajadores de techo (15 %). Según el estudio, la dermatitis fue más frecuente en los brazos, manos, rostro, cuello y extremidades inferiores (entiéndase pies y tobillos). Además, un 91 % de los trabajadores de pavimentación y un 100 % de los trabajadores de techo contestaron que las manos son las que mayor exposición tuvieron al bitumen.

Con respecto a las condiciones de trabajo, el 31 % de los trabajadores de pavimentación reportaron que los problemas en la piel se debieron al uso de aminas añadidas a la mezcla de asfalto y al uso de nafta y solventes para reparar los equipos de pavimentación. De acuerdo a los autores, las aminas son utilizadas para aumentar la adhesividad del asfalto. Éstas son consideradas como irritantes. Durante el proceso de pavimentación las aminas pueden ser liberadas de la mezcla de asfalto caliente y causar irritación en los ojos, piel y sistema respiratorio.

Al evaluar la relación entre la vestimenta de los trabajadores y el riesgo de padecer problemas en la piel, los autores indicaron que los trabajadores de pavimentación cambiaron con mayor frecuencia su vestimenta de trabajo en comparación con los trabajadores de techo. Además, a base de la evaluación de los datos del cuestionario, los trabajadores (pavimentación y techo) indicaron que como agente de limpieza para la piel utilizaron Swarfega, un agente de limpieza industrial muy popular. Este tipo de práctica fue criticada por los autores, ya que Swarfega contiene solventes que pueden ser sumamente irritantes para la piel.

Por último, podemos decir que este estudio sirvió de base para recopilar información con respecto a posibles problemas en la piel asociados al uso de bitumen durante la pavimentación de carreteras y sellado de techos. Los resultados del cuestionario demostraron que la exposición ocupacional a bitumen, en efecto, puede causar irritación en la piel y, en el mayor de los casos, dermatitis.

### **Marco legal**

El marco legal de esta investigación esta sustentado en las disposiciones de las leyes de Puerto Rico, al igual que la de los Estados Unidos, las cuales están relacionadas

con la seguridad y salud en el ambiente laboral. Se entiende que dichas leyes sólo procuran mantener condiciones de trabajo seguras y saludables y prevenir accidentes o lesiones que puedan atentar contra la salud humana en general.

**Ley de Seguridad y Salud Ocupacional 91-596, diciembre 29, 1970, según enmendada**

Esta ley fue creada bajo el Congreso de los Estados Unidos y tiene como propósito principal el proteger la salud y seguridad de los trabajadores, y establecer estándares para prevenir lesiones, enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo. Bajo esta ley, se creó OSHA dentro del Departamento del Trabajo. La misma tiene la responsabilidad de escribir y reforzar los estándares que tanto los patronos como los empleados han de seguir para garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable. En todos sus procedimientos, desde el desarrollo de normas, a través de la implantación y entrada en vigor de dichas normas, OSHA le garantiza a los patronos y empleados el derecho a estar bien informados, a participar activamente y a apelar sus acciones. El patrono tiene la responsabilidad de familiarizarse con las normas aplicables a su negocio y asegurarse que los empleados tienen y utilizan el equipo de protección personal cuando sea requerido por razones de seguridad. Por otro lado, los empleados deben cumplir con todas las reglas y reglamentaciones aplicables a sus propias acciones y conducta.

En aquellos casos en los cuales OSHA no ha desarrollado normas específicas, los patronos son responsables de seguir la cláusula de deberes generales de la Ley. La cláusula indica que el patrono “debe proveer un lugar de trabajo libre de peligros reconocidos que estén causando o puedan causar la muerte o daño físico serio a sus empleados.” Por último, la Ley 91-596 otorga al Secretario del Trabajo la autoridad para

hacer cumplir los estándares establecidos e imponer multas administrativas por violaciones a la misma.

**Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo de Puerto Rico, Ley número 16 del 5 de agosto de 1975, según enmendada**

Esta ley, al igual que la Ley 91-596, fue creada para garantizar condiciones de trabajo seguro y salubre a cada empleado, autorizando al Secretario del Trabajo a prescribir y poner en vigor las normas, reglas y reglamentos de seguridad y salud desarrolladas o adoptadas bajo esta ley. Esta ley aplica a todo empleado que realiza trabajos en Puerto Rico. Bajo la misma se establecen las normas de salud y seguridad ocupacional que tanto los patronos como los empleados deberán seguir, en todo momento, con el fin de evitar lesiones futuras que puedan recurrir en accidentes o muertes.

De acuerdo a esta ley, el patrono debe proveer a cada uno de sus empleados un lugar de trabajo libre de riesgos reconocidos que estén causando o puedan causar muerte o daño físico a sus empleados. Es responsabilidad del patrono proveer y asegurar que sus empleados utilicen equipos de seguridad, salvaguardias y el equipo de protección personal, según sea prescrito o requerido por el Secretario, o que sea razonablemente necesario, sin costo alguno para cualquier empleado. Además, cada patrono debe cumplir con las normas de seguridad y salud ocupacional promulgadas bajo esta ley y con las reglas, reglamentos y órdenes emitidas de acuerdo a la misma. Por otro parte, es responsabilidad del empleado cumplir con las normas de seguridad y salud ocupacional y con todas las reglas, reglamentos y órdenes emitidas de conformidad con esta ley, que sean aplicables a sus propios actos y conducta.



**Ley Orgánica del Departamento del Trabajo y Recursos Humanos, Ley número 15 del 14 de abril de 1931, según enmendada**

Bajo esta ley, el Secretario del Departamento de Trabajo tiene la facultad de fomentar el bienestar del trabajador. Para ello, el Secretario debe indagar sobre las causas que producen el malestar entre los trabajadores. Debe hacer estudios sobre la higiene y seguridad de los trabajadores en campos, fábricas y talleres. Además, éste tiene la responsabilidad de hacer cumplir las leyes protectoras del trabajo e investigar toda querrela en la cual se alegue que se ha violado cualquiera de las leyes protectoras del trabajo en vigor o que se aprueben en lo sucesivo.

Es también obligación del Secretario llevar a cabo, por sí o por medio de cualquier empleado del Departamento de Trabajo y Recursos Humanos que él designe, la investigación correspondiente cuando tenga motivos para creer que en cualquier industria, negocio u ocupación, o en el caso específico de cualquier empleado, se está violando cualquiera de las leyes protectoras del trabajo en vigor o que se aprueben en lo sucesivo.

**Administración de Salud y Seguridad Ocupacional, Departamento del Trabajo, 29 C.F.R. 1910.1200 (2009)**

El propósito de esta sección es asegurar que el peligro de todo químico sea evaluado y que la información relacionada al peligro sea transmitida a los patronos y trabajadores. Por consiguiente, se exige a los patronos proveer a los empleados toda información relacionada sobre los químicos a los cuales están expuestos, ya sea a través de un programa de comunicación de riesgo, rotulación, MSDS y adiestramiento.

**Administración de Salud y Seguridad Ocupacional, Departamento del Trabajo, 29  
C.F.R. 1926.55 (2009)**

Esta sección establece que se debe evitar en todo momento la exposición de empleados a inhalación, ingestión, absorción o contacto con cualquier material o sustancia que sobrepase el TLV<sup>®</sup> especificado por la ACGIH. Además, especifica el llevar a cabo controles administrativos o de ingeniería para reducir el riesgo de exposición a sustancias que son consideradas como tóxicas o peligrosas. En caso de que la exposición a estas sustancias sobrepase los límites establecidos, se requiere el uso de equipo de protección personal.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **Introducción**

Este estudio tuvo como meta evaluar los niveles de exposición a humos de asfalto durante el proceso de pavimentación de carreteras. Para ello, solicitamos la autorización de diversas compañías de pavimentación (Apéndice 1), en donde una compañía ubicada en el área este de Puerto Rico aceptó formar parte del estudio. Por motivos de confidencialidad, no incluimos la carta de aprobación de la compañía bajo estudio.

Dividimos el estudio en dos fases: fase cuantitativa y fase explicativa o descriptiva. En la fase cuantitativa realizamos un muestreo ocupacional para medir la concentración de humos de asfalto durante el proceso de pavimentación. Para la fase explicativa o descriptiva, suministramos a los trabajadores un cuestionario para recopilar información sobre posibles síntomas o condiciones de salud asociados a la exposición de humos de asfalto. Ambos procedimientos fueron aprobados por el Comité de Evaluación Institucional (IRB, por sus siglas en inglés) AGUMS bajo el número de protocolo 01-187-08 (Apéndice 2). Además, solicitamos la participación voluntaria de los trabajadores a través de un Consentimiento Informado aprobado por el IRB (Apéndice 3). Mediante este documento los trabajadores pudieron conocer el propósito del estudio, los riesgos y beneficios de su participación y los acuerdos de confidencialidad en caso de formar parte del mismo.

## **Descripción de la población de estudio**

Realizamos el estudio a una población de trabajadores varones que laboran en una compañía de pavimentación de carreteras ubicada en el área este de Puerto Rico. La selección de los trabajadores fue completamente voluntaria. De un total de ocho trabajadores de pavimentación, seis aceptaron formar parte del estudio. Los trabajadores de este estudio realizaron las siguientes tareas de pavimentación (Figura 1): operador del equipo para pavimentar (un trabajador), manivelero (un trabajador), palero (dos trabajadores), lupero (un trabajador) y rolero (un trabajador).

## **Diseño de estudio**

El diseño de este estudio estuvo basado en una fase cuantitativa y una fase explicativa o descriptiva. La fase cuantitativa consistió en recolectar muestras de aire, en la zona de respiración de cada trabajador, para medir la concentración de humos de asfalto durante el proceso de pavimentación de carreteras. Para llevar a cabo el muestreo, utilizamos como guía el procedimiento descrito en el método de NIOSH 5042, *Benzene-soluble fraction and total particulate (asphalt fumes)*, versión más reciente (Apéndice 4).

En la fase explicativa o descriptiva, por otra parte, suministramos a los trabajadores un cuestionario (Apéndice 5) para evaluar síntomas o condiciones de salud asociados a la exposición de humos de asfalto. Dado a que suministramos el cuestionario de forma voluntaria, sólo cinco trabajadores de pavimentación contestaron el mismo. Los cinco trabajadores que contestaron el cuestionario no tienen una relación directa con los seis trabajadores que participaron en el muestreo.

### **Área de estudio**

Recolectamos muestras de aire en el municipio de Juncos, sector Palou, y en el municipio de Salinas, urbanización Las Trinitarias, carretera estatal número tres. Seleccionamos los lugares del muestreo de acuerdo a los itinerarios de la compañía de pavimentación bajo estudio.

### **Período de estudio**

Recolectamos las muestras durante tres días consecutivos, del día 21 al 23 de octubre de 2008. El día 21 de octubre, muestreamos en el municipio de Juncos y los días 22 y 23 de octubre, muestreamos en el municipio de Salinas. Realizamos el muestreo durante una jornada de trabajo de, aproximadamente, ocho horas y en un período de 15 minutos.

### **Fuente de datos**

Obtuvimos los datos de este estudio a través de una Hoja de Muestreo aprobada por el IRB (Apéndice 6), en donde documentamos toda información relacionada al muestreo. Las muestras recolectadas fueron analizadas por un laboratorio ambiental y de Higiene Industrial acreditado por la AIHA. Estimamos los resultados obtenidos por el laboratorio a un promedio ponderado en tiempo (TWA, por sus siglas en inglés) de ocho horas, para ser comparados con el TLV<sup>®</sup> recomendado por la ACGIH, y a un período de 15 minutos, para ser comparados con el Valor Máximo o Valor Techo recomendado por NIOSH.

## **Diseño metodológico**

Como estrategia inicial del estudio, realizamos una visita de campo, el 3 de octubre de 2008 al municipio de Juncos, Urbanización Palma Real; lugar donde la compañía bajo estudio realizó tareas de pavimentación. Durante esta visita, suministramos a los participantes el Consentimiento Informado aprobado por el IRB y el cuestionario de salud. Además, evaluamos las tareas de los trabajadores de pavimentación y establecimos el patrón de muestreo según describimos a continuación.

### **Procedimiento para la toma de muestras**

1. Para medir la concentración de humos de asfalto utilizamos el siguiente equipo de muestreo (Figura 2), según descrito en el método de NIOSH 5042:
  - Cassette (C-09) con una membrana de celulosa y un filtro pre-pesado de politetrafluoroetileno (PTFE, por sus siglas en inglés), de un diámetro de 37 mm y un tamaño de poro de 2  $\mu\text{m}$ .
  - Sujetador (SKC Cat. No. 225-1) con una manga de plástico Tygon® de, aproximadamente, media pulgada de ancho.
  - Bomba de aire de bajo flujo (AirLite® Sampler Model 110-100, SKC Inc.).
2. Determinamos el tiempo de muestreo dividiendo el volumen de aire requerido por el método (28 a 400 litros) entre la razón de flujo de aire especificada en el método (1 a 4 L/min).
3. Antes de comenzar el muestreo, verificamos el flujo de aire de las bombas utilizando un rotámetro (Figura 2). Dado a que el flujo de aire fue previamente calibrado por el laboratorio a 2 L/min (Apéndice 7), ajustamos el mismo a 1 L/min para poder realizar el muestreo en un tiempo aproximado de ocho horas.

4. Verificamos el flujo de aire de las bombas, al inicio y final de cada muestreo.
5. Colocamos el cassette, con el medio de muestreo, al sujetador y conectamos el mismo a la bomba de aire.
6. Colocamos el cassette en la solapa de la camisa o blusa de los trabajadores, a una distancia aproximada de seis pulgadas de la zona de respiración.
7. Colocamos la bomba de aire en el área de la cintura de cada trabajador.
8. Encendimos la bomba de aire para comenzar el muestreo y documentamos la hora de inicio en la Hoja de Muestreo aprobada por el IRB.
9. Verificamos, durante el proceso de pavimentación, el funcionamiento de las bombas de aire observando el indicador color rojo. A través del indicador pudimos detectar alguna falla en el flujo de aire de las bombas así como también, el reemplazo de batería de las mismas.
10. Debido a que el método requiere utilizar muestras blanco para medir la pureza del medio, recolectamos una muestra blanco, por un período de 30 minutos, durante cada día de muestreo (Tabla 1). Estas muestras no fueron conectadas a una bomba de aire y las mismas fueron tomadas, ambientalmente, durante la jornada de trabajo de, aproximadamente, ocho horas.
11. Al finalizar el período de muestreo, apagamos las bombas y documentamos en la Hoja de Muestreo la hora en que completamos el mismo.

#### Identificación de muestras

Identificamos las muestras con un número secuencial, comenzado con el 001, y una doble letra del abecedario, por ejemplo AA. La doble letra representó la identidad del empleado y la misma estuvo basada en la función del empleado dentro de la

compañía de pavimentación. Para identificar las muestras blanco, utilizamos, solamente, un número secuencial y la palabra *Field Blank*. En resumen, identificamos cada cassette con la siguiente información:

- Número de muestra

Ejemplo: 001-*Field Blank*, 002-AA, 003-BB

- Fecha
- Hora de comienzo del muestreo
- Hora de completado el muestreo

#### Preservación y manejo de muestras

Luego de completado cada muestreo, colocamos todas las muestras (18 muestras ocupacionales y tres muestras blanco) en una nevera portátil y refrigeramos las mismas según requerido por el método 5042. Finalmente, enviamos las muestras, en una nevera portátil, al laboratorio acreditado por la AIHA para el análisis correspondiente.

#### Cadena de custodia:

De acuerdo a los requisitos del laboratorio, enviamos todas las muestras acompañadas por una Cadena de Custodia (Apéndice 8), en donde documentamos la siguiente información: número de muestra, fecha del muestreo, volumen de aire muestreado (litros) y el método de análisis (Tabla 2). Para determinar el volumen de aire muestreado (litros), utilizamos la siguiente fórmula:

#### Fórmula 1

$$\text{Volumen de aire (L)} = \text{flujo de aire} \left( \frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \times \text{tiempo de muestro (min)}$$



## Método de análisis

**Objetivo 1:** Determinar los niveles de exposición a humos de asfalto, durante una jornada de trabajo, para comparar los resultados con los límites de exposición recomendados por la ACGIH y NIOSH.

### A. Límite de exposición recomendado por la ACGIH

El límite de exposición recomendado por la ACGIH está basado en un TLV<sup>®</sup> de 0.5 mg/m<sup>3</sup>, medido como la fracción de partículas solubles en benceno, para un TWA de ocho horas. Para lograr este objetivo, realizamos el muestreo a cinco trabajadores de la compañía de pavimentación que llevaron a cabo tareas como manivelero (un trabajador), palero (dos trabajadores), lupero (un trabajador) y rolero (un trabajador). Como primer paso, verificamos el flujo de aire de las bombas, antes y después de completado cada muestreo, para asegurarnos que el flujo se mantuviera en 1 L/min. Colocamos el equipo de muestreo (cassette y bomba de aire) a los cinco trabajadores de pavimentación, según describimos en la sección de “procedimiento para la toma de muestras.” Recolectamos las muestras, por tres días consecutivos, durante una jornada de trabajo de, aproximadamente, ocho horas. Documentamos en la Hoja de Muestreo toda información relacionada al estudio, incluyendo el número de muestra, identificación del empleado, tarea que realiza, número de la bomba, tiempo en que comenzamos y completamos el muestreo y, el flujo de la bomba al inicio y final de cada muestreo (Tabla 3).

Al finalizar cada muestreo, transportamos las muestras (15 muestras en total) en una nevera portátil y refrigeramos las mismas según establecido en el método de NIOSH 5042. Enviamos las muestras, en una nevera portátil, al laboratorio acreditado por la AIHA para el análisis correspondiente. Finalmente, mediante la fórmula 4, realizamos

una estimación de los resultados obtenidos para determinar la concentración de humos de asfalto en un TWA de ocho horas.

#### B. Límite de exposición recomendado por NIOSH

El límite de exposición recomendado por NIOSH está basado en Valor Máximo o Valor Techo de  $5 \text{ mg/m}^3$ , medido como partículas totales, para un período de 15 minutos. Para lograr este objetivo, realizamos el muestreo a sólo uno de los trabajadores de pavimentación y correspondió al que por observación, entendimos que mayor exposición tuvo a los humos de asfalto. En este caso, identificamos al operador a cargo del equipo de pavimentación como el empleado que mayor exposición tuvo a los humos de asfalto durante el proceso de pavimentación. Realizamos el muestreo durante tres días consecutivos. Como primer paso, verificamos, diariamente, que el flujo de aire de la bomba permaneciera en 1 L/min, antes y después de completado el muestreo. Colocamos el equipo de muestreo (cassette y bomba) según describimos en la sección de “procedimiento para la toma de muestras”. Recolectamos las muestras en un período aproximado de 15 minutos.

Documentamos en la Hoja de Muestreo, el número de muestra, identificación del empleado, tarea que realiza, número de la bomba, tiempo en que comenzamos y completamos el muestreo y, el flujo de la bomba al inicio y final de cada muestreo (Tabla 4). Una vez completado el muestreo, transportamos las muestras (tres muestras en total) en una nevera portátil y refrigeramos las mismas según establecido en el método de NIOSH 5042. Enviamos las muestras, en una nevera portátil, al laboratorio acreditado por la AIHA para el análisis correspondiente. Finalmente, mediante la fórmula 4,

realizamos una estimación de los resultados obtenidos para determinar la concentración de humos de asfalto en un período de 15 minutos.

**Objetivo 2:** Administrar a los trabajadores un cuestionario para recopilar información sobre posibles síntomas o condiciones de salud asociadas a la exposición de humos de asfalto.

Como parte de una fase descriptiva o explicativa de este estudio, suministramos a los trabajadores de pavimentación un cuestionario para recopilar información sobre síntomas o condiciones de salud asociados a la exposición de humos de asfalto. El cuestionario consistió en un total de 14 preguntas, las cuales estuvieron divididas en dos partes. En la primera parte evaluamos las condiciones de trabajo (7 preguntas) y en la segunda de ellas, evaluamos el estado de salud de los trabajadores (7 preguntas). Para suministrar el cuestionario, solicitamos la autorización de los trabajadores a través de un Consentimiento Informado por el IRB. Debido a que el cuestionario fue completamente voluntario, un total de cinco trabajadores aceptaron contestar el mismo.

### **Análisis de datos**

Las muestras obtenidas como parte de este estudio fueron analizadas por un laboratorio externo acreditado por la AIHA. Las muestras fueron analizadas de acuerdo al método de NIOSH 5042 en donde, mediante la técnica de gravimetría, se determinó la concentración de partículas totales y la fracción de partículas que son solubles en benceno. La porción de partículas totales del método 5042 estuvo basada en el método de NIOSH 0500, *Particulates not otherwise regulated, total* (Apéndice 9). Ambos métodos tienen un procedimiento similar para determinar la concentración de partículas

totales. De acuerdo a los métodos (NIOSH 5042 & NIOSH 0500), el laboratorio realizó el cálculo para partículas totales según la siguiente fórmula:

**Fórmula 2**

$$C_{TP} = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V}, \text{ mg/m}^3$$

donde:  $W_1$  = peso tara promedio del filtro antes del muestreo ( $\mu\text{g}$ )

$W_2$  = peso promedio del filtro luego del muestreo ( $\mu\text{g}$ )

$B_1$  = peso tara promedio de la muestra blanco ( $\mu\text{g}$ )

$B_2$  = peso promedio de la muestra blanco luego del muestreo ( $\mu\text{g}$ )

$V$  = volumen de aire muestreado (L)

Con respecto al cálculo para la fracción de partículas que son solubles en benceno, el laboratorio utilizó la siguiente fórmula:

**Fórmula 3**

$$C_{BSF} = \frac{(W_4 - W_3) - (B_4 - B_3) \cdot 2}{V}, \text{ mg/m}^3$$

donde:  $W_3$  = peso tara promedio de la tasa de pesaje para la muestra ( $\mu\text{g}$ )

$W_4$  = peso promedio de la tasa de pesaje luego de añadir la muestra ( $\mu\text{g}$ )

$B_3$  = peso tara promedio de la tasa de pesaje para la muestra blanco ( $\mu\text{g}$ )

$B_4$  = peso promedio de la tasa de pesaje luego de añadir la muestra blanco ( $\mu\text{g}$ )

$V$  = volumen de aire muestreado (L)

En el apéndice 4 incluimos el método de NIOSH 5042 para más detalles sobre cómo el laboratorio realizó este tipo de cálculo.

Una vez obtuvimos los resultados del laboratorio (Apéndice 10), con respecto a la concentración de partículas totales (Tabla 5) y la fracción de partículas que son solubles en benceno (Tabla 6), realizamos una estimación de los resultados para comparar los mismos con el TLV<sup>®</sup> de la ACGIH (Tabla 7) y el Valor Máximo o Valor Techo de NIOSH (Tabla 8). Para ello, utilizamos como guía la siguiente fórmula:

**Fórmula 4**

$$\text{TWA o Valor Máximo} = \frac{C \times T}{8 \text{ hrs. (480 min.) ó 15 min.}}, \text{ mg/m}^3$$

donde: C = concentración de la sustancia determinada por el laboratorio (mg/m<sup>3</sup>)

T = tiempo de muestreo (hrs. o min.)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Introducción**

Los resultados de este estudio fueron analizados por un laboratorio externo acreditado por la AIHA, en donde se utilizó como guía el procedimiento descrito en el método de NIOSH 5042. Según este método, la exposición a humos de asfalto fue medida de acuerdo a la cantidad de partículas totales y la fracción de partículas solubles en benceno. Además, como parte de este estudio suministramos a los trabajadores de la compañía de pavimentación bajo estudio un cuestionario que nos ayudó a recopilar información sobre posibles síntomas o condiciones de salud asociados a la pavimentación de carreteras. Por consiguiente, en este capítulo presentamos los resultados del estudio basados en los objetivos descritos previamente.

#### **Discusión de resultados**

**Objetivo 1:** Determinar los niveles de exposición a humos de asfalto, durante una jornada de trabajo, para comparar los resultados con los límites de exposición recomendados por la ACGIH y NIOSH.

La totalidad de las muestras recolectadas (15 muestras), durante los tres días de muestreo, reflejaron resultados (Tabla 7) por debajo del TLV<sup>®</sup> de 0.5 mg/m<sup>3</sup> recomendado por la ACGIH. La concentración de humos de asfalto fluctuó entre 0.040 mg/m<sup>3</sup> a 0.063 mg/m<sup>3</sup> durante los tres días de muestreo. En general, la concentración promedio de humos de asfalto fue de 0.056 mg/m<sup>3</sup>, lo que representa un valor por debajo del TLV<sup>®</sup> recomendado por la ACGIH. Cuando comparamos los resultados de los

trabajadores de pavimentación, individualmente, por día de muestreo, vemos que no hay una diferencia significativa en los resultados y que éstos se mantienen por debajo de 0.5 mg/m<sup>3</sup> (Figura 4). De igual forma, cuando comparamos los resultados entre todas las tareas de pavimentación (i.e., lupero, palero, manivelero y rolero) vemos que los resultados fueron bastante similares en cada día de muestreo y que éstos se mantienen por debajo del TLV<sup>®</sup> de 0.5 mg/m<sup>3</sup> recomendado por la ACGIH.

De acuerdo a NIOSH las condiciones ambientales pueden afectar los resultados del muestreo. En este caso podemos decir que el proceso de pavimentación se realizó a la intemperie, por lo que los patrones en la dirección y velocidad del viento pueden haber intervenido en la concentración de humos de asfalto. Por otro lado, de acuerdo a la revisión de literatura de este estudio se ha comprobado que la temperatura de la mezcla de asfalto guarda una correlación con la cantidad de humos que pueden ser emitidos. Aunque la temperatura de la mezcla de asfalto no fue tomada en consideración durante los tres días de muestreo, por razones de seguridad y por desconocimiento en la técnica adecuada para tomar la misma, entendemos que es recomendable que la compañía de bajo estudio monitoree la misma para controlar la emisión de humos de asfalto.

Con respecto al muestreo realizado para evaluar los niveles de humos de asfalto en un periodo aproximado de 15 minutos, los resultados (Tabla 8) reflejaron una concentración mayor al Valor Máximo o Valor Techo de 5 mg/m<sup>3</sup> recomendado por NIOSH. En el día uno y dos del muestreo los resultados fueron similares (6.66 mg/m<sup>3</sup>), mientras que en el día tres el resultado fue de 10.68 mg/m<sup>3</sup> (Figura 5). Nos parece importante señalar que hubo una variación en las condiciones climatológicas durante los tres días de muestreo. Durante el día uno y dos del muestreo el clima se mantuvo soleado

sin embargo, en el día tres el clima estuvo nublado y en ocasiones hubo lluvia. Es de esperarse que durante días nublados o lluviosos la humedad relativa sea entre 70 a 80 %. Cuando la humedad relativa aumenta tiende a ocurrir un factor de inversión en el ambiente, permitiendo así que haya un mayor asentamiento de vapores y humos de asfalto en el área de muestreo. Por lo tanto, entendemos que para el operador a cargo del equipo para pavimentar, los niveles de humos de asfalto exceden el límite de exposición recomendado por NIOSH.

**Objetivo 2:** Administrar a los trabajadores un cuestionario para recopilar información sobre posibles síntomas o condiciones de salud asociadas a la exposición de humos de asfalto.

Un total de 14 preguntas fueron contestadas por cinco trabajadores de pavimentación y las mismas fueron divididas en dos secciones: condiciones de trabajo (7 preguntas) y estado de salud (7 preguntas). De acuerdo a los resultados (Tabla 9), el 80 % de los trabajadores lleva más de un año (1 a 5 años) laborando en la compañía de pavimentación y ha realizado tareas de pavimentación anteriormente. El 100 % de los trabajadores realiza las tareas de pavimentación los cinco días de la semana y conoce los materiales con los que trabaja diariamente. Esto nos indica que los trabajadores de pavimentación pueden estar expuestos a los humos de asfalto, continuamente, y que la exposición no solo proviene de los trabajos que realizan en la compañía bajo estudio sino también, de trabajos de pavimentación que han realizado anteriormente. Por otro lado, el 80 % de los trabajadores de pavimentación tienen una edad entre 21 a 40 años. Con respecto a la salud en general, durante los últimos 12 meses, el 80 % de los trabajadores indicó tener una salud buena o regular; mientras que un 20 % señaló tener una salud excelente.



Al evaluar los síntomas de exposición asociados a la inhalación de humos de asfalto (Tabla 10), podemos decir que los trabajadores indicaron haber experimentado irritación en los ojos, irritación en la garganta, mareos y dolor de cabeza durante el proceso de pavimentación. De todos estos síntomas, la irritación en los ojos (40 %) fue la más frecuente entre los trabajadores (Figura 6).

Con respecto a las condiciones respiratorias, los resultados demostraron (Tabla 11) que un 20 % de los trabajadores ha sido diagnosticado, en algún momento de su vida, con asma; mientras que el 40 % indicó padecer de sinusitis (Figura 7). Sin embargo, estos síntomas no tienden a agravarse mientras realizan las tareas de pavimentación. Por otra parte, el 100 % de los trabajadores indicó no haber padecido ninguna de las siguientes condiciones de piel: dermatitis y despigmentación.

Los resultados de este cuestionario no guardan una correlación directa con los resultados del muestreo. Como parte de la implementación del mismo, no utilizamos indicadores que identificaran los trabajadores que contestaron el cuestionario con los trabajadores que participaron en el muestreo. Además, administramos el mismo de forma voluntaria y los resultados aquí presentados nos ayudaron a evaluar si, en efecto, los trabajadores de la compañía de pavimentación bajo estudio han presentado problemas de salud debido a la exposición de humos de asfalto.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio tuvo como meta evaluar los niveles de humos de asfalto durante el proceso de pavimentación de carreteras. Para ello, realizamos un muestreo, a nivel ocupacional, para comparar los resultados contra los límites recomendados por la ACGIH y NIOSH. El límite de exposición de la ACGIH se basó en un TLV<sup>®</sup> de 0.5 mg/m<sup>3</sup>, medido como la fracción de partículas solubles en benceno, para un TWA de ocho horas. Mientras tanto, el límite de NIOSH se basó en un Valor Máximo o Valor Techo de 5 mg/m<sup>3</sup>, medido como la cantidad de partículas totales, en un período de 15 minutos.

Los resultados de este estudio demostraron que durante una jornada de trabajo de, aproximadamente, ocho horas la concentración de humos de asfalto se mantuvo por debajo del TLV<sup>®</sup> recomendado por la ACGIH. Por lo tanto, concluimos que en base a los resultados obtenidos, y en conformidad con el 29 CFR, parte 1926.55, no es necesario que los trabajadores de la compañía de pavimentación bajo estudio, que realizan funciones como: palero, lupero, manivelero y rolero, utilicen protección respiratoria como equipo de protección personal.

Con respecto al muestreo realizado al operador a cargo del equipo para pavimentar, concluimos que esta tarea en específico excede el límite de exposición recomendado por NIOSH en un período de 15 minutos. Los resultados de este muestreo comprueban que el operador a cargo del equipo para pavimentar fue el que mayor exposición tuvo a los humos de asfalto durante el proceso de pavimentación. Por lo tanto, en conformidad con el 29 CFR, parte 1926.55, es necesario establecer controles

administrativos/ingeniería o utilizar equipo de protección personal para minimizar la exposición a humos de asfalto. Para este estudio, recomendamos establecer como prioridad controles administrativos o de ingeniería y, en caso de que estos no ayuden a mitigar la exposición a humos de asfalto, es recomendable evaluar el equipo de protección respiratoria adecuado según los requisitos establecidos por NIOSH. Aunque realizamos el muestreo a solo un trabajador (i.e., operador del equipo para pavimentar), entendemos que es recomendable ampliar la población de estudio para incluir las demás tareas de pavimentación (i.e., palero, lupero, manivelero y rolero). De esta forma podemos evaluar la concentración de humos de asfalto y determinar si la misma excede el límite recomendado por NIOSH en un periodo de 15 minutos.

Los resultados del cuestionario suministrado a los cinco trabajadores de pavimentación, por otra parte, demostraron que los trabajadores han experimentado síntomas menores asociados a la exposición de humos de asfalto (i.e., irritación en los ojos y garganta, dolor de cabeza, entre otras cosas). Por otro lado, pudimos ver que los trabajadores indicaron padecer de condiciones respiratorias como sinusitis y asma, las cuales pueden tener efectos sinérgicos cuando los trabajadores se exponen constantemente a los humos de asfalto. En general, los trabajadores de pavimentación indicaron no haber experimentado síntomas mayores (i.e., enfisema pulmonar, pulmonía, dermatitis) asociados a la exposición de humos de asfalto. En este caso, tanto la edad de los trabajadores (21 a 40 años) como el estado de salud de éstos (80 % indicó tener una salud buena o regular), fueron factores claves para determinar si, en efecto, los trabajadores han experimentado condiciones de salud mayores durante el proceso de

pavimentación. Por último, concluimos que los resultados del cuestionario suministrado a los trabajadores concuerdan con la literatura revisada de este estudio.

## **Recomendaciones**

En base a los resultados obtenidos, dividimos las recomendaciones en dos partes: recomendaciones generales y recomendaciones dirigidas a la compañía bajo estudio.

### **A. Generales**

1. Ampliar la población de estudio para medir la exposición a humos de asfalto en otras compañías de pavimentación y comparar los resultados contra los límites de exposición recomendados por la ACGIH y NIOSH.
2. Realizar el estudio de exposición a 15 minutos en todos los trabajadores de pavimentación para evaluar si las concentraciones de humos de asfalto cumplen con el límite de exposición recomendado por NIOSH.
3. Realizar un monitoreo, a nivel ocupacional, para evaluar la concentración de PAHs, ya que algunos de ellos han sido identificados como posibles cancerígenos.
4. Realizar un monitoreo ambiental para evaluar la concentración de gases de combustión emitidos como parte del proceso de pavimentación y de los equipos utilizados para realizar el proceso.
5. Realizar un estudio de estrés por calor, en donde se evalúe el impacto de la temperatura ambiental y temperatura del proceso de pavimentación en los trabajadores.

B. Dirigidas a la compañía de pavimentación bajo estudio

1. Preparar un plan de salud y seguridad ocupacional, el cual incluya los posibles riesgos ocupacionales asociados al proceso de pavimentación de carreteras.
2. Preparar un plan de comunicación de riesgo en donde se mantenga informado a los trabajadores sobre los posibles riesgos de seguridad y salud ocupacional asociados a las sustancias con que trabajan, en conformidad con el 29 CFR, parte 1910.1200.
3. Preparar un plan de emergencias para manejar situaciones durante el proceso de pavimentación de carreteras.
4. Controlar la temperatura de la mezcla de asfalto para minimizar la emisión de humos de asfalto durante el proceso de pavimentación.
6. Promover que los trabajadores lleven a cabo las siguientes prácticas de salud y seguridad en el trabajo:
  - Trabajar en dirección opuesta a donde sopla el viento, siempre que sea posible.
  - Evitar ingerir alimentos y fumar en presencia de humos de asfalto. El fumar puede agravar los síntomas de exposición asociados a humos de asfalto.
  - Cambiar la ropa de trabajo al finalizar la jornada de trabajo.
  - Lavarse las manos antes de ingerir alimentos o ir al baño.
  - Utilizar guantes resistentes a calor, gafas de seguridad, gorras, bloqueador solar, camisa de manga larga, pantalón largo y zapatos de seguridad como equipo de protección personal.

## **Limitaciones**

Como en todo estudio, existen limitaciones o tropiezos que intervienen con el estudio.

A continuación detallamos las limitaciones confrontadas durante este estudio:

1. En Puerto Rico no se han realizado estudios como el aquí propuesto que nos permita comparar los resultados obtenidos.
2. Disponibilidad de otras compañías de pavimentación.
3. Poca participación de los trabajadores de pavimentación en el estudio.
4. Eliminación de preguntas válidas para el estudio por parte del IRB.

Cerramos este estudio concluyendo que, aunque al día de hoy OSHA no ha desarrollado normas específicas para la exposición a humos de asfalto, es responsabilidad del patrono seguir la Cláusula de Deberes Generales (General Duty Clause, por su término en inglés) de la Ley 91-596, la cual indica que “el patrono debe proveer un lugar de trabajo libre de peligros reconocidos que estén causando o puedan causar la muerte o daño físico serio a sus empleados”. De acuerdo a la literatura revisada como parte de este estudio, pudimos ver que la exposición a humos de asfalto presenta un riesgo potencial a la salud de los empleados de pavimentación, a corto y largo plazo. Por lo tanto, consideramos que los hallazgos de este estudio pueden servir de base para investigaciones futuras en el área de seguridad y salud ocupacional.

## LITERATURA CITADA

- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, Departamento del Trabajo. (2009a). *Trabajo*. Título 29 CFR, parte 1926.55.
- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. (2009b). *Trabajo*. Título 29 CFR, parte 1910.1200.
- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. (2009c). *Trabajo*. Título 29 CFR, parte 1910.132.
- Alpaugh, E. L., Berry, C. M., Cheever, C. L., Cornyn, J. M., Hazard, W. G., Herman, E. R., et al. (1981). *Manual de Fundamentos de Higiene Industrial*. New Jersey: Consejo Interamericano de Seguridad.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH]. (2004). *TLVs and BEIs based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposures Indices*. Cincinnati, OH: ACGIH.
- American Industrial Hygienists Association [AIHA]. (2002a). Occupational exposure to bitumen during road paving. *AIHA Journal*, 63: 156-165.
- American Industrial Hygienists Association [AIHA]. (2002b). Evaluation of worker exposure to asphalt paving fumes using traditional and nontraditional techniques. *AIHA Journal*, 63: 628-635.
- Antonini, J. M., Roberts, J. R., Taylor, M. D., Yin, X., Stone, S., Mosely, A., Ma, J. K. H., Frazer, D. G., Castranova, V. & Ma, J. Y. C. (2003). Effect of asphalt fume inhalation exposure at simulated road paving conditions prior to bacterial infection on lung defense responses in rats. *Inhalation Toxicology*, 15: 1347-1368.
- Asphalt Institute. (n.d.). *Performance Grade Asphalt Binder Specification and Testing* (Superpave Series No. 1). Lexington, Kentucky: Asphalt Institute.
- Asphalt Institute. (1989a). *The Asphalt Handbook* (Manual Series No. 4). Lexington, Kentucky: US Library of Congress Catalog Card No. 88-62536.
- Asphalt Institute. (1990b). *Report to OSHA and NIOSH: Status of Asphalt Industry Steering Committee Research Program on the Health Effects of Asphalt Fumes and Recommendation for a Worker Health Standard*. Lexington, Kentucky: Asphalt Institute.

- Barth, E. J. (1962). *Asphalt: Science and Technology* (ISBN 0-677-00040-5). Routledge: Gordon and Breach Science Publisher, Inc.
- Bender, A. P., Parker, D. L., Johnson, R. A., Scharber, W. K., William, A. N., Marbury, M. C. & Mandel, J. S. (1989). Minnesota highway maintenance worker study: cancer mortality. *American Journal of Industrial Medicine*, 15: 545-556.
- Calzavara, T. S., Carter, C. M. & Axten, C. (2003). Air sampling methodology for asphalt fume in asphalt production and asphalt roofing manufacturing facilities: Total particulate sampler versus inhalable particulate sampler. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 18(5): 358-367.
- Campo, L., Buratti, M., Fustinoni, S., Circla, P. E., Martinotti, I., Longhi, O., Cavallo, D. & Foá, V. (2006). Evaluation of exposure to PAHs in asphalt workers by environmental and biological monitoring. *Annals New York Academy of Sciences*, 1076: 405-420.
- CITGO Asphalt Refining Company. (2004). *Hoja de Datos de Seguridad de Materiales: Cemento de Asfalto, Todos los Grados*. Plymouth Meeting, Pennsylvania: CITGO Asphalt Refining Company.
- Consortio de la Industria de Construcción de Carreteras. (2002). *Seguridad en las Carreteras: Programa de Apercibimiento* [folleto]. Washington, D.C.: Laborers' Health and Safety Fund of North America.
- Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores. (2007). *Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas: Asfalto* [folleto]. Extraído marzo 15, 2008. <http://www.state.nj.us/health/eoh/odisweb>.
- Departamento de Seguros de Texas. (2007). *La Seguridad con el Asfalto* (HS05-0047) [folleto]. Extraído marzo 24, 2008. <http://www.cdc.gov>.
- Departamento del Trabajo de los Estados Unidos de Norteamérica. (1970). *Acta de Seguridad y Salud Ocupacional del 29 de diciembre de 1970*. Ley 91-596, según enmendada.
- Departamento de Trabajo y Recursos Humanos. (1931). *Ley Orgánica del Departamento del Trabajo y Recursos Humanos de Puerto Rico*. Ley número 15 del 14 de abril de 1931, según enmendada.
- Departamento del Trabajo y Recursos Humanos. (1975). *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo de Puerto Rico*. Ley número 16 del 5 de agosto de 1975, según enmendada.
- Engholm, G., Englund, A., Linder, B. (1991). Mortality and cancer incidence in Swedish road paving asphalt workers and roofers. *European Asphalt Magazine*, 2<sup>nd</sup> Vol.



- Finklea, J. (n.d.). Asfalto. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Washington, DC.: Centro de Investigación y Capacitación de la Industria de Construcción, Center for Diseases and Control.
- Fries, A. S. & Knudson, M. S. (1990). *Bitumen Fumes-Impacts: Review of the Scientific Results Worldwide*. Unpublished paper represented at the Health Aspects on Asphalt Production and Paving Symposium. Stockholm, Sweden.
- Garber, N. J. & Hoel, L. A. (1997). *Traffic and Highway Engineering* (pp. 807-1033). Massachusetts, Boston: PWS.
- Guardascione, V. & Cagetti, D. (1962). On a case of laryngeal cancer manifested in a worker employed in road bitumerization. *Rass. Med. Ind.*, 31: 114-117.
- Hasle, P. et al. (1977). *Bitumen Fumes-Impacts; Review of the Scientific Results Worldwide*. Presented at the European Asphalt Producers Association Symposium on Health Aspects of Asphalt Production and Paving. Stockholm, Sweden.
- Hansen, E. S. (1991). Mortality of mastic asphalt workers. *Scandinavian Journal Work Environmental Health* 17: 20-24.
- International Agency for Research on Cancer [IARC]. (1985). *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Polynuclear Aromatic Compounds, Part 4, Bitumen, Coal-tars and Derived Products, Shale-oils and Soots, Vol 35. Lyon, France: IARC.
- International Agency for Research on Cancer [IARC]. (1987). *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Overall Evaluations of Carcinogenicity: an Updating of IARC Monographs, Vol. 1-42 (Suppl. 7). Lyon, France: IARC.
- Jaycox, L. B. & Olsen, L. D. (2000). Determination of total sulfur compounds and benzothiazole in asphalt fume samples by gas chromatography with sulfur chemiluminescence detection. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15(9): 695-704.
- Jones, J. B. & Dugan, R. E. (1996). *Engineering Thermodynamics* (pp. 564-566). New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- King, R. W., Puzinauskas, V. P & Holdsworth, C. E. (1984). *Asphalt Composition and Health Effects: A Critical Review*. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.

- Kriech, A. J., Kurek, J. T., Wisel, H. L., Osborn, L. V., Blackburn, G. R. (2002). Evaluation of worker exposure to asphalt paving fumes using traditional and nontraditional techniques. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 63: 628-635.
- Ma, J. Y. C., Rengasamy, A., Frazer, D., Barger, M. W., Hubbs, A. F., Batelli, L., Tomblyn, S., Stone, S. & Castranova, V. (2003). Inhalation exposure of rats to asphalt fumes generated at paving temperatures alters pulmonary xenobiotic metabolism pathways without lung injury. *Environmental Health Perspectives*, 111: 1215-1221.
- Maizlish, N., Beaumont, J. Singleton, J. (1988). Mortality among California highway workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 13(3): 363-379.
- McCall, G. (n.d.). *Asphalt Fumes: News and Articles*. OSHA Salt Lake City Technical Center. Extraído abril 29, 2008. <http://www.icon-pr.com>.
- McClellan, M. D., Rinehart, R. D., Ngo, L., Eisen, E. A., Kelsey, K. T. & Herrick, R. F. (2004). Inhalation and dermal exposure among asphalt paving workers. *Annals Occupational Hygiene*, 48(8): 663-671.
- Monarca, S., Pasquini, R., Scassellati, S. G., Savino, A., Bauleo, F. A. & Angeli, G. (1987). Environmental monitoring of mutagenic/carcinogenic hazards during road paving operations with bitumen. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 59: 393-402.
- National Asphalt Pavement Association [NAPA]. (2008). *Asphalt History*. Extraído febrero 18, 2008. <http://www.hotmix.org>.
- National Institute of Occupational Safety and Health [NIOSH]. (1977). *Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Asphalt Fumes* (DHHS Publication No. 78-106). Washington, D.C.: Center for Diseases and Control.
- National Institute of Occupational Safety and Health [NIOSH]. (1998). *Health Hazard Evaluation Report 97-0232-2674, Bardon-Trimount, Stoughton, Massachusetts*. Washington, D.C.: Center for Diseases and Control.
- National Institute of Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2000). *Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt* (DHHS Publication No. 2001-110). Washington, D.C.: Center for Diseases and Control.
- National Institute of Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2005). *Pocket Guide to Chemical Hazards: Asphalt Fumes* (DHHS Publication No. 2005-149). Washington, D.C.: Center for Diseases and Control.

- National Toxicology Program [NTP]. (1997). *Literature Review of Health Effects Caused by Occupational Exposure to Asphalt Fumes*. Research Triangle Park, N.C: US Department of Health and Human Services.
- Niemeier, R. W., Thayer, P. S., Menzies, K. T., Von Thuna, P., Moss, C. E. & Burg, J. (1998). *A Comparison of the Skin Carcinogenicity of Condensed Roofing Asphalt and Coal Tar Pitch Fumes*. In: Cooke M, Dennis A. J., eds. Polynuclear aromatic hydrocarbons: a decade of progress. Tenth International Symposium on Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. Columbus, OH: Battelle Press, pp. 609-647.
- Norserth, T., Wagge, J. & Dale, I. (1991). Acute effects and exposure to organic compounds in road maintenance workers exposed to asphalt. *American Journal of Industrial Medicine*, 20: 737-744.
- Olsen, L. D., Belinky, B., Eller, P., Glaser, R., Lunsford, R. A., Neumeister, C. et al. (1998). *Benzene-Soluble Fraction and Total Particulate* (NIOSH 5042, issue 1). Washington, D.C.: National Institute of Occupational Safety and Health.
- Occupational Health and Safety Act 91-596 (1970). Washington, D.C.: United States Congress.
- Occupational Safety and Health Administration. (2002). *Chemical Sampling: Asphalt Fumes*. Washington, DC: US Department of Labor.
- Patty, F.A.(1963). The mode of entry and action of toxic materials-particulate matter. *Industrial Hygiene and Toxicology*, 1: 144.
- Randem, B. G., Ulvestad, B., Burstyn, I. & Kongerud, J. (2004). Respiratory symptoms and airflow limitation in asphalt workers. *Occupational Environmental Medicine*, 61: 367-369.
- Riala, R., MSc, Heikkilä, P., PhLic & Kanerva, L. (1998). A questionnaire study of road pavers' and roofers' work related skin symptoms and bitumen exposure. *International Journal of Dermatology*, 37: 27-30.
- Roberts, F. L., Kandhal P.S, Brown E.R., Lee D-Y, Kennedy, T.W. (1996). *Hot Mix Asphalt, Materials, Mixture Design and Construction* (2nd ed.). Lanham, MD: NAPA Research and Education Foundation.
- Sylvain, D. C. & Miller, A. K. (1996). *Health Hazard Evaluation Report: Walsh Construction Company, Boston, Massachusetts*. Cincinatti, O. H. (NIOSH Report No. HETA 94-0219-2620). U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease for Occupational Safety and Health.

- Schaffer von, A., Shafir, A., Suprun, H. & Calabrezzi, R. (1985). *Bitumen Fumes-Impacts; Review of the Scientific Results Worldwide*. Presented at the European Asphalt Producers Association Symposium on Health Aspects of Asphalt Production and Paving. Stockholm, Sweden.
- Torrejón, J. O. (2003, mayo). Asfalto: un material con múltiples aplicaciones. *BIT*, edición especial: 40-43.
- Torrén, K., Bergdahl, I. A., Nilsson, T. & Järholm, B. (2007). Occupational exposure to particulate air pollution and mortality due to ischaemic heart disease and cerebrovascular disease. *Occupational Environmental Medicine*, 64: 515-519.
- Waage, J. & Nielson, E. (1986). *Bitumen Fumes-Impacts; Review of the Scientific Results Worldwide*. Presented at the European Asphalt Producers Association Symposium on Health Aspects of Asphalt Production and Paving. Stockholm, Sweden.
- Watts, R. R., Wallingford, K. M., Williams, R. W., House, D. E. & Lewtas, J. (1998). Airborne exposures to PAH and PM 2.5 particles for road paving workers applying conventional asphalt and crumb rubber modified asphalt. *Journal Exposure of Annal Environmental Epidemiology*, 8: 213-229.
- Zeglio, P. (1950). Changes in the respiratory tract from bitumen vapors. *Rass. Med. Ind.*, 19: 268-273.

## **TABLAS**

**Tabla 1**

*Datos documentados en la Hoja de Muestreo con respecto a la toma de muestras blanco durante el proceso de pavimentación de carreteras*

No. de muestra	Id del empleado	Tarea que realiza	Número de bomba	Fecha de muestreo	Tiempo		Flujo de la bomba	
					Comienzo	Parada	Inicio	Final
001	Field Blank	No aplica	No aplica	10-21-08	10:00 am	10:30 am	No aplica	No aplica
008	Field Blank	No aplica	No aplica	10-22-08	9:35 am	10:05 am	No aplica	No aplica
015	Field Blank	No aplica	No aplica	10-23-08	11:00 am	11:30 am	No aplica	No aplica

n = 3

**Tabla 2**

*Datos documentados en la Cadena de Custodia como parte del muestreo realizado los días 21 al 23 de octubre de 2008*

<b>No. de muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>Volumen de aire muestreado (L)</b>	<b>Análisis requerido</b>
001-Field Blank	10-21-08	No aplica	NIOSH 5042
002-AA	10-21-08	270	NIOSH 5042
003-BB	10-21-08	280	NIOSH 5042
004-CC	10-21-08	270	NIOSH 5042
005-DD	10-21-08	280	NIOSH 5042
006-EE	10-21-08	20	NIOSH 5042
007-FF	10-21-08	285	NIOSH 5042
008-Field Blank	10-22-08	No aplica	NIOSH 5042
009-AA	10-22-08	295	NIOSH 5042
010-BB	10-22-08	300	NIOSH 5042
011-CC	10-22-08	295	NIOSH 5042
012-DD	10-22-08	305	NIOSH 5042
013-EE	10-22-08	80	NIOSH 5042
014-FF	10-22-08	310	NIOSH 5042
015-Field Blank	10-23-08	No aplica	NIOSH 5042
016-AA	10-23-08	325	NIOSH 5042
017-BB	10-23-08	325	NIOSH 5042
018-CC	10-23-08	325	NIOSH 5042
019-DD	10-23-08	325	NIOSH 5042
020-EE	10-23-08	90	NIOSH 5042
021-FF	10-23-08	285	NIOSH 5042

n = 21

**Tabla 3**

*Datos documentados en la Hoja de Muestreo con respecto a la toma de muestras ocupacionales para medir la concentración de humos de asfalto en una jornada de trabajo de, aproximadamente, ocho horas*

No. de muestra	Id del empleado	Tarea que realiza	Número de bomba	Fecha de muestreo	Tiempo		Flujo de la bomba	
					Comienzo	Parada	Inicio	Final
002	AA	Lupero	817514	10-21-08	9:30 am	4:30 pm	1 L/min	1 L/min
003	BB	Palero	817100	10-21-08	9:30 am	4:35 pm	1 L/min	1 L/min
004	CC	Manivelero	649268	10-21-08	9:30 am	4:30 pm	1 L/min	1 L/min
005	DD	Palero	817519	10-21-08	9:30 am	4:40 pm	1 L/min	1 L/min
007	FF	Rolero	649482	10-21-08	9:30 am	4:45 pm	1 L/min	1 L/min
009	AA	Lupero	817514	10-22-08	9:20 am	4:45 pm	1 L/min	1 L/min
010	BB	Palero	817100	10-22-08	9:20 am	4:50 pm	1 L/min	1 L/min
011	CC	Manivelero	649268	10-22-08	9:20 am	4:45 pm	1 L/min	1 L/min
012	DD	Palero	817519	10-22-08	9:20 am	4:50 pm	1 L/min	1 L/min
014	FF	Rolero	649482	10-22-08	9:20 am	5:00 pm	1 L/min	1 L/min
016	AA	Lupero	817514	10-23-08	9:45 am	4:45 pm	4:45 pm	1 L/min
017	BB	Palero	817100	10-23-08	9:50 am	4:50 pm	1 L/min	1 L/min
018	CC	Manivelero	649268	10-23-08	9:50 am	4:50 pm	1 L/min	1 L/min
019	DD	Palero	817519	10-23-08	10:00 am	5:00 pm	1 L/min	1 L/min
021	FF	Rolero	649482	10-23-08	9:55 am	5:00 pm	1 L/min	1 L/min

n = 15

*Nota.* Las muestras 001, 008 y 015 corresponden a las muestras blanco (ver tabla 1).



**Tabla 4**

*Datos documentados en la Hoja de Muestreo con respecto a la toma de muestra ocupacionales para medir la concentración de humos de asfalto en un periodo aproximado de 15 minutos*

No. de muestra	Id del empleado	Tarea que realiza	Número de bomba	Fecha de muestreo	Tiempo		Flujo de la bomba	
					Comienzo	Parada	Inicio	Final
006	EE	Operador del equipo para pavimentar	649438	10-21-08	9:30 am	9:50 am	1 L/min	1 L/min
013	EE	Operador del equipo para pavimentar	649438	10-22-08	9:20 am	10:40 am	1 L/min	1 L/min
020	EE	Operador del equipo para pavimentar	649438	10-23-08	10:55 am	12:25 am	1 L/min	1 L/min

n = 3

**Tabla 5**

*Resultados obtenidos por el laboratorio con respecto al análisis de las muestras ocupacionales para partículas totales (mg/m<sup>3</sup>)*

No. de muestra	Volumen de aire muestreado (L)	Cantidad de material detectado en la muestra (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
002-AA	270	< 0.10	< 0.37
003-BB	280	< 0.10	< 0.36
004-CC	270	< 0.10	< 0.37
005-DD	280	0.12	0.41
006-EE	20	< 0.10	< 5.00
007-FF	285	< 0.10	< 0.35
009-AA	295	< 0.10	< 0.34
010-BB	300	< 0.10	< 0.33
011-CC	295	< 0.10	< 0.34
012-DD	305	< 0.10	< 0.33
013-EE	80	< 0.10	< 1.25
014-FF	310	< 0.10	< 0.32
016-AA	325	< 0.10	< 0.31
017-BB	325	0.18	0.55
018-CC	325	0.13	0.4
019-DD	325	< 0.10	< 0.31
020-EE	90	0.16	1.78
021-FF	285	< 0.10	< 0.35

n = 18

*Nota.* Las muestras 001, 008 y 015 corresponden a las muestras blanco y las mismas no fueron analizadas para partículas totales.

**Tabla 6**

*Resultados obtenidos por el laboratorio con respecto al análisis de las muestras ocupacionales para la fracción de partículas que son solubles en benceno (mg/m<sup>3</sup>)*

No. de muestra	Volumen de aire muestreado (L)	Cantidad de material detectado en la muestra (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
002-AA	270	< 0.030	< 0.0714
003-BB	280	< 0.030	< 0.0706
004-CC	270	< 0.030	< 0.0714
005-DD	280	< 0.030	< 0.0698
006-EE	20	< 0.030	< 1.500
007-FF	285	< 0.030	< 0.105
009-AA	295	< 0.030	< 0.1017
010-BB	300	< 0.030	< 0.100
011-CC	295	< 0.030	< 0.1017
012-DD	305	< 0.030	< 0.0984
013-EE	80	< 0.030	< 0.375
014-FF	310	< 0.030	< 0.0968
016-AA	325	< 0.030	< 0.0923
017-BB	325	0.030	0.0923
018-CC	325	< 0.030	< 0.0923
019-DD	325	< 0.030	< 0.0923
020-EE	90	< 0.030	< 0.3333
021-FF	285	< 0.030	< 0.1053

n = 18

*Nota.* Las muestras 001, 008 y 015 corresponden a las muestras blanco y las mismas no fueron analizadas para la fracción de partículas que son solubles en benceno.

**Tabla 7**

*Resultados de la concentración para la fracción de partículas solubles en benceno ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), estimada en un TWA de ocho horas*

Id del empleado	Tarea que realiza	Día 1 de muestreo 10-21-08		Día 2 de muestreo 10-22-08		Día 3 de muestreo 10-23-08	
		Concentración ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	TLV <sup>®</sup> de la ACGIH ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Concentración ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	TLV <sup>®</sup> de la ACGIH ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Concentración ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	TLV <sup>®</sup> de la ACGIH ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
AA	Lupero	0.040	0.5	0.063	0.5	0.062	0.5
BB	Palero	0.041	0.5	0.063	0.5	0.062	0.5
CC	Manivelero	0.040	0.5	0.063	0.5	0.062	0.5
DD	Palero	0.041	0.5	0.063	0.5	0.062	0.5
FF	Rolero	0.062	0.5	0.063	0.5	0.063	0.5
	Promedio	0.045		0.063		0.062	

n = 5

**Tabla 8***Resultados de la concentración de partículas totales (mg/m<sup>3</sup>) estimada en un periodo de 15 minutos*

Id del empleado	Tarea que realiza	Día 1 de muestreo 10-21-08		Día 2 de muestreo 10-22-08		Día 3 de muestreo 10-23-08	
		Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Máximo o Valor Techo de NIOSH (mg/m <sup>3</sup> )	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Máximo o Valor Techo de NIOSH (mg/m <sup>3</sup> )	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Máximo o Valor Techo de NIOSH (mg/m <sup>3</sup> )
EE	Operador del equipo para pavimentar	6.66	5	6.66	5	10.68	5

n = 1

**Tabla 9**

*Resultados del cuestionario con respecto a las condiciones de trabajo y estado de salud de los trabajadores de pavimentación*

Pregunta	Trabajadores de pavimentación
1. ¿Cuánto tiempo lleva usted laborando en esta compañía?	(n = 5)
▪ Menos de 1 año	0 %
▪ 1 a 5 años	80 %
▪ 5 a 10 años	0 %
▪ 10 a 15 años	0 %
▪ Más de 15 años	20 %
2. ¿Ha realizado tareas de pavimentación anteriormente?	(n = 5)
▪ Sí	80 %
▪ No	20 %
3. ¿Con cuanta frecuencia usted realiza sus tareas?	(n = 5)
▪ Una vez a la semana	0 %
▪ Dos veces a la semana	0 %
▪ Cinco días a la semana	100 %
▪ Cada dos semanas	0 %
4. ¿Conoce usted los materiales con los que trabaja día a día?	(n = 5)
▪ Sí	100 %
▪ No	0 %
5. Indique a que categoría de edad usted pertenece	(n = 5)
▪ 21 a 30 años	40 %
▪ 30 a 40 años	40 %
▪ 40 a 50 años	0 %
▪ Más de 50 años	20 %
6. En los últimos 12 meses, diría usted que su salud en general es:	(n = 5)
▪ Excelente	20 %
▪ Muy buena	0 %
▪ Buena	40 %
▪ Regular	40 %
▪ Mala	0 %

*Nota.* En esta tabla incluimos, solamente, los resultados de algunas de las preguntas de la sección 1 y 2 del cuestionario, que consideramos relevantes para propósitos del estudio. Para más detalles, refiérase al apéndice 5.

**Tabla 10**

*Resultados del cuestionario con respecto a los síntomas de exposición asociados a la inhalación de humos de asfalto durante la pavimentación de carreteras*

Síntomas	Frecuencia				
	Al comienzo del trabajo	Durante el trabajo	Al finalizar el trabajo	En todo momento	En ningún momento
Iritación en los ojos	0 %	40 %	0 %	0 %	60 %
Iritación en la piel	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Iritación en la garganta	0 %	20 %	0 %	0 %	80 %
Mareos	0 %	20 %	0 %	0 %	80 %
Vómitos	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Dolor de cabeza	0 %	20 %	0 %	0 %	80 %
Dificultad al respirar	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %

n = 5

**Tabla 11**

*Resultados del cuestionario con respecto a las condiciones respiratorias asociadas a la inhalación de humos de asfalto durante la pavimentación de carreteras*

Condición	Trabajadores de pavimentación	
	SÍ padecen de la condición	No padecen de la condición
Bronquitis	0 %	100 %
Asma	20 %	80 %
Alergia nasal (rinitis)	0 %	100 %
Pulmonía	0 %	100 %
Sinusitis	40 %	60 %
Enfisema pulmonar	0 %	100 %

n = 5



## **FIGURAS**

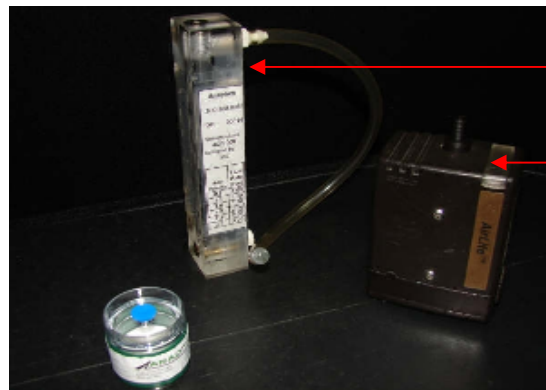


**Figura 1:** Demostración de diversas tareas de pavimentación realizadas en el sector Palou, en el municipio de Juncos, el 21 de octubre de 2008.



Lupero

**Figura 2:** Demostración de diversas tareas de pavimentación realizadas en la urbanización Las Trinitarias, en el municipio de Salinas, el 22 de octubre de 2008.



Rotámetro

Bomba de aire

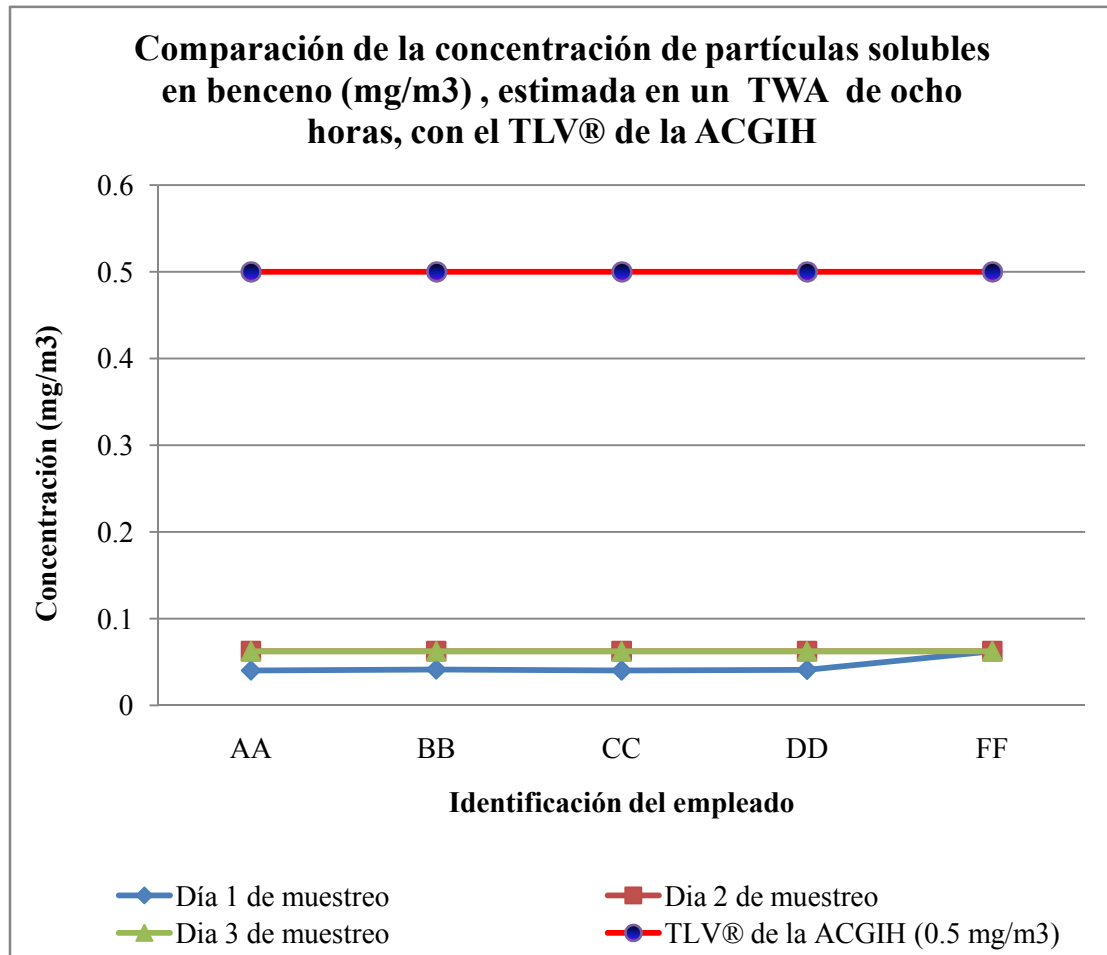
Sujetador para el cassette



Cassette con filtro  
pre-pesado de PTFE

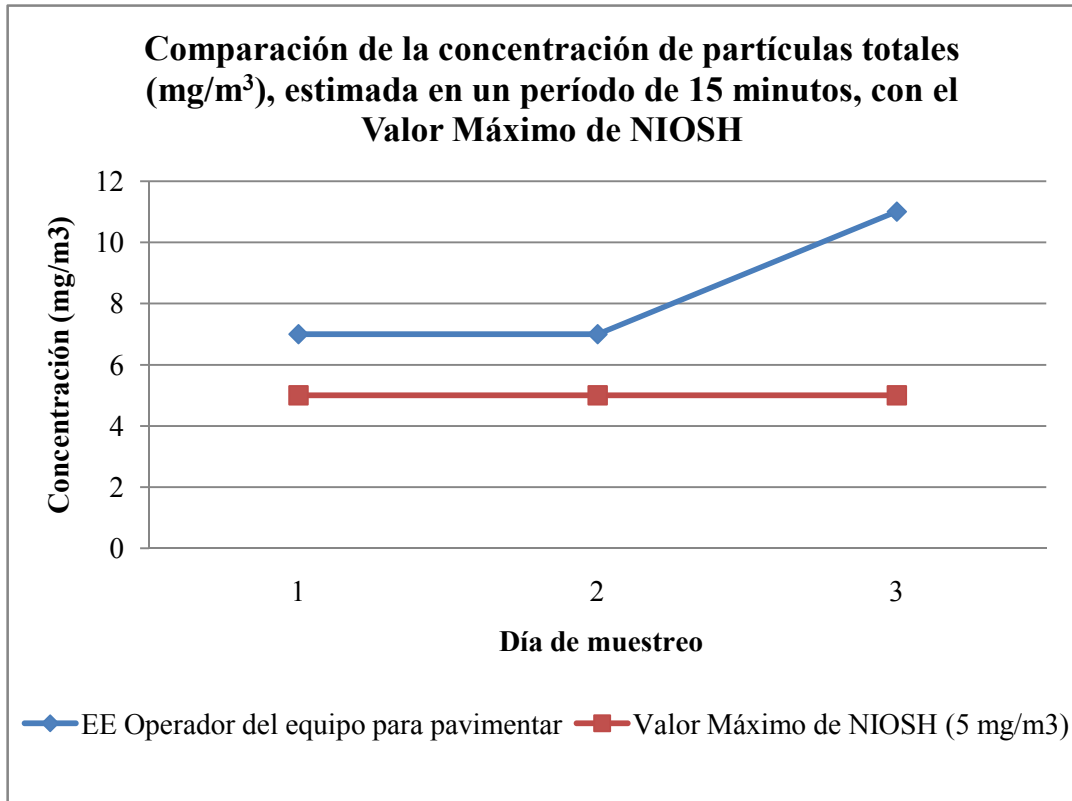
Membrana de celulosa

**Figura 3:** Equipo de muestreo utilizado para el estudio



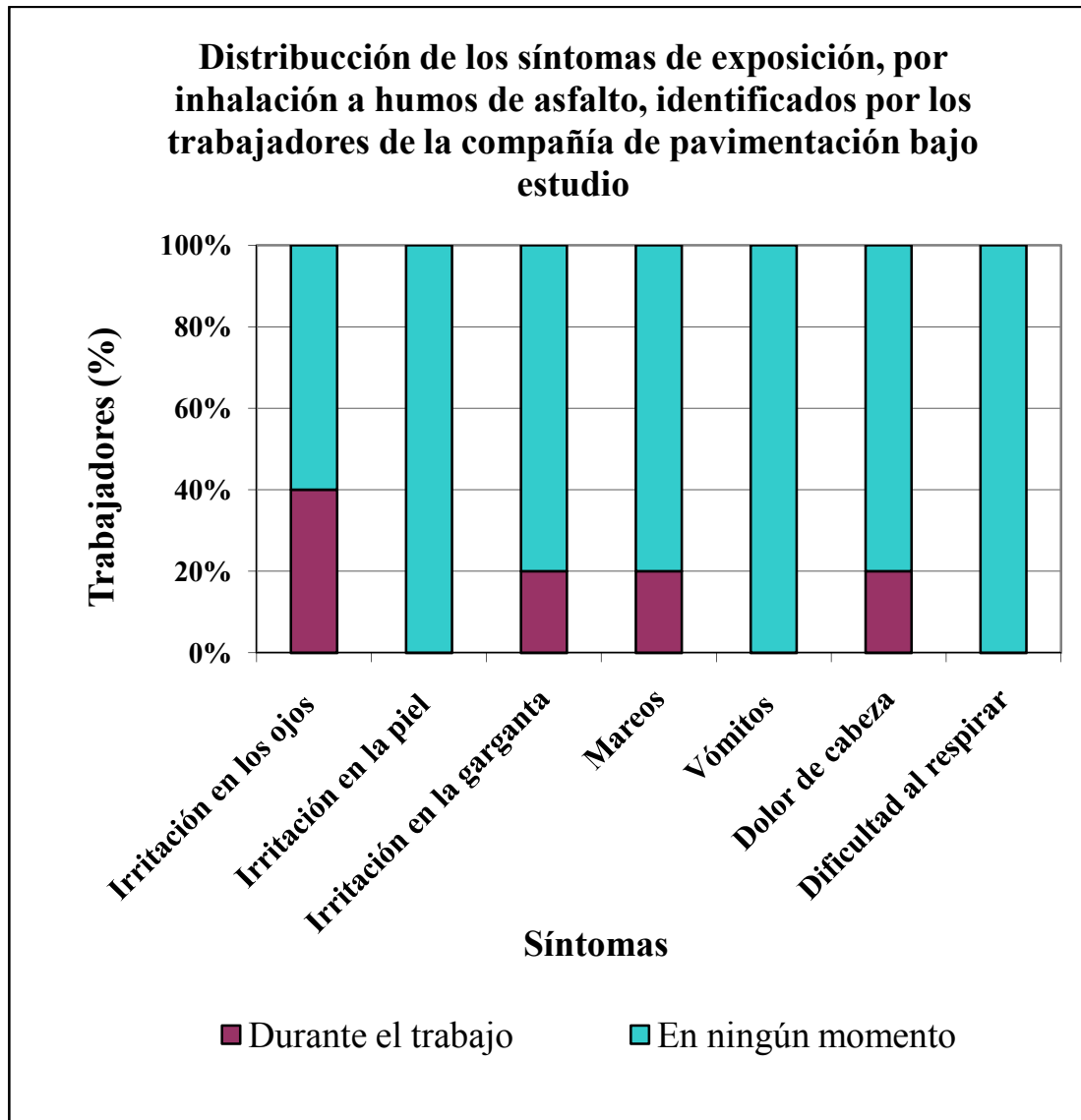
n = 5

**Figura 4.** Comparación de la concentración de partículas solubles en benceno (mg/m<sup>3</sup>), estimada en un TWA de ocho horas, con el TLV® de la ACGIH.



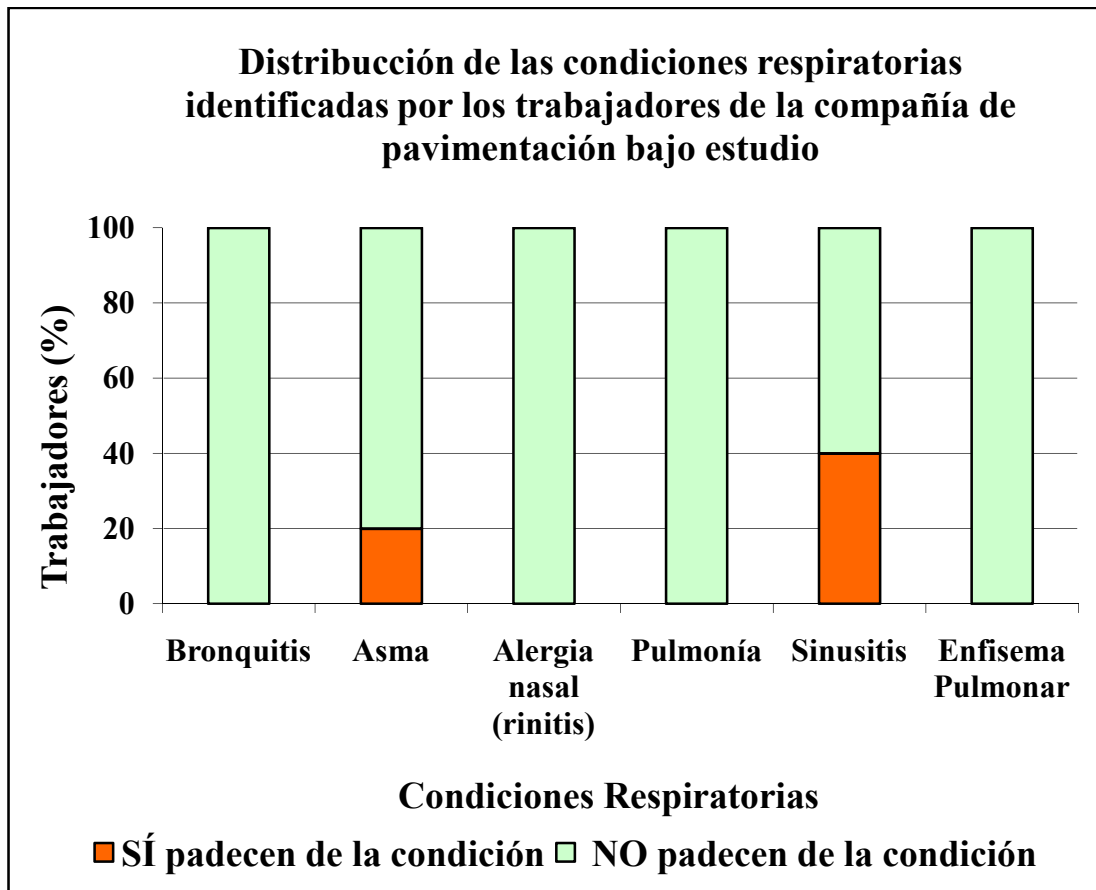
n = 1

**Figura 5.** Comparación de la concentración de partículas totales (mg/m<sup>3</sup>), estimada en un período de 15 minutos, con el Valor Máximo de NIOSH.



n = 5

**Figura 6.** Distribución sobre los síntomas de exposición, por inhalación a humos de asfalto, identificados por los trabajadores de la compañía de pavimentación bajo estudio.



n = 5

**Figura 7.** Distribución de las condiciones respiratorias identificadas por los trabajadores de la compañía de pavimentación bajo estudio.



## **APÉNDICES**

**APÉNDICE 1**  
**CARTA DE COOPERACIÓN PARA EL ESTUDIO**

14 de agosto de 2008

Yessica Garrea Echevarria  
41b River Valley Park  
32 calle Thibault  
Caméguas, P.R. 00729

A QUIEN PUEDA INTERESAR:

**ASUNTO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE RIESGO POR EXPOSICIÓN A HUMOS DE ASFALTO EN EMPLEADOS DE PAVIMENTACIÓN**

A través de este medio deseo mostrar mi interés en contactar a su compañía de pavimentación con el propósito de realizar un proyecto de investigación en el área de Salud y Seguridad Ocupacional. El proyecto propuesto pretende evaluar el riesgo ocupacional al cual los empleados de pavimentación pudieran estar expuestos cuando están en contacto con humos de asfalto. De acuerdo a diversos estudios científicos evaluados, la exposición a esta sustancia puede afectar potencialmente la salud de los empleados de pavimentación que realizan este tipo de actividad.

Asimismo, en Puerto Rico no se han realizado estudios como el aquí propuesto. Por lo tanto, este proyecto surge como iniciativa personal la cual puede servir de base para establecer investigaciones futuras dentro del área de Salud y Seguridad Ocupacional. Además, este proyecto se utilizará para completar los requisitos de grado de maestría en Gestión Ambiental según establecido por la Escuela de Asuntos Ambientales de la Universidad Metropolitana, Recinto de Cayey.

Es de importancia señalar, que el proyecto será realizado en estricta confidencialidad según establecido por la ley (HIPPA). La identidad de la compañía no será revelada bajo ninguna circunstancia mientras se califica esta investigación. Los resultados obtenidos serán utilizados únicamente para establecer conclusiones y posibles recomendaciones en relación al tema de investigación.

De estar interesado en formar parte de este proyecto, puede comunicarse con esta servidora al teléfono 787-226-2955 ó al correo electrónico [yessica@yale.com](mailto:yessica@yale.com).

Cordialmente,



Yessica Garrea Echevarria

**APENDICE 2**  
**CARTA DE APROBACIÓN DEL ESTUDIO POR EL IRB**



AGU/MS Office of Regulatory Compliance  
Institutional Review Board (IRB)

Date: September 11, 2008

Protocol Number: 01-167-08

Principal Investigator/Student: Yosenia Garrafa Echevarria

Department / Division: Universidad Metropolitana, Recinto de Cupey, Escuela de Ambiental.

Mentor: Dr. Harry Peña Ruiz

Title: Evaluación de Riesgo por Exposición a Humos de Asfalto en Empleados de Pavimentación

This is to certify that the above referenced research proposal/protocol received by the Research Compliance Office was Screened and Reviewed. This type of research qualifies for Expedited Review under FDA and OHRP regulation. This confirms that your application was full approved at the Institutional Review Board meeting. After the completion of the study remember fill out the form #4 "Closure Form"

This action involves:

- |  |   |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> New proposal/project                   | <input type="checkbox"/> Amendment              |
| <input type="checkbox"/> Waiver of Consents                                | <input type="checkbox"/> Adverse Events         |
| <input type="checkbox"/> Continuing Review of Previously Approved Protocol | <input type="checkbox"/> Serious Adverse Events |
| <input type="checkbox"/> Protocol Amendment                                |   |

The following documents were reviewed under this submission:

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Protocol                  | <input checked="" type="checkbox"/> Human Subject Certified |
| <input type="checkbox"/> Assent Document                      | <input type="checkbox"/> Investigator Brochure              |
| <input type="checkbox"/> English and Spanish Version          | <input checked="" type="checkbox"/> Authorization Letter    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Informed Consent Document | <input checked="" type="checkbox"/> Informative Sheet       |
| <input type="checkbox"/> Spanish Version                      | <input checked="" type="checkbox"/> Curriculum Vitae        |
| <input type="checkbox"/> Letter of Amendment                  | <input checked="" type="checkbox"/> HIPAA Certificate       |
| <input checked="" type="checkbox"/> Survey Instrument         | <input type="checkbox"/> FDA #1572                          |
| <input type="checkbox"/> Package Insert                       | <input checked="" type="checkbox"/> RCR Certified           |
| <input type="checkbox"/> Advertisement                        | <input type="checkbox"/> Others:                            |

You may conduct your study as submitted for a period of one year up to September 11, 2009. Contact the Office of Research Compliance (787)751-0178 ext 7216, if you have any questions or require further information.

Cordially,

Lourdes Maldonado, Ed. D.  
IRB Member

**APÉNDICE 3**  
**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Sistema Universitario Ana G. Méndez  
Universidad Metropolitana  
Centro Universitario de Cúpey  
Escuela de Asuntos Ambientales

MINISTERIO

Consentimiento Informado

Título: Evaluación de Riesgo por Exposición a Humos de Asfalto en Empleados de Pavimentación

Nombre del Investigador: Yesenia Ginnah Erbesvarría

Nombre del Mentor: Harry Poza Ruiz

Este hoja de consentimiento puede contener palabras con un nivel de dificultad. Por favor, pregunte al investigador responsable o cualquier personal del sitio para que le explique cualquier palabra o información que usted no entienda claramente. Usted puede llevarse a su casa una copia de este consentimiento para decidir si participará o para consultar con su familia o amigos antes de tomar su decisión.

I. Introducción

Usted ha sido invitado a participar en un estudio de investigación. Antes de que decida participar en el estudio, por favor, lea este consentimiento cuidadosamente. Haga todas las preguntas que tenga, pero asegúrese de que entienda los procedimientos de estudio, incluyendo los riesgos y beneficios.

II. Propósito del Estudio

Hay evidencia que sugiere que la exposición a humos de asfalto durante la pavimentación de carreteras, presenta un riesgo a la salud y seguridad de los trabajadores que realizan este tipo de actividad.

III. Participantes del Estudio

Trabajadores de una compañía de pavimentación que voluntariamente deseen participar.

IV. Procedimientos

Acepto participar de este investigación, si está de acuerdo libremente con los términos de muestra de muestras ocasionales. Estas se tomarán al inicio de la investigación y serán utilizadas para determinar las concentraciones de humos de asfalto durante el proceso de pavimentación. Para esta actividad se utilizará un equipo de muestreo, el cual consistirá de una bomba de aire de bajo flujo y un muestro de muestra. La bomba será ubicada en el área de la cintura y el muestro de muestra estará conectado al cuello de su camiseta. El muestro se hará durante una jornada de trabajo de aproximadamente ocho (8) horas.



Ana G. Méndez University System  
Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 21-187-08  
Approval Date September 11, 2008  
Expiration Date September 11, 2009  
Signature [Handwritten Signature]

**V. Riesgo o Incomodidad**

El riesgo por participar en este muestreo es mínimo. El mismo no afecta contra su salud física y emocional. Sin embargo, dada a que el mismo requiere del uso de un equipo de muestreo, es posible que usted sienta incomodidad o molestia mientras lo utiliza. Usted está en todo derecho de retirarse a formar parte de este muestreo y puede desistir de esta actividad como participante.

**VI. Beneficios del Estudio**

Al participar en este estudio usted conocerá las concentraciones de humos de asfalto a los cuales usted podría estar expuesto durante su trabajo. Además, este estudio le ayudará a adquirir nuevos conocimientos sobre prácticas de salud y seguridad en su ambiente de trabajo.

**VII. Incentivo al Participante**

La participación es completamente voluntaria y no se adjudicarán incentivos, de ningún tipo, al participante.

**VIII. Privacidad y Confidencialidad**

Su identidad será protegida en todo momento. Para identificar la muestra se utilizará un número control, el cual consistirá en las iniciales de su nombre y apellido, y un número secuencial que comenzará con el número uno (1). Por ejemplo: ysp001. Este número control será documentado en una hoja de muestreo preparada por la investigadora principal. Es importante señalar que este documento no tendrá información alguna que lo identifique a usted como participante. Solamente tendrá el número de control asignado por la investigadora. Tanto el Mentor, como la investigadora principal, tendrán acceso a la hoja de muestreo donde estará documentado el número de control previamente asignado. Toda información o datos que pueda identificarle serán manejados confidencialmente según establecido por la ley (HIPAA). Para esto se tomarán las siguientes medidas de seguridad. En todo momento, los datos serán guardados en un archivo bajo llave ubicada en la residencia de la investigadora principal. Solamente la investigadora principal que tendrá acceso a los datos. La hoja de consentimiento podrá ser una manera de identificar al participante. Sin embargo, estos datos serán almacenados en un archivo bajo llave ubicado en la residencia de la investigadora principal por un periodo de cinco (5) años una vez concluya este estudio. Al finalizar este período, todos los datos generados serán destruidos por la investigadora principal mediante el uso de una trituradora de papel.

Los resultados de esta investigación pueden ser publicados en revistas científicas o ser presentados en las reuniones médicas, pero la identidad suya no será divulgada. La información puede ser revisada por la Junta para la protección de Seres Humanos en la Investigación (IRB siglas en inglés) del Sistema Universitario Ana G. Méndez. El IRB del SUAGM es un grupo de personas quienes realizan la revisión independiente de la investigación según los requisitos de las regulaciones. Su información será mantenida tan confidencial como sea posible bajo la ley.



Ana G. Mendez University System  
Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-187-08  
Approval Date September 11, 2008  
Expiration Date September 11, 2009  
Signature Juan Carlos Maldonado



Esta autorización servirá hasta el final del estudio, a menos que usted la cancele antes. Usted puede cancelar esta autorización en cualquier momento.

#### IX. Compensación por Datos

- En el caso de lesión física como resultado de su participación en este estudio de investigación, usted recibirá tratamiento médico, libre de costo, en el Hospital designado para esta Institución Primaria:
  - 1- Universidad Metropolitana y sus Centros Universitarios-Sala de Emergencias del Centro Médico de Río Piedras
  - 2- Universidad del Este y sus Centros Universitarios-Hospital de la Universidad de Puerto Rico de Carolina
  - 3- Universidad del Turabo y sus Centros Universitarios-Hospital HIMA de Caguas
- En caso de sufrir alguna lesión mental como resultado de su participación en esta investigación, tendrá disponible una evaluación inicial en su Institución Universitaria correspondiente. De ser necesario, será referido a su médico primario para tratamiento.
- El Sistema Universitario Ana G. Méndez no provee alternativa de pago u otra forma de compensación por posibles daños relacionados con participación en la investigación. Por ejemplo salarios no devengados, pérdida de tiempo invertido o sufrimiento. Ninguna forma de remuneración económica será otorgada directamente a usted. Sin embargo, al firmar esta forma de consentimiento no renuncia a sus derechos legales.

#### X. Participación Voluntaria

Su participación en este estudio es voluntaria. Usted puede decidir no participar sin penalidad alguna. De usted decidir participar, puede retirarse del estudio en cualquier momento sin ninguna penalidad ni pérdida de beneficios. Durante su participación en este estudio, el IP o su representante pueden solicitar que se retire del mismo.

#### XI. Persona Contacto para Información

Si tiene alguna pregunta adicional sobre este estudio o sobre su participación en el mismo, o si entiende que ha sufrido alguna lesión por su participación en el estudio, usted puede comunicarse con:

Harry Peña Ruiz  
Monitor  
Teléfono (787) 376-9111  
E-Mail: harrypa@coqui.net

Ysenia Garrafa Lichevarria  
Investigadora Principal  
Teléfono (787) 226-2955  
E-mail: ysenia\_garrafa@yahoo.com

Si usted tiene alguna pregunta sobre sus derechos como participante del estudio, puede contactar a la:

Oficina de Protección de los Seres Humanos en Investigación  
Teléfono (787) 751-4178 ext. 7196  
E-mail: cumplimiento@agu.edu



Ana G. Mendez University System  
Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-187-08  
Approval Date September 11, 2008  
Expiration Date September 11, 2009  
Signature: [Handwritten Signature]

**XIII. Consentimiento**

He leído la información de esta hoja de consentimiento, o se me ha leído de manera adecuada. El contenido del estudio me ha sido explicado y todas las preguntas sobre el mismo han sido respondidas.

Al firmar esta hoja acepto participar en el estudio y certifico que mi participación es voluntaria e informada.

Nombre del Participante  
(Letra de molde) \_\_\_\_\_ Firma del Participante \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Nombre del Investigador  
(Letra de molde) \_\_\_\_\_ Firma del Investigador \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Si el participante del estudio es menor de 18 años, firma de ambos padres es requerida.

Nombre del Padre  
(Letra de molde) \_\_\_\_\_ Firma del Padre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Nombre del Madre  
(Letra de molde) \_\_\_\_\_ Firma del Madre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_



Ana G. Mendez University System  
Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-187-08  
Approval Date September 11, 2008  
Expiration Date September 11, 2009  
Signature José Luis Maldonado

Sistema Universitario Ana G. Méndez  
Universidad Metropolitana  
Centro Universitario de Cupey  
Escuela de Asuntos Ambientales

QUESTIONARIO

Consentimiento Informado

Título: Exposición de Miesga por Exposición a Humos de Asfalto en Empleados de Pavimentación

Nombre del Investigador: Yesenia Guerra Fajardo

Nombre del Mentor: Harry Peña Ruiz

Esta hoja de consentimiento puede contener palabras que usted no entienda. Por favor, póngase al investigador en contacto o envíenos por correo del estudio para que le explique cualquier palabra o información que usted no entienda claramente. Usted puede llevarse a su casa una copia de este consentimiento para decidir si participará o para consultar con su familia o amigos antes de tomar su decisión.

I. Introducción

Usted ha sido invitado a participar en un estudio de investigación. Antes de que decida participar en el estudio, por favor, lea este consentimiento cuidadosamente. Haga todas las preguntas que tenga, por las dudas de que entienda los procedimientos del estudio, incluyendo sus riesgos y beneficios.

II. Propósito del Estudio

El propósito del estudio es determinar si la exposición a humos de asfalto, durante la pavimentación de carreteras, presenta un riesgo a la salud y seguridad de los trabajadores que realizan este tipo de actividad.

III. Participantes del Estudio

Trabajadores de una compañía de pavimentación que voluntariamente desean participar.

IV. Procedimientos

Al aceptar participar de esta investigación, a usted se le requerirá llenar un cuestionario de salud. El mismo será administrado al inicio del estudio, una vez usted haya contestado y firmado este consentimiento informado. El cuestionario consistirá de un total de 21 preguntas cerradas y abiertas, las cuales cubrirán temas relacionados a condiciones de trabajo, estado de salud y uso de vehículo. Se estima que el tiempo aproximado para contestarlo es de 20 minutos.

V. Riesgos e Incomodidad

El riesgo por completar el cuestionario es mínimo. El mismo no afecta a su salud física y



Ana G. Méndez University System  
Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-189-08

Approval Date September 11, 2008

Expiration Date September 11, 2009

Signature *Juanita Maldonado*

consentido. Sin embargo, usted recibirá preguntas que pudieran beneficiar su salud. Usted tiene el derecho de no contestar las preguntas o de retirarse como participante.

#### VI. Beneficios del Estudio

Al participar en este estudio usted podrá adquirir nuevos conocimientos sobre prácticas de salud y seguridad relacionadas en su ambiente de trabajo. Por otro lado, su participación en este estudio ayudará en gran medida a recopilar datos o información para realizar investigaciones futuras.

#### VII. Incentivo al Participante

La participación es completamente voluntaria y no se adjudicarán incentivos, de ningún tipo, al participante.

#### VIII. Privacidad y Confidencialidad

La identidad será protegida en todo momento. Los resultados obtenidos en este cuestionario serán tabulados para propósitos de análisis, y los mismos estarán basados en datos estadísticos agregados. Tanto el Médico, como el investigador principal, tendrán acceso a la base de datos de datos de datos serán documentados los resultados. Toda información o datos que pueda identificarse serán manejados confidencialmente según establecido por la ley (HIPAA). Para esta se tendrán las siguientes medidas de seguridad. En todo momento, los datos serán guardados en un archivo bajo llave ubicada en la residencia de la investigadora principal. Solo el Médico y el investigador principal que tendrán acceso a los datos. La hoja de consentimiento podrá ser una manera de identificar al participante. Sin embargo, estos datos serán almacenados en un archivo bajo llave ubicada en la residencia de la investigadora principal por un periodo de cinco (5) años una vez concluya este estudio. Al finalizar este periodo, todos los datos generados serán destruidos en la investigadora principal mediante el uso de una trituradora de papel.

Los resultados de esta investigación pueden ser publicados en revistas científicas o ser presentados en las reuniones médicas, pero la identidad suya no será divulgada. La información sobre ser usada por la Junta para la protección de Seres Humanos en la Investigación (IRB) siglas en inglés) del Sistema Universitario Ana G. Méndez. El IRB del S.U.A.G.M. es un grupo de personas quienes realizan la revisión independiente de la investigación según los requisitos de las regulaciones. Su información será mantenida con confidencial como sea posible bajo la ley. Esta autorización servirá hasta el final del estudio, a menos que usted la cancele antes. Usted puede cancelar esta autorización en cualquier momento.

#### IX. Compensación por Daños

- En el caso de lesión física como resultado de su participación en este estudio de investigación, usted recibirá tratamiento médico, libre de costo, en el Hospital designado para cada Institución. (Firmado)



Ana G. Méndez University System  
Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-187-08  
Approval Date September 11, 2008  
Expiration Date September 11, 2009  
Signature: *José Rodríguez*

- 1- Universidad Metropolitana y sus Centros Universitarios-Sala de Emergencia del Centro Médico de Río Piedras
- 2- Universidad del Este y sus Centros Universitarios-Hospital de la Universidad de Puerto Rico de Carolina
- 3- Universidad del Turin y sus Centros Universitarios-Hospital HIMA de Caguas

- En caso de sufrir alguna lesión mental como resultado de su participación en esta investigación, tendrán disponible una evaluación inicial en su Institución Universitaria correspondiente. De ser necesario, será referido a su médico primario para tratamiento.
- El Sistema Universitario Ana G. Méndez no provee alternativa de pago u otra forma de compensación por posibles daños relacionados con participación en la investigación. Por ejemplo salarios no devengados, pérdida de tiempo invertido o sufrimiento. Ninguna forma de remuneración económica será otorgada directamente a usted. Sin embargo, al firmar esta forma de consentimiento no renuncia a sus derechos legales.

#### X. Participación Voluntaria

Su participación en este estudio es voluntaria. Usted puede decidir no participar sin penalidad alguna. De usted decidir participar, puede retirarse del estudio en cualquier momento sin ninguna penalidad ni pérdida de beneficios. Durante su participación en este estudio, el IR o su representante pueden solicitar que se retire del mismo.

#### XI. Persona Contacto para Información

Si tiene alguna pregunta adicional sobre este estudio o sobre su participación en el mismo, o si entiende que ha sufrido alguna lesión por su participación en el estudio, usted puede comunicarse con:

Harry Peña Ruiz  
Mentor  
Teléfono (787) 376-9010  
E-mail: harrype@xqai.net

Yesenia Garrala Bohorán  
Investigadora Principal  
Teléfono (787) 226-2955  
E-mail: yesenia.garrala@yahu.com

Si usted tiene alguna pregunta sobre sus derechos como participante del estudio, puede contactar a la:

Oficina de Protección de los Derechos Humanos en Investigación  
Teléfono (787) 751-0178 ext. 7196  
E-mail: cumplimiento@suagm.edu

#### XII. Consentimiento

He leído la información de esta hoja de consentimiento, o se me ha leído de manera adecuada. El contenido del estudio me ha sido explicado y todas las preguntas sobre el mismo han sido aclaradas.



Ana G. Mendez University System  
Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-187-08  
Approval Date September 11, 2008  
Expiration Date September 11, 2009  
Signature [Handwritten Signature]

Al firmar esta hoja acepto participar en el estudio y certifico que mi participación es voluntaria e informada.

_____ Nombre del Participante (Letra de Molde)	_____ Firma del Participante	_____ Fecha
--	---------------------------------	----------------

_____ Nombre del Investigador (Letra de Molde)	_____ Firma del Investigador	_____ Fecha
--	---------------------------------	----------------

Si el participante del estudio es menor de 18 años, firma de ambos padres es requerida.

_____ Nombre del Padre (Letra de molde)	_____ Firma del Padre	_____ Fecha
---	--------------------------	----------------

_____ Nombre del Madre (Letra de molde)	_____ Firma del Madre	_____ Fecha
---	--------------------------	----------------



Ana G. Mendez University System  
Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-187-08  
Approval Date September 11, 2008  
Expiration Date September 11, 2009  
Signature José M. Rodríguez

**APÉNDICE 4**  
**MÉTODO DE NIOSH 5042**

**BENZENE-SOLUBLE FRACTION AND TOTAL PARTICULATE 5042  
(ASPHALT FUME)**

MVV: variable      CAS: 8052-42-4 asphalt; none, asphalt fume      RTECS: C1980000, asphalt; none, asphalt fume

METHOD: 5042, Issue 1      EVALUATION: PARTIAL      Issue # 16, January 1996

OSHA: No PEL      PROPERTY: not defined  
NIOSH: 0.5 mg/m<sup>3</sup> (15 min) as total particulates  
ACGIH: 5 mg/m<sup>3</sup>

SYNONYMS: bitumen fume

SAMPLING		MEASUREMENT	
SAMPLER:	FILTER (Whatman 2-µm PTFE filter)	TECHNIQUE:	GRAVIMETRIC
FLOW RATE:	1 to 4 L/min	ANALYTE:	Aromatic total particulate (TP) and non- benzene soluble fraction (BSF)
VOL -MIN:	25 L @ 0 mg/m <sup>3</sup>	EXTRACTION:	3 mL benzene; ultrasonic bath, 30 minutes
-MAX:	400 L @ 5 mg/m <sup>3</sup>	BALANCE:	0.021 mg sensitivity, non zero tolerance if possible, before and after sample collection
SHIPMENT:	no time	CALIBRATION:	Check and maintain calibration of balance according to manufacturer's recommendations
SAMPLE STABILITY:	not determined	RANGE:	TP: 0.15 to 2 mg per sample BSF: 0.14 to 2 mg per sample
BLANKS:	0 field blanks per day	ESTIMATED LOD:	TP: 0.04 mg per sample BSF: 0.04 mg per sample
ACCURACY		PRECISION (σ <sub>p</sub> ):	TP: 0.048 at 0.10 mg per sample BSF: 0.051 at 0.21 mg per sample
RANGE STUDIED:	not determined		
BIAS:	not determined		
OVERALL PRECISION (σ <sub>p</sub> ):	not determined		
ACCURACY:	not determined		

**APPLICABILITY:** The working range is 0.14 to 2 mg/m<sup>3</sup> for a 100-L sample. The method is applicable to 15-minute samples. The method was evaluated for asphalt fume; however, it is not specific and determines the concentrations of total particulate and the soluble fraction of the total particulate to which a worker is exposed. Therefore, for each sample means collected other than asphalt fume, a sample standard must be collected and spiked into sampling media. These spiked samples will be used to determine recovery, precision, and accuracy, when OSHA and OXQ (necessary) monitor, other airborne benzene derivatives can be evaluated. The particle size of the particulate should be less than 40 µm, and preferably less than 30 µm. If particle sizes are larger than this, another sampler should be used.

**INTERFERENCES:** Changes in temperature or humidity during pre- and post-collection weighing may affect accuracy. A controlled laboratory environment is needed to exclude possible interferences due to dust contamination. Losses may occur from air chipping or volatilization of a collected sample during sampling, shipping, or analysis.

**OTHER METHODS:** The total particulate portion of the method is based on NIOSH 0500 (1). Other methods applicable to asphalt fume are NIOSH NPM, Polycyclic Aromatic Compounds (2), and NIOSH 2500, Benzothiazole In Asphalt Fume (3).





**REAGENTS:**

1. Benzene,\* a 5 ppm evaporation residue, e.g. Aldrich Chemical Co. Cat. No. 27,070-3 or equivalent.
2. Acetone,\* HPLC grade.
3. Hexane,\* HPLC grade.
4. Nitrogen,\* purified and filtered.

\* See SPECIAL PRECAUTIONS.

**EQUIPMENT:**

1. Sampler: 37-mm, 2-µm pore size, PTFE membrane filter laminated to PTFE (Zeflour, Pall Gairmex Sciences, Cat. No. P8P11127; Supelco, Cat. No. 2 0043; SKC Cat. No. 225-17-07; or equivalent hydrophobic filter), with cellulose support pad in a 37-mm cassette filter holder.
  2. Personal sampling pump, 1 to 4 L/min, with flexible connecting tubing.
  3. Balance, readable to 0.001 mg.
  4. Static neutralizer,\*\* to replace according to manufacturer's recommendations.
  5. Environmental chamber or room for balance (e.g., 20 ± 1 °C, constant ± 5% relative humidity, and dust-free).
  6. Weighing cups,\*\* PTFE, 2-ml (Fisher Cat. No. 2058529, or equivalent), in a carrying rack.
  7. Vacuum oven, equipped with in-line filter on vacuum release valve to remove dust.  
NOTE: Keep the interior of the vacuum oven dust-free for maximum sensitivity, reproducibility, and accuracy.
  8. Forceps.
  9. Test tubes,\*\* glass, 13-mm x 100 mm, with PTFE-lined screw caps.
  10. Pipet,\*\* glass, volumetric, 3-mL, with bulb.
  11. Pipet,\*\* glass, Mohr, 2 mL, with bulb.
  12. Clarification units, 6-ml PTFE-treated reservoir with 1-µm PTFE frit (Daigger and Company, Inc., Lincolnshire, IL, Cat. No. LID-2102-16US, or equivalent).
  13. Pressure regulator, valve, tubing, in-line filter to remove dust and organics, with adapter for applying nitrogen pressure to the clarification unit.
  14. Ultrasonic bath.
- \* Rinse the weighing cups as follows:
- a. Wash with acetone until all visible residue is removed.
  - b. Rinse with hexane for several seconds.
  - c. Air dry.
  - d. Discard any weighing cups that are not visibly clean.
- \*\* Rinse all glassware with acetone then hexane; air dry.

**SPECIAL PRECAUTIONS:** Benzene is a suspect carcinogen [4]. Asphalt fumes are considered a potential occupational carcinogen [4]. Benzene, hexane, and acetone are highly flammable. Prepare samples and standards in a well-ventilated hood and avoid skin contact. Use care when working with compressed gases.

**PREPARATION OF FILTERS BEFORE SAMPLING:**

1. Number the backup pads with a ballpoint pen and place them, numbered side down, in the filter cassette bottom sections.
2. Preweight the filters by the weighing procedure given in step 3. Record the mean tare weight of sample filters,  $W$ , and field blanks,  $B$  ( $\mu\text{g}$ ).
3. Weighing procedure:
  - a. Equilibrate the filters or weighing cups in an environmentally controlled weighing area or chamber for at least two hours.
  - b. Zero the balance before each weighing.
  - c. Using forceps, pass each filter or weighing cup over a static neutralizer. Repeat this step if the filter or weighing cup does not release easily from the forceps or attracts the balance pan. Static electricity can cause erroneous weight readings.
  - d. Weigh each filter or weighing cup until a constant weight is obtained (two successive weighings within 10  $\mu\text{g}$ ). Record the mean of the last two weighings to the nearest microgram.
4. Assemble the filter in the filter cassette and close firmly to prevent leakage. Place a plug in each opening of the filter cassette. Place a cellulose shrink band around the filter cassette, allow to dry and mark with the same number as the backup pad.

#### SAMPLING:

5. Calibrate each personal sampling pump with a representative sampler in line.
6. Sample at an accurately known flow rate between 1 to 4 L/min for a total sample volume of 28 L to 100 L. Do not exceed a total filter loading of approximately 2 mg total particulate.
7. Collect five field blanks for each day of sampling for determining the limit of detection (LOD) and the limit of quantitation (LOQ).
8. Replace plugs in cassettes and pack securely for shipment to the laboratory. Recommend samples be refrigerated upon receipt at the laboratory.

#### CALIBRATION AND QUALITY CONTROL:

9. Use the same balance, if practical, for weighing filters and weighing cups before and after sample collection or benzene evaporation. Check and maintain calibration of balance according to manufacturer's recommendations. Zero the balance before each weighing.
10. Process three tared media blanks through the measurement procedures for total particulate and benzene-soluble fraction.

#### TOTAL PARTICULATE MEASUREMENT:

11. After sampling:
  - a. Allow refrigerated sample cassettes to come to room temperature before proceeding.
  - b. Wipe dust from the external surfaces of the filter cassette with a moist paper towel to minimize contamination. Discard the paper towel.
  - c. Remove the top and bottom plugs from the filter cassette. Equilibrate sampler for at least two hours in the balance room or environmental chamber.
  - d. Remove the shrink band, pry open the cassette, and gently remove the filter to avoid loss of sample.
  - e. Reweigh (step 3) each filter, including field blanks. Record the mean post-sampling weight,  $W_2$  ( $\mu\text{g}$ ). Also record anything remarkable about a filter (e.g., overload, leakage, wet, torn, etc.)
  - f. After weighing, transfer the filter carefully with forceps to a clean test tube and cap the tube.

**CALCULATIONS FOR TOTAL PARTICULATE:**

12. Calculate the concentration of total particulate,  $C_{TP}$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), in the air volume sampled,  $V$  (L):

$$C_{TP} = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V}, \text{ mg}/\text{m}^3$$

- where:  $W_1$  = mean tare weight of filter before sampling ( $\mu\text{g}$ )  
 $W_2$  = mean post-sampling weight of sample-containing filter ( $\mu\text{g}$ )  
 $B_1$  = mean tare weight of field blank filters ( $\mu\text{g}$ )  
 $B_2$  = mean post-sampling weight of field blank filters ( $\mu\text{g}$ )

**BENZENE-SOLUBLE FRACTION MEASUREMENT:**

13. Condition clarification unit by rinsing the reservoir with 1.5 mL of benzene. Use nitrogen pressure to force the benzene through the filter. Appropriately dispose of the benzene rinse.
14. Extract benzene-soluble fraction.
- Add 3.0 mL benzene via a 3 mL volumetric pipet to the filter-containing test tube (step 11.e.). Recap the test tube.
  - Place the test tube upright in beaker containing water to the same level as the liquid in the test tube. Place the beaker and test tube in ultrasonic bath and agitate for 20 minutes.
  - Transfer benzene extract to conditioned clarification unit and force the extract through into a clean test tube using nitrogen pressure as in step 13. Discard sampling filter and clarification unit.
- NOTE: Be sure the end of the clarification unit is well below the opening of the test tube to prevent sample loss by splattering.
15. Preweigh clean weighing cups by the weighing procedure in step 3. Record the mean tare weight,  $W_3$  or  $B_3$  ( $\mu\text{g}$ ).
- NOTE: The weighing cup should already be pretreated and dried as described in the Equipment section.
- Identify each tared weighing cup by labeling its place in the carrying rack.
  - Transfer a 1.5-mL aliquot of the benzene extract via a 2-mL Mohr pipet to the tared weighing cup.
- NOTE: An aliquot may be taken from the remaining extract at this step if other analyses (e.g., polycyclic aromatic compounds) are to be performed on the sample. Apply the appropriate aliquot factor in calculations.
16. Place the weighing cup rack in a vacuum oven preheated to 40C. Apply vacuum until pressure in the oven is 7 to 27 kPa (50 to 200 mm Hg). Allow solvent to evaporate (about two hours). Release the vacuum by slowly opening a release valve that has an in-line filter to remove room dust.
17. Reweigh the weighing cup by the weighing procedure in step 3. Record the mean post-sampling weight,  $W_4$  or  $B_4$  ( $\mu\text{g}$ ). Also, record anything remarkable about the sample (e.g., overload, leakage, wet, splattering, etc.).
18. After weighing, clean the weighing cup as described in the Equipment section.

**CALCULATIONS FOR BENZENE-SOLUBLE FRACTION:**

18. Calculate the concentration of benzene-soluble fraction,  $C_{BSF}$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), in the volume of air sampled,  $V$  (L):

$$C_{BSF} = \frac{[(W_4 - W_3) - (B_4 - B_3)] \cdot 2}{V}, \text{ mg}/\text{m}^3$$

- where:  $W_3$  = mean tare weight of sample weighing cup ( $\mu\text{g}$ )  
 $W_4$  = mean post-sampling weight of sample weighing cup ( $\mu\text{g}$ )  
 $B_3$  = mean tare weight of field blank weighing cups ( $\mu\text{g}$ )  
 $B_4$  = mean post-sampling weight of field blank weighing cups ( $\mu\text{g}$ )

$\gamma$  = aliquot factor

**EVALUATION OF METHOD:**

Asphalt/fume collected during a previous NIOSH investigation [5] was spiked on tared PTFE filters, allowed to dry at least overnight, and extracted using benzene. The results are summarized in the table below.

Spiking level (mg) <sup>a</sup>	Total Particulates		Benzene-Soluble Fraction	
	Recovery (%)	S <sub>r</sub>	Recovery (%)	S <sub>r</sub>
1.85	102	5.97	97.0	0.738
1.17	103	3.96	98.8	2.02
0.63	94.2	5.85	94.6	1.85
0.23	91.6	3.50	95.8	6.10
0.12	82.1	3.91	80.5	9.54
0.058	110	18.4	92.1	13.5
0.025	105	11.4	73.1	17.4

<sup>a</sup>8 x replicates per level

The pooled relative standard deviation ( $\xi_r$ ) for the total particulates was 4.5% at loadings greater than or equal to 0.10 mg per sample. For the benzene-soluble fraction, the pooled relative standard deviation was 6.1% at loadings greater than or equal to 0.21 mg per sample.

The accuracy criterion is based on determining the range of analyte loadings and the analyte loading on the sample media that will give at least 95% confidence of obtaining a measurement of the analyte that is within 25% of the true value 95% of the time. Since no independent method for determining the total particulate concentration is available, no estimate of the bias for the total particulate data was made; therefore, the maximum allowable bias was calculated at which the accuracy criterion could still be met. Based on the spiking data, if the total particulate loading was greater than or equal to 0.12 mg per filter, the measurement determination will be within 25% of the true value 95% of the time if the true bias is less than 10.0%. The bias for the benzene-soluble fraction was negative (see the data above), and since the bias for the benzene-soluble fraction varied little, the bias was pooled over the spiking range of 0.05 to 0.20 mg per filter. It was determined that the 25% accuracy criterion was met if the benzene-soluble fraction was greater than or equal to 0.20 mg per filter.

The limit of detection (LOD) and the limit of quantitation (LOQ) were determined using field blanks [6]. The LOD is equal to three times the standard deviation of the field blank weight differences (post-sampling weight - bare weight), and the LOQ is equal to ten times the standard deviation of the field blank weight differences. Field sample values should be compared to the LOD and LOQ values only after the field samples have been blank corrected.

The standard deviations of the field blank weights were 0.013 mg per sample for total particulates and 0.014 mg per sample for the benzene-soluble fraction. Therefore, the LOD and LOQ for total particulates were 0.04 and 0.13 mg per sample, respectively. The LOD and LOQ for the benzene-soluble fraction were 0.04 and 0.14 mg per sample, respectively. These LOD and LOQ values should only be compared to blank corrected field sample data.

A user check of the method was performed in which tared PTFE filters were spiked with 1.08, 0.392, or 0.215 mg of pyrene per filter and then analyzed by an independent chemist [5]. A mean total particulate recovery of 103% ( $S_r = 5.85\%$ ) was obtained, and the mean benzene-soluble fraction recovery was 108% ( $S_r = 9.81\%$ ). Correlation of benzene-soluble mass with total particulate was linear, with  $r = 0.994$ , and the mean

ratio of benzene-soluble mass to total particulate was 106% (9- 7 80%)

In other experiments, three of 60 field blanks (three sets of 20 field blanks each) had a significantly higher than expected benzene-soluble fraction when compared with the other field blanks [6]. This event had two undesirable consequences: (1) Because the average weight of the field blanks was increased, the field samples were over corrected, and (2) the standard deviation of the field blank weights was increased resulting in higher LOD and LOQ values. For example, if the set of twenty field blanks with one high result is randomly assigned to groups of three (repeatedly), the standard deviation of the groups with the high result could exceed the standard deviation of the other groups by more than 1.6 times. Since this event also may occur with field samples, these elevated results were not excluded when the data were evaluated. Although these events were observed with a syringe type clarification unit and not the recommended clarification unit, the cause of this event was not determined. Therefore, it is important to collect as many field blanks as is reasonable (five blanks per day); also, it may be advisable to establish a monitoring program to track the occurrence of elevated field blanks and, if possible, to identify and eliminate the cause(s).

In another experiment, the recommended clarification unit (PTFE-treated reservoir and a PTFE filter) was evaluated along with three syringe type clarification units [6]. The recommended clarification unit gave lower average extractable material than the syringe type clarification units; also, the recommended clarification unit did not release increasing amounts of extractable material upon prolonged contact with solvent. Pre-rinsing the recommended clarification unit appeared to lower the average amount of extractable material. Additionally, the recommended clarification unit eliminated the need for using a glass syringe and was more convenient to use than the syringe type clarification units.

In a preliminary asphalt fume spiking experiment, benzene and methylene chloride were evaluated as extraction solvents [6]. Asphalt fume [5] was spiked on tared PTFE filter media at the following concentrations: 3.38, 0.88, 0.14, and 0.034mg per filter. Benzene gave recoveries greater than 100% for all concentrations of asphalt fume spiked on PTFE filters. While methylene chloride gave recoveries greater than 96% for the two highest levels spiked, at the two lower levels the recoveries were less than 87%.

#### REFERENCES:

- [1] NIOSH [1994]. Particulate not otherwise regulated, total: Method 5000. In: Eller PM, Cassinelli ME, eds. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4<sup>th</sup> ed. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-113.
- [2] NIOSH [1990]. Polycyclic aromatic compounds: Method 5000. In: Eller PM, Cassinelli ME, eds. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4<sup>th</sup> ed., 2<sup>nd</sup> Supplement. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 88-118.
- [3] NIOSH [1998]. Benzothiazole in asphalt fume: Method 2550. In: Eller PM, Cassinelli ME, eds. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4<sup>th</sup> ed., 2<sup>nd</sup> Supplement. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 98-119.
- [4] NIOSH [1992]. NIOSH recommendations for occupational safety and health, compendium of policy documents and statements. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 82-100.
- [5] Sivak A, Niemeler R, Lynch D, Bellis K, Simon S, Salomon R, Letts R, Belinky B, Menzies K, Lunstedt A, Cooper C, Russ A, Bruner R [1997]. Skin carcinogenicity of condensed asphalt roofing fumes and their fractions following dermal application to mice. *Cancer Letters* 117:113-123.
- [6] NIOSH [1998]. NIOSH backup data report for total particulate and benzene-soluble fraction (asphalt fume), NIOSH Method 5042 (unpublished).

#### METHOD WRITTEN BY:

Larry D. Olson (Team Leader), Barry Reinko, Peter Eller, Robert Glaser, R. Alan Lunstedt, Charles Neumeister, Stanley Shulman, NIOSH/DPSE.

**APÉNDICE 5**  
**CUESTIONARIO**

Sistema Universitario Ana G. Méndez  
 Universidad Metropolitana  
 Centro Universitario de Cuyay  
 Escuela de Asuntos Ambientales

ENCUESTARIO

**Propósito:** Este cuestionario fue preparado con el propósito de recopilar información sobre posibles síntomas o condiciones de salud asociados a la exposición de humos de asfalto durante la pavimentación de carreteras. Las preguntas desarrolladas en el mismo forman parte de una fase explicativa o descriptiva de un proyecto de investigación, el cual servirá de base para posibles investigaciones futuras.

**Instrucciones:** Este cuestionario consta de un total de 14 preguntas relacionadas a condiciones de trabajo, estado de salud y estilo de vida. Antes de comenzar a contestar las preguntas, lea las mismas cuidadosamente. Marque con una X cada pregunta tal y como se indica. Si no está seguro de cómo responder a una pregunta, por favor conteste lo que le parezca más cierto. En caso de duda, contacte al investigador principal.

**SECCIÓN I. CONDICIONES DE TRABAJO**

- 1.1 ¿Cuanto tiempo lleva usted laborando en esta compañía?
- Menos de un año
  - 1 a 5 años
  - 6 a 10 años
  - 10 a 15 años
  - Más de 15 años

- 1.2 Actualmente, ¿qué tarea realiza usted dentro de la compañía?  
 Explique: \_\_\_\_\_

- 1.3 ¿Cuánto tiempo lleva usted realizando esa tarea?  
 Explique: \_\_\_\_\_

- 1.4 ¿Realiza la misma tarea constantemente?  
 Sí       No

- 1.5 ¿Ha realizado tareas de pavimentación anteriormente?  
 Sí       No

\*Si su respuesta es SI, explique:

- Tareas que realizaba: \_\_\_\_\_
- Tiempo en que permaneció realizando esa tarea: \_\_\_\_\_



Ana G. Méndez University System  
 Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-187-08  
 Approval Date September 1, 2008  
 Expiration Date September 1, 2009  
 Signature: [Handwritten Signature]



**Instrucciones:** Este cuestionario consta de un total de 14 preguntas relacionadas a condiciones de trabajo, estado de salud y estilo de vida. Antes de comenzar a contestar las preguntas, lea las mismas cuidadosamente. Marque con una X cada pregunta tal y como se indica. Si no está seguro de cómo responder a una pregunta, por favor conteste lo que le parezca más cierto. En caso de duda, contacte al investigador principal

1.6 ¿Con cuánta frecuencia usted realiza sus tareas?

- Una vez a la semana
- Dos veces a la semana
- Cinco días a la semana
- Cada dos semanas
- Otro, explique.

1.7 ¿Conoce usted los materiales con los que trabaja día a día?

- Sí             No

---

**SECCIÓN 2. ESTADO DE SALUD**

---

2.1 Indique a que categoría de edad usted pertenece

- 21 a 30 años
- 30 a 40 años
- 40 a 50 años
- Más de 50 años

2.2 En los últimos 12 meses, diría usted que su salud en general es

- Excelente
- Muy buena
- Buena
- Regular
- Mala



**Ana G. Mendez University System  
Institutional Review Board (IRB)**

Protocol No. 01-187-08  
Approval Date September 11, 2008  
Expiration Date September 11, 2009  
Signature Juan Carlos Rodriguez

**Instrucciones:** Este cuestionario consta de un total de 14 preguntas relacionadas a condiciones de trabajo, estado de salud y estilo de vida. Antes de comenzar a contestar las preguntas, lea las mismas cuidadosamente. Marque con una X cada pregunta tal y como se indica. Si no está seguro de cómo responder a una pregunta, por favor conteste lo que le parezca más cierto. En caso de duda, contacte al investigador principal.

2.3 Mientras realiza usted sus tareas, ¿ha experimentado o experimenta alguno(s) de los siguientes síntomas? *[Marque con una X todas las que apliquen]*

Síntomas	Frecuencia				
	Al comenzar del trabajo	Durante el trabajo	Al finalizar el trabajo	En todo momento	En ningún momento
<input type="checkbox"/> Irritación en los ojos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Irritación en la piel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Irritación en la garganta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Mareos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Vómitos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Dificultad al respirar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Otros, explique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> No aplica					



Ana G. Mendez University System  
Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-187-08  
 Approval Date September 11, 2008  
 Expiration Date September 11, 2009  
 Signature Juan del Real

**Instrucciones:** Este cuestionario consta de un total de 14 preguntas relacionadas a condiciones de trabajo, estado de salud y estilo de vida. Antes de comenzar a contestar las preguntas, lea las mismas cuidadosamente. Marque con una X cada pregunta tal y como se indica. Si no está seguro de cómo responder a una pregunta, por favor conteste lo que le parezca más cierto. En caso de duda, contacte al investigador principal.

2.4 ¿Alguna vez un médico le ha diagnosticado alguna de las siguientes condiciones respiratorias? [Marque con una X todas las que apliquen]

Condición	Edad aproximada a la que fue diagnosticada
<input type="checkbox"/> Bronquitis	
<input type="checkbox"/> Asma	
<input type="checkbox"/> Alergia nasal (rinitis)	
<input type="checkbox"/> Pneumonia	
<input type="checkbox"/> Emfisema	
<input type="checkbox"/> Enfermedad pulmonar	
<input type="checkbox"/> Otros, explique: _____	
<input type="checkbox"/> No aplica.	

2.5 Considera usted que su(s) condición(es) se agrava(n) cuando está realizando su trabajo?  
 Sí       No

2.6 En los últimos 12 meses, ¿algún médico le ha diagnosticado alguna de las siguientes condiciones de piel? [Marque con una X todas las que apliquen]

Condición	Área del cuerpo			
	Rostró	Cuello	Manos	Brazos
<input type="checkbox"/> Dermatitis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Irritación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Otros, explique _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> No aplica				

2.7 ¿Desde cuándo padece usted esta condición? Explique: \_\_\_\_\_



Ana G. Mendez University System  
 Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 01-187-08  
 Approval Date September 11, 2008  
 Expiration Date September 11, 2009  
 Signature [Handwritten Signature]

**APÉNDICE 6**  
**HOJA DE MUESTREO**

Sistema Universitario Ana G. Méndez  
 Universidad Metropolitana  
 Recinto Universitario de Cayey  
 Escuela de Estudios Ambientales

Hoja de Muestreo

Nombre del estudio: \_\_\_\_\_  
 Lugar de estudio: \_\_\_\_\_  
 Persona que realizó el muestreo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_  
 Método de análisis: \_\_\_\_\_  
 Laboratorio (si enviar la muestra): \_\_\_\_\_  
 Persona Contacto: \_\_\_\_\_

A. Recolección de datos

No. de muestra	Id del empleado	Tarea que realiza	Norma de bomba	Tiempo		Flujo de la bomba		
				Comienzo	Parada	Inicio	Final	Finalizado

Página 1 de 2



Ana G. Méndez University System  
 Institutional Review Board (IRB)

Protocol No. 14-157-08  
 Approval Date September 11, 2008  
 Expiration Date September 11, 2009  
 Signature Guadalupe Rodríguez



**APÉNDICE 7**  
**HOJA DE CALIBRACIÓN DEL ROTÁMETRO**

# ANALYTICAL

## No Charge Leaker Pump Program Packing List and Calibration Worksheet

Date: Oct 17, 2008 Supply Order No: 566980  
 Prepared By: [Signature]  
 Client: Yacoma Corrota Account No.: 1456

Pump Type	Analytic ID	Media	Calibrator			Calibrated Flow
			SIZE D1	Gal DCI	Analytic ID	
1000	2010	NO. 1000	2000	2000	2000	2.0 LPM
2	2011		2000	2000	2000	2.0 LPM
3	2012		2000	2000	2000	2.0 LPM
4	2013		2000	2000	2000	2.0 LPM
5	2014		2000	2000	2000	2.0 LPM
6	2015		2000	2000	2000	2.0 LPM
7	2016		2000	2000	2000	2.0 LPM
8						
9						
10						
11						

Amount Shipped	Items	Analytic ID
1	Transmitter	2000
1	Detector	
1	Battery Charger (3.4Ah)	
1	Battery Charger (3.4Ah)	
1	Tube Follower w/ Adjustable Flow Valve in CPD	
1	Tube Follower with Tubing	
1	Protective Cover with Dip	
1	Ortting for 25 mm cassette	
1	Tubing and Cassette Holder	
1	Screw Driver	
1	Instructions	AL 11409-01
1	Cyclone Cell in Chamber	
	Cyclone 1	
	Cyclone 2	
	Cyclone 3	
	Cyclone 4	



**APÉNDICE 8**  
**CADENA DE CUSTODIA**



**APÉNDICE 9**  
**MÉTODO DE NIOSH 0500**

**PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, TOTAL**      0500

DEFINITION: total aerosol mass      CAS: NONE      RTECS: NONE

METHOD: 0600, Issue 2      EVALUATION: FULL      Issue 1: 16 February 1984  
Issue 2: 16 August 1984

OSHA : 15 mg/m<sup>3</sup>      PROPERTIES: contains no asbestos and quartz  
NIOSH: no REL      less than 1%  
ACGIH: 10 mg/m<sup>3</sup>, total dust less than  
1% quartz

SYNONYMS: nuisance dusts; particulates not otherwise classified

SAMPLING		MEASUREMENT	
<b>SAMPLER:</b>	FILTER (tared 37-mm, 5-µm PVC filter)	<b>TECHNIQUE:</b>	GRAVIMETRIC (FILTER WEIGHT)
<b>FLOW RATE:</b>	1 to 2 L/min	<b>ANALYTE:</b>	airborne particulate material
<b>VOL-MIN:</b>	7 L @ 15 mg/m <sup>3</sup>	<b>BALANCE:</b>	0.001 mg sensitivity; use same balance before and after sample collection
<b>-MAX:</b>	133 L @ 15 mg/m <sup>3</sup>	<b>CALIBRATION:</b>	National Institute of Standards and Technology Class S-1.1 weights or ASTM Class 1 weights
<b>SHIPMENT:</b>	routine	<b>RANGE:</b>	0.1 to 2 mg per sample
<b>SAMPLE STABILITY:</b>	indefinitely	<b>ESTIMATED LOD:</b>	0.03 mg per sample
<b>BLANKS:</b>	2 to 10 field blanks per set	<b>PRECISION (δ<sub>r</sub>):</b>	0.026 [2]
<b>BULK SAMPLE:</b>	none required		
ACCURACY			
<b>RANGE STUDIED:</b>	8 to 28 mg/m <sup>3</sup>		
<b>BIAS:</b>	0.01%		
<b>OVERALL PRECISION (δ<sub>r,T</sub>):</b>	0.056 [1]		
<b>ACCURACY:</b>	± 11.04%		

**APPLICABILITY:** The working range is 1 to 20 mg/m<sup>3</sup> for a 100-L air sample. This method is nonspecific and determines the total dust concentration to which a worker is exposed. It may be applied, e.g., to gravimetric determination of fibrous glass [3] in addition to the other ACGIH particulates not otherwise regulated [4].

**INTERFERENCES:** Organic and volatile particulate matter may be removed by dry ashing [3].

**OTHER METHODS:** This method is similar to the criteria document method for fibrous glass [3] and Method 5000 for carbon black. This method replaces Method 8349 [5]. Impingers and direct-reading instruments may be used to collect total dust samples, but these have limitations for personal sampling.

**EQUIPMENT:**

1. Sampler: 37-mm PVC, 2- to 5- $\mu$ m pore size membrane or equivalent hydrophobic filter and supporting pad in 37-mm cassette filter holder.
  2. Personal sampling pump, 1 to 2 L/min, with flexible connecting tubing.
  3. Microbalance, capable of weighing to 0.001 mg.
  4. Static neutralizer: e.g., Po-210; replace nine months after the production date.
  5. Forceps (preferably nylon).
  6. Environmental chamber or room for balance (e.g., 20 °C  $\pm$  1 °C and 50%  $\pm$  5% RH).
- 

**SPECIAL PRECAUTIONS:** None.

---

**PREPARATION OF FILTERS BEFORE SAMPLING:**

1. Equilibrate the filters in an environmentally controlled weighing area or chamber for at least 2 h.  
NOTE: An environmentally controlled chamber is desirable, but not required.
2. Number the backup pads with a ballpoint pen and place them, numbered side down, in filter cassette bottom sections.
3. Weigh the filters in an environmentally controlled area or chamber. Record the filter tare weight,  $W_1$  (mg).
  - a. Zero the balance before each weighing.
  - b. Handle the filter with forceps. Pass the filter over an antistatic radiation source. Repeat this step if filter does not release easily from the forceps or if filter attracts balance pan. Static electricity can cause erroneous weight readings.
4. Assemble the filter in the filter cassettes and close firmly so that leakage around the filter will not occur. Place a plug in each opening of the filter cassette. Place a cellulose shrink band around the filter cassette, allow to dry and mark with the same number as the backup pad.

**SAMPLING:**

5. Calibrate each personal sampling pump with a representative sampler in line.
6. Sample at 1 to 2 L/min for a total sample volume of 7 to 133 L. Do not exceed a total filter loading of approximately 2 mg total dust. Take two to four replicate samples for each batch of field samples for quality assurance on the sampling procedure.

**SAMPLE PREPARATION:**

7. Wipe dust from the external surface of the filter cassette with a moist paper towel to minimize contamination. Discard the paper towel.
8. Remove the top and bottom plugs from the filter cassette. Equilibrate for at least 2 h in the balance room.
9. Remove the cassette band, pry open the cassette, and remove the filter gently to avoid loss of dust.  
NOTE: If the filter adheres to the underside of the cassette top, very gently lift away by using the dull side of a scalpel blade. This must be done carefully or the filter will tear.

**CALIBRATION AND QUALITY CONTROL:**

10. Zero the microbalance before all weighings. Use the same microbalance for weighing filters before and after sample collection. Maintain and calibrate the balance with National Institute of Standards and Technology Class S-1.1 or ASTM Class 1 weights.

11. The set of replicate samples should be exposed to the same dust environment, either in a laboratory dust chamber [7] or in the field [8]. The quality control samples must be taken with the same equipment, procedures and personnel used in the routine field samples. The relative standard deviation calculated from these replicates should be recorded on control charts and action taken when the precision is out of control [7].

**MEASUREMENT:**

12. Weigh each filter, including field blanks. Record the post-sampling weight,  $W_2$  (mg). Record anything remarkable about a filter (e.g., overload, leakage, wet, torn, etc.)

**CALCULATIONS:**

13. Calculate the concentration of total particulate,  $C$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), in the air volume sampled,  $V$  (L):

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1) \cdot 10^6}{V}, \text{ mg}/\text{m}^3.$$

where:  $W_1$  = tare weight of filter before sampling (mg)  
 $W_2$  = post-sampling weight of sample-containing filter (mg)  
 $B_1$  = mean tare weight of blank filters (mg)  
 $B_2$  = mean post-sampling weight of blank filters (mg)

**EVALUATION OF METHOD:**

Lab testing with blank filters and generated atmospheres of carbon black was done at 8 to 28  $\text{mg}/\text{m}^3$  [2,6]. Precision and accuracy data are given on page 0500-1.

**REFERENCES:**

- [1] NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd ed., NMAM 5000, DHHS (NIOSH) Publication No. 84-100 (1984).
- [2] Unpublished data from Non-textile Cotton Study, NIOSH/DRDS/EIB.
- [3] NIOSH Criteria for a Recommended Standard ... Occupational Exposure to Fibrous Glass, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-152, 119-142 (1977).
- [4] 1993-1994 Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, Appendix D, ACGIH, Cincinnati, OH (1993).
- [5] NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd ed., V. 3, S349, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-C (1977).
- [6] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S282 and S349, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-185 (1977).
- [7] Bowman, J.D., D.L. Bartley, G.M. Breuer, L.J. Doemeny, and D.J. Murdock. Accuracy Criteria Recommended for the Certification of Gravimetric Coal Mine Dust Personal Samplers. NTIS Pub. No. PB 85-222448 (1984).
- [8] Breslin, J.A., S.J. Page, and R.A. Jankowski. Precision of Personal Sampling of Respirable Dust in Coal Mines, U.S. Bureau of Mines Report of Investigations #8740 (1983).

**METHOD REVISED BY:**

Jerry Clere and Frank Hearl, P.E., NIOSH/DRDS.

**APÉNDICE 10**  
**RESULTADOS DEL LABORATORIO CON RESPECTO A LA**  
**CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES Y LA FRACCIÓN DE**  
**PARTÍCULAS SOLUBLES EN BENCENO**



ANALYTICS CORPORATION  
 10325 Edge Run Lane  
 Raleigh, Virginia 27615  
 804 895 3000 Phone  
 704-941-9000 Fax  
 804 895 3000 Fax  
 www.analyticscorp.com

Group No. H003-025  
 Account No. 45700555  
 Report Date: 10/21/08  
 Supplement to Test Report, Sample Date: 11/20/08

VFENEA 085448A

121 1/2 W VALLEY ROAD  
 32 CRILL AVENUE  
 ROCKVALE, VA 22080

\*\*\*\* PRINT REPORT \*\*\*\*

Date Received: 10/29/08  
 Sample Type: Air Sample(s)  
 Location: ROYALTY FARM WYOMING 30 Number: 066080

Analytical Results

Lab	Parameter	Volume	Amount	LOQ	Concentration	Analysis
-001	001-FIELD 1-AMP	Sample Date: 10/21/08	Pre-weighed Teflon filters			
-	Total Dust	0 L	< 0.10 mg	0.1 mg	--	10/30/08
-	Benzene Solubles	0 L	< 30 ug	30 ug	--	10/31/08
-002	002-AA	Sample Date: 10/21/08	Pre-weighed Teflon filters			
-	Total Dust	270 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.37 ug/M3	10/30/08
-	Benzene Solubles	270 L	< 30 ug	30 ug	< 11.1 ug/M3	10/31/08
-003	003-BB	Sample Date: 10/21/08	Pre-weighed Teflon filters			
-	Total Dust	280 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.36 ug/M3	10/30/08
-	Benzene Solubles	280 L	< 30 ug	30 ug	< 10.7 ug/M3	10/31/08
-004	004-CC	Sample Date: 10/21/08	Pre-weighed Teflon filters			
-	Total Dust	270 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.37 ug/M3	10/30/08
-	Benzene Solubles	270 L	< 30 ug	30 ug	< 11.4 ug/M3	10/31/08
-005	005-DD	Sample Date: 10/21/08	Pre-weighed Teflon filters			
-	Total Dust	280 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.36 ug/M3	10/30/08
-	Benzene Solubles	280 L	< 30 ug	30 ug	< 10.8 ug/M3	10/31/08
-006	006-EE	Sample Date: 10/21/08	Pre-weighed Teflon filters			
-	Total Dust	30 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 3.33 ug/M3	10/30/08
-	Benzene Solubles	30 L	< 30 ug	30 ug	< 100 ug/M3	10/31/08
-007	007-FF	Sample Date: 10/21/08	Pre-weighed Teflon filters			
-	Total Dust	285 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.35 ug/M3	10/30/08
-	Benzene Solubles	285 L	< 30 ug	30 ug	< 10.5 ug/M3	10/31/08

Abbreviations: ug = micrograms, mg = milligrams, ng/M3 = milligrams per cubic meter of air, g = grams, ug/M3 = micrograms per cubic meter of air, L = liters, all volumes given in liters, ppm = parts per million, ppb = parts per billion. Areas given in square feet, SO = Not Detected, ug/M3 = ug/dscf, M3 = No Volume Given, N/A = No Area Given, LOQ = Limit of Quantitation.





ANALYTICS CORPORATION  
 10308 Story Run Lane  
 Ashland, Virginia 23005  
 804-265-0000 Phone  
 800-688-8081 Phone  
 804-265-3002 Fax  
 www.analyticscorp.com

Group No. X303 006  
 Account No. 44806888  
 Report Date: 10/11/08  
 Supplement to Test Report, Amend Date : 11/23/08

YASMINA GARRARA

JKS & VM VALLEY ROAD  
 1/2 CANTON CALIFORNIA  
 CADDOUAS, MO. 63729

Final Report

Summary of Analytical Methods

Compound Name	Analytical Method	Abbreviation
Asphalt Fumes-Benzene-Soluble	9109H 5042	Hexan Solubles
Total Dust	9709H 0677	----

Notes

Results provided in this report relate only to the items tested.

Attached are the results we obtained on the analysis of your samples. Any chains-of-custody associated with this sample group are also enclosed. Air concentrations are calculated as a convenience to the client and the overall accuracy of this result depends on both the accuracy of the air volume and the amount found by analysis. Theoretical Air Volumes for passive monitors are calculated using the sampling time submitted and the manufacturer's listed sampling rate for each compound.

For blanks and non detects the results indicated with a '*l*' value represents the reporting limit for that analysis. Unless otherwise noted results are not corrected for blank values.

Unless the signature of the appropriate manager(s) appears on the final page of this report, this report should be considered PRELIMINARY and is subject to change.

We appreciate your confidence in allowing Analytics to be your testing laboratory. Any questions regarding this report can be addressed by calling our client services department (800-688-8061).

  
 James A. Galpin, CFE  
 Laboratory Director

End of Report

Quality Industrial Hygiene and Environmental Laboratory Testing



ANALYTICS CORPORATION  
 1000 Hwy 101 East  
 Ashland, Virginia 23005  
 (804) 528-3000  
 810 5th Street, Suite 200  
 Ashland, VA 23005  
 www.analyticscorp.com

Sample No. 4101-03  
 Account No. 45806965  
 Report Date: 10/21/08  
 Attachment to Test Report, Report Date: 12/29/08

VERMONT CHEMISTS

100 RIVER VALLEY ROAD  
 32 CALVER TALLARDA  
 COLCHESTER, VT 05430

\*\*\*\* INTERNAL REPORT \*\*\*\*

Date Received: 10/20/08  
 Sample Type: 7 - Air (Sample 1st)  
 Project: VERMONT CHEMISTS REPORT # 20 Number: 300950

Analytical Results

Lab Parameter	Volume	Amount	LOQ	Concentration	Analysis
-001 000-FILLED BLANK	Sample Date: 10/22/08	Pre-weighed Teflon filters			
- Total Dust	0 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.33 mg/M3	10/20/08
- Benzene Solubles	0 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.33 mg/M3	10/20/08
-002 000-BA	Sample Date: 10/22/08	Pre-weighed Teflon filters			
- Total Dust	255 L	< 1.10 mg	0.1 mg	< 0.33 mg/M3	10/20/08
- Benzene Solubles	255 L	< 20 ug	20 ug	< 0.079 ug/M3	10/21/08
-003 010-00	Sample Date: 10/22/08	Pre-weighed Teflon filters			
- Total Dust	300 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.33 mg/M3	10/20/08
- Benzene Solubles	300 L	< 20 ug	20 ug	< 0.067 ug/M3	10/21/08
-004 011-00	Sample Date: 10/22/08	Pre-weighed Teflon filters			
- Total Dust	255 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.39 mg/M3	10/20/08
- Benzene Solubles	255 L	< 20 ug	20 ug	< 0.079 ug/M3	10/21/08
-005 012-00	Sample Date: 10/22/08	Pre-weighed Teflon filters			
- Total Dust	300 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.33 mg/M3	10/20/08
- Benzene Solubles	300 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.33 mg/M3	10/21/08
-006 013-FF	Sample Date: 10/22/08	Pre-weighed Teflon filters			
- Total Dust	90 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 1.11 mg/M3	10/20/08
- Benzene Solubles	90 L	< 20 ug	20 ug	< 222 ug/M3	10/21/08
-007 014-FF	Sample Date: 10/22/08	Pre-weighed Teflon filters			
- Total Dust	310 L	< 0.10 mg	0.1 mg	< 0.32 mg/M3	10/20/08
- Benzene Solubles	310 L	< 20 ug	20 ug	< 0.065 ug/M3	10/21/08

Abbreviations: ug - micrograms, mg - milligrams, mg/M3 - milligrams per cubic meter of air, g - grams, ug/M3 - micrograms per cubic meter of air, L - liter(s), all volumes given in liter(s), ppm - parts per million, ppb - parts per billion, Areas given in square cent; ND - Not Detected; ug/kg - ug/mg; NVC - No Volume Given; NED - No Value Given; 100 - limit of quantitation

Page: 1

Quality Control Systems and Environmental Laboratory, Inc.



ANALYTICS CORPORATION  
 1378 Berg Air Lane  
 Andover, MA 01810  
 978 825 3000 Phone  
 978 825 3000 Fax  
 www.analytics.com

Group No: 8000000  
 Account No: 42806000  
 Report Date: 10/31/08  
 Supplement: 0000 Report, Issue Date: 10/30/08

< NORTH CAROLINA

ORE RIVER VALLEY ROAD  
 42 CANTY TARRANT  
 CAROLINA, NC 28739

Final Report

Summary of Analytical Methods

Compound Name	Analytical Method	Abbreviation
Aroclor Pinner-Benzene-Total	NIOSH 5642	Benzo Disulfides
Total Tox	NIOSH 1411	

Notes

Results provided in this report relate only to the items tested.

Attached are the results we obtained on the analysis of your samples. Any findings of custody associated with this sample group are also enclosed. All calculations are calculated as a convenience to the client, and the overall accuracy of this result depends on both the accuracy of the air volume and the amount found by analysis. Theoretical Air Volume for passive monitors are calculated using the sampling time published and the manufacturer's listed sampling rate for each compound.

For blank and non detects the results indicated with a ND value represents the reporting limit for that analysis. Unless otherwise noted results are not corrected for blank values.

Unless the signature of the appropriate manager(s) appears on the final page of this report, this report should be considered PRELIMINARY and is subject to change.

We appreciate your confidence in allowing Analytics to be your testing laboratory. Any questions regarding this report can be addressed by calling our Client Services Department (800 825 3001).

  
 James A. Galpin, CLH  
 State of North Carolina

End of Report

Quality Industrial Hygiene and Environmental Laboratory Testing



ANALYTICS CORPORATION  
 10300 Snow Run Lane  
 Ardmore, Ohio, 45003  
 504-365-3000 Phone  
 504-365-3001 Fax  
 www.analyticscorp.com

Order No. 0602-027  
 Account No. 4566555  
 Report Date: 10/21/08  
 Supplement to Test Report, Amend Date: 12/05/08

CLIENT ADDRESS

175 RIVER VALLEY ROAD  
 12 06000 Telford Pa  
 CALCOVANS, PA 15005

\*\*\*\* FINAL REPORT \*\*\*\*

Site Address: 12/21/08  
 Sample Type: 7 - air (ambient)  
 Project: ASPHALT PILES EXPOSED DO Number: 066960

Analytical Results

Lab	Parameter	Volume	Receipt	TOC	Concentration (ug)	Sample
001	015 FIELD BLANK	Sample Date: 10/23/08	Pre-weighed	Total on filters		
-	Total Dust	0	< 0.10 ug	0 ug	--	10/30/08
-	Organic Solubles	0 L	< 20 ug	20 ug	--	10/31/08
002	016-08	Sample Date: 10/23/08	Pre-weighed	FFDM	FFDM	
-	Total Dust	325	< 0.10 ug	11 ug	< 0.31 ug/M3	10/30/08
-	Organic Solubles	325 L	< 20 ug	20 ug	< 92.3 ug/M3	10/31/08
003	017-01	Sample Date: 10/23/08	Pre-weighed	FFDM	FFDM	
-	Total Dust	325	< 0.10 ug	11 ug	< 0.34 ug/M3	10/30/08
-	Organic Solubles	325 L	< 20 ug	20 ug	< 92.3 ug/M3	10/31/08
004	018-00	Sample Date: 10/23/08	Pre-weighed	Total	filters	
-	Total Dust	325	< 0.10 ug	11 ug	< 0.4 ug/M3	10/30/08
-	Organic Solubles	325 L	< 20 ug	20 ug	< 92.3 ug/M3	10/31/08
005	019-00	Sample Date: 10/23/08	Pre-weighed	Total	filters	
-	Total Dust	325	< 0.10 ug	11 ug	< 0.4 ug/M3	10/30/08
-	Organic Solubles	325 L	< 20 ug	20 ug	< 92.3 ug/M3	10/31/08
006	020-	Sample Date: 10/23/08	Pre-weighed	FFDM	FFDM	
-	Total Dust	80	< 0.10 ug	11 ug	< 1.38 ug/M3	10/30/08
-	Organic Solubles	80 L	< 20 ug	20 ug	< 251.3 ug/M3	10/31/08
007	021-00	Sample Date: 10/23/08	Pre-weighed	Total	filters	
-	Total Dust	325	< 0.10 ug	11 ug	< 0.35 ug/M3	10/30/08
-	Organic Solubles	325 L	< 20 ug	20 ug	< 92.3 ug/M3	10/31/08

Abbreviations: ug = micrograms, mg = milligrams, ug/M3 = milligrams per cubic meter of air, g = grams, ug/dl = micrograms per cubic meter of air, L = liters, all volumes given in liters, ppm = parts per million, ppb = parts per billion, Areas given in square feet; SD = Std. Deviation; ug/ep = ug/weight; Vol = Air volume given, MSF = No area given, LOQ = Limit of Quantitation.

Page 1

Quality Industrial Hygiene and Environmental Laboratory, Inc.



ANALYTICS CORPORATION  
 1000 Long Hill Lane  
 Ashland, Oregon 97020  
 503-385-0000 Phone  
 503-385-3000 Fax  
 www.aac-anal.com

Group No. K008-027  
 Account No. 45806665  
 Report Date: 03/17/02  
 Supplied to: Les. Depart., Amend Date: 12/05/02

VERONICA SARRATA

ONE RIVER VALLEY ROAD  
 25 CARLETT PARKWAY  
 DANBURY, CT 06810

Initial Report

Summary of Analytical Methods

Compound Name	Analysis Method	Apparatus
Aroclit Furnace-Benzene-Soluble	NIOSH 5042	Rotary Evaporator
Total Dust	NIOSH 0500	NIOSH

Notes

Results provided in this report relate only to the items tested.

Attached with this report are the results we obtained on the analysis of your samples. Any Chain-of-Custody associated with this sample group are also enclosed. Any comments and are as indicated as a responsibility for this test, and the overall accuracy of this result depends on both the accuracy of the air volume and the amount caught by analysis. Therefore, Air Volume for personal monitors are not included using the sampling time submitted and the manufacturer's listed compliance rate for each compound.

ND blanks and nondetects the results indicated with a < value represents the reporting limit for that analysis. Unless otherwise noted, results are not corrected for blank values.

Unless the signature of the appropriate manager(s) appears on the final page of this report, this report should be considered preliminary and is subject to change.

We appreciate your confidence in allowing Analytix to be your testing laboratory. Any questions regarding this report can be addressed by calling our client services department (800 388 3351).

James A. Smith, CTP  
 Laboratory Director

End of Report

Quality Institute Hygiene and Environmental Laboratory testing