

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

**EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE FIBRAS DE ASBESTO PROVENIENTE DE  
VEHÍCULOS DE MOTOR EN LAS PLAZAS DE PEAJE DE CAGUAS SUR,  
CAGUAS NORTE Y GUAYNABO**

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

Por  
Frances González Rodríguez

5, diciembre de 2012

## **DEDICATORIA**

*A quienes me inspiraron a seguir adelante contra toda adversidad madre, abuela  
materna, esposo, adorada hija, Marlene y Argenies.  
Gracias a Dios por la fortaleza.*

## AGRADECIMIENTOS

A los miembros de mi comité de tesis a quienes expreso mi infinito y sincero agradecimiento porque formaron un complemento significativo en mi trabajo de investigación. Al Sr. Harry Peña, director del comité de tesis, que cuando le llamaba o escribía vía electrónica siempre respondió y buscó espacio en su agenda comprometida, gracias. El Sr. Diomar Quintana coléga de trabajo en el campo ambiental, fue la persona que brindó sus servicios en la lectura de muestras para la obtención de datos. De igual manera la Srta. Joanne Negrón, quién estuvo siempre disponible en la revisión de lectura de tesis, aportando su crítica en referencia a el trabajo de campo y el análisis de los datos. Debo mencionar la ayuda de tutores designados por la Escuela Graduada que brindaron su tiempo, al igual que el Sr. Pedro De León quién corrigió y aportó su conocimiento en el área técnica de computación, con los programas y aspectos técnicos.

Gracias a mi progenitora y mujer de mayor ejemplo, en mi vida y mi papá el Dr. Mario A. Rivera, quién colaboró en el proceso del muestreo de aire, acompañándome diariamente he asistiéndome. A mi compañero, amigo y esposo que aportó en el área económica de mi investigación y en su apoyo total. No puedo dejar de mencionar a la profesora, María C. Ortíz, en el momento crítico y donde surgió la impaciencia por la culminación del proyecto, estuvo disponible para brindar sugerencias y recomendaciones en la discusión de resultados de tesis, más que agradecida también a la Administración de la Escuela de Asuntos Ambientales, gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN .....	1
Trasfondo del problema .....	1
Problema de estudio .....	7
Justificación del estudio .....	8
Preguntas de investigación o hipótesis .....	9
Meta .....	10
Objetivos .....	10
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA .....	11
Trasfondo histórico .....	11
Marco conceptual o teórico .....	14
Estudios de casos .....	17
Marco legal .....	19
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA .....	22
Introducción .....	22
Área de estudio .....	22
Objetivos .....	23
Descripción de la población o muestra .....	24
Período del estudio .....	26
Fuente de datos .....	27
Diseño metodológico .....	28
Análisis de datos .....	31
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35

CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
CAPÍTULO VI	
TABLAS.....	47
FIGURAS .....	55
APÉNDICES .....	72

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Total de fibras contadas por las muestras de aire obtenidas en la plaza peaje Caguas Sur (n=12).....	48
Tabla 2	Total de fibras contadas por las muestras de aire, obtenidas en la plaza de peaje Caguas Norte (n=10).....	49
Tabla 3	Total de fibras contadas por las muestras de aire obtenidas en plaza de peaje Guaynabo (n=10) .....	50
Tabla 4	Total de fibras contadas por las muestras de aire obtenidas en el Grupo Contro ( Jardín Botánico y Cultural de Willy Miranda Marín en Caguas y Centro comercial Plaza Guaynabo)(n=5).....	51
Tabla 5	Identificación del registro de sustancias químicas (CAS).....	52
Tabla 6	Identificación de muestra y promedio total de la concentración de fibras reportadas( R.F.C.), grupo experimental y grupo control.....	53
Tabla 7	Valores Permisibles y Recomendados en asbesto, en diferentes Agencias.....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución promedio de conteo de fibras en el muestreo de aire con el método NIOSH 7400, Plaza Peaje Caguas Sur(n=12). .....	56
Figura 2.	Distribución promedio de conteo de fibras en el muestreo de aire con el método NIOSH 7400, Plaza Peaje Caguas Norte (n=10). .....	57
Figura 3.	Distribución promedio de conteo de fibras en el muestreo de aire con el método NIOSH 7400, Plaza Peaje Guaynabo (n=10). .....	58
Figura 4.	Distribución promedio de conteo de fibras en el muestreo de aire con el método NIOSH 7400, en las tres Plazas de peaje, Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo, (n=37). .....	59
Figura 5.	Distribución promedio total del grupo experimental, las plazas de peajes Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo y del grupo control (n= 37). .....	60
Figura 6.	Promedio de R.F.C de grupo experimental y grupo control. ....	61
Figura 7.	Plaza de peaje Caguas Sur .....	62
Figura 8.	Plaza de peaje Caguas Norte. ....	63
Figura 9.	Plaza de peaje Guaynabo. ....	64
Figura 10.	Jardín Botánico y Cultural Willy Miranda Marín en Caguas. ....	65
<i>Figura 11</i>	Estacionamiento del centro comercial Plaza Guaynabo .....	66
Figura 12.	Bomba de bajo flujo de volumen. ....	67
Figura 13.	Rotómetro Primario, es digital. Para calibrar las bombas de bajo y alto volumen de flujo. ....	68
Figura 14.	Rotómetro Secundario .....	69

Figura 15. Técnica de Humo..... 70



## LISTA DE APENDÍCES

APÉNDICE 1	FOTOGRAFÍAS TOMADAS EN EL MUESTREO DE AIRE .....	71
APÉNDICE 2	GRÁFICA DE CALIBRACIÓN DE ROTOMETRO PRIMARIO .....	76
APÉNDICE 3	REPORTES DE LABORATORIO .....	79
APÉNDICE 4	TRÁMITES PARA INVESTIGACIÓN .....	87
APÉNDICE 5	CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL ESTUDIO .....	92
APÉNDICE 6	DOCUMENTOS CRUDOS DE CAMPO .....	94
APÉNDICE 7	HOJA DE COTEJO CAMPO .....	97

## RESUMEN

Realizamos una evaluación de la presencia de fibras de asbesto en el aire proveniente de los vehículos de motor en las Plazas de peajes Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo. El muestreo se realizó durante un período de dos semanas en el mes de febrero de 2011, para las tres Plazas de peajes. Colectamos, 12 muestras en la Plaza de peaje Caguas Sur, en la Plaza de peaje Caguas Norte recolectamos 10 muestras y en la Plaza de peaje de Guaynabo colectamos 10 muestras, resultando un total de 32 muestras. Además se realizó tres muestreos adicionales, estos fueron dos muestras de aire en el Jardín Botánico y Cultural, estos fueron en el estacionamiento en el área norte uno y el otro en el área sur del mismo. La tercera muestra fue en Plaza Guaynabo, en el estacionamiento de manera aleatoria. Y las dos muestras de blanco de campo que son requeridas por el laboratorio para propósitos de control y calidad de análisis. Se analizaron las muestras con el método NIOSH 7400, por el laboratorio, *Environmental Health & Safety Services*. Los resultados obtenidos de la concentración de fibras reportadas, con las siglas en inglés R.F.C., fueron desde 0.002 f/cc hasta 0.003 f/cc., en la Plaza de peaje de Caguas Sur, de 0.003 f/cc hasta 0.005 f/cc, Plaza de peaje de Guaynabo y con igual resultado en las muestras de 0.002 f/cc en la Plaza de peaje de Caguas Norte. Todos los resultados obtenidos están por debajo del PEL y REL. La recomendación por el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional es de 0.1 f/cc y comparándolos con los resultados obtenidos de las 39 muestras de aire estas están por debajo de los niveles recomendados por NIOSH y otras agencias reguladoras. No obstante los niveles están por debajo y son poco significativos, por ende no son un riesgo a la salud pública. Aunque los resultados fueron pocos significativos, se recomienda realizar más estudios de aire y combinar los análisis y métodos para la obtención de más fuentes de datos primarios, ya que son necesarios para la realización de estudios de riesgo ambiental.

## ABSTRACT

We evaluated the presences of asbestos concentration on fibers in the air to proof the exposition risk to this fiber. The evaluation of asbestos fiber was conducted in the toll roads of Autopistas Puerto Rico. The selected sites (toll roads) were Caguas Norte, Caguas Sur, and Guaynabo. The sampling for the three toll roads of Puerto Rico were realized during a two week period in the month of February 2011. The given total collected in the tolls was an amount of 32 samples. The method of analysis that was used to perform the investigation is the one recommended by the National Institute for Occupational Safety and Health, in the laboratory of the *Environmental Health & Safety Services*. The results that were obtained of the concentration of the asbestos fibers reported by the R.F.C. were from 0.003f/cc to 0.005f/cc in the toll road of Caguas Sur, and in the toll road of Guaynabo, and the Caguas Norte the results were the same 0.002f/cc to 0.003f/cc. These samples are below the average according to the REL and PEL. In order to compare this experimental group, a control group was used in the investigation. We used three sites for the analysis and comparison of these samples for the control group. The first control group was posted with two samples at the Jardín Botánico y Cultural parking lot in Caguas. One of them was posted at the south and the other at the north of the parking lot. The third sample was an aerial sampling; it was posted at Guaynabo city in the Plaza Guaynabo Commercial Center. A total of 37 samples were collected. The results showed less than 0.1f/cc. The results are in order with the limits recommend by (REL) in NIOSH. Using this data and the final findings of the investigation we can determine that there is no risk of asbestos fibers concentration by air. We concluded that there is no risk or danger to the public health or environment in these sites. It is recommended the methodology used in this research (TEM) of NIOSH 7402 in further investigations.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Trasfondo del problema**

Los cambios climatológicos y el crecimiento poblacional están estrechamente relacionados a problemas ambientales, dando el resultado a interrogantes y planteamientos científicos con la situación ambiental contemporánea (Camplin, 2003). En otras palabras, existe en la actualidad como resultado del crecimiento poblacional más contaminación debido a la demanda de los recursos naturales necesarios, por ende la relación de crecimiento poblacional y contaminación son directamente proporcional (Greenberg, 1994). No obstante, la contaminación atmosférica es de importancia y preocupación por ser el aire un recurso indispensable (Hall & Pidgeon, 2010).

La atmósfera comprende una mezcla de gases indispensables para la vida, por que provee oxígeno para los organismos bióticos, por lo cual juega un papel muy importante. En la atmósfera, se pueden encontrar sustancias o compuestos tales como: polvos, material particulado, fibras naturales o sintéticas y otros contaminantes. Los mismos pueden ser producto de forma natural y antropogénico (Hall & Pidgeon, 2010).

El desarrollo social de Puerto Rico a raíz del cambio económico que surge con la industrialización y adelantos tecnológicos hace aproximadamente 70 años (Villaronga, 2007). Trajo consigo unos efectos multiplicadores en todas las áreas de desarrollo urbano. La industrialización junto al crecimiento poblacional han incrementado o aumentado en la actual situación de contaminación atmosférica como una de las consecuencias más devastadoras entre otros (Villaronga, 2007).

En Puerto Rico surge el cambio drástico de una economía agrícola a una industrial. Las grandes industrias como las de botellas de vidrio y de cartón se establecieron en el área urbana. El proceso de desarrollo económico en Puerto Rico aconteció a finales de los años 1940. Se podría mencionar que acontecen en tres etapas: la primera, la etapa agrícola, existente anterior a los años 1940. La segunda, la etapa preindustrial, la misma acontece aproximadamente en los comienzos de los años 1940 y la tercera, es la etapa industrial, mencionada etapa se le conoce como Operación Manos a la Obra en la historia de Puerto Rico (Villaronga, 2007).

La necesidad de expandir y cumplir las necesidades de gran demanda de desarrollo urbano ha afectado directamente a la contaminación atmosférica (Villaronga, 2007). Resultando en el presente un desparrame urbano, con una deficiente planificación y concientización nacional que requiere una sociedad para un desarrollo sustentable (Camplin, 2003). Llamamos contaminación atmosférica al fenómeno que ocurre cuando la cantidad y la duración de un contaminante pueden causar daños o riesgos a la salud pública y al ambiente. Simultáneamente existen fuentes de contaminación atmosféricas, como las fuentes estacionarias, la cuales tienen un lugar identificable, estas se pueden monitorear y tener un manejo controlado de las mismas. La otra fuente de contaminación son las fuentes móviles, estas son impredecibles y dinámicas (EWG, 2008). Las fuentes móviles un ejemplo de ella son los vehículos de motor. La mencionada fuente de contaminación móvil que constituyen los vehículos de motor convirtiéndolos en un alto riesgo para la salud pública, el ambiente, debido a ser tan dinámica he impredecible. (Bernstein., Donaldson., Deecher., Gearing., Kunzendor, & Holms, 2008).

La ley Número 74 del 23 de junio de 1965, Ley de Autoridad de Carreteras y Transportación de Puerto Rico. Enmendada mediante la Ley Número 112 del 21 de junio de 1968, fue compuesta por agencias de Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. El propósito de la agencia era para continuar el desarrollo de carreteras, facilitar los accesos y el movimiento vehicular. La ley autoriza la construcción de carreteras, autopistas, puentes, túneles, instalaciones de estacionamiento vehicular y entre otras funciones el cobro de peajes.

En octubre del año 1968, se comenzó la primera construcción de peaje en la Autopistas Luis A. Ferré PR 52, antes conocida como la autopista Las Américas, esta era en dirección de San Juan a Ponce. En marzo del año 1969, se estableció el cobro de peaje, para la recaudación de fondos para propósitos de mejoras y desarrollo en la construcción de carreteras. No obstante para el año 1991, la Ley Número 1 del 6 de marzo de 1991, le otorga un nuevo nombre a la Agencia y en el presente se le conoce como La Autoridad de Carretera y Transportación de Puerto Rico. Esta agencia tiene cinco oficinas regionales: área Norte, compuesta por 20 municipios, área Oeste, compuesta de 17 municipios, área Sur, compuesta de 15 municipios y área Este, que es nuestro interés de estudio esta compuesta de 20 municipios, entre ellos esta el municipio Autónomo de Caguas y por último la región Metropolitana, esta compuesta de seis municipios y entre esos esta el municipio de Guaynabo.

Estudios realizados en los Estados Unidos de América y en otros países han encontrado un alto riesgo a la salud y contaminación al ambiente, relacionados a las emisiones de gases de los vehículos de motor. Entre otros trabajos investigativos podemos mencionar la evaluación de los niveles de monóxido de carbono en cuatro

estaciones de peajes de Puerto Rico, que demostró que los trabajadores pueden estar expuestos a gases peligrosos y sustancias peligrosas (Rivera, 2007).

Los vehículos de motor tienen componentes y en los sistemas de frenos contienen asbestos. Herbert Froot para el año 1897, inventó el primer material de cubierta de fricción para frenar los vehículos de motor, compuesta de algodón, luego para principio de siglo XX, fueron reemplazados por material con asbestos. En los vehículos de motor desde el año 1930, se comenzó a utilizar en los sistemas de frenos, estos son los discos, embragues y pastillas de frenos como parte de los sistemas de frenos, eran fabricados con material que contiene asbestos. Empezó desde ese entonces una economía de crecimiento, donde la demanda del mineral de asbestos era extraído de las minas, manufacturado y/o comercializado. (Automobile & Asbestos Industry, 1922). La utilización de asbestos en los componentes de los sistemas de frenos de los vehículos de motor no está prohibida (EPA, 1999).

El asbestos es un mineral el cual tiene propiedades físicas y químicas estables, resultando ser un material mundialmente usado en construcción e industrias (Charles, & Dotson, 2008). En el mundo los más conocidos son, seis tipos de asbestos: crisotilo, crocidolita, amosita, tremolita, antofilita y actinolita, siendo todos pertenecientes de grupos de minerales. Comercialmente se utiliza el crisotilo, este mineral pertenece a la familia de las serpentinas, comúnmente conocido como asbestos blanco y entre sus propiedades químicas y físicas estables, es que resiste altas temperaturas de hasta 1,649 grados Celsius (Wallingford & Snyder, 2001).

Debido a la diversidad de usos, la demanda de asbesto se ha explotado interrumidamente desde su hallazgo. En el presente hay minas existentes en países como Rusia, Canadá, China, Brasil y Zimbabue, todos productores de crocidolita. Ha sido comprobado por la Organización Mundial de la Salud, (WHO) con sus siglas en inglés en el año 1998, que las fibras de asbestos son carcinógenas. Por tal razón, si hay fibras de asbesto en el aire, esto representa un riesgo a la salud pública y primordialmente un riesgo ocupacional para los empleados de las estaciones de peajes (Organización Mundial de la Salud, 1983).

La exposición laboral de asbesto provocó 107,000 muertes anuales, según la Organización Mundial de la Salud, con sus siglas en inglés WHO, en el año 1998, con enfermedades relacionadas al asbesto, como el cáncer del pulmón, mesotileoma, asbestosis y otras enfermedades pulmonares. El período de latencia, de estas enfermedades relacionadas al asbesto es de 25 a 40 años, es por tal razón, la preocupación, por ende entre este tiempo transcurrido el cual es entre el comienzo de la exposición y la detección (Nishika, Takahasshi, Karjalainen, Wen, Furuya, Hoshuyama & Todoroki, 2008). En el pasado hubo grandes daños relacionados a la salud ocupacional, en los trabajadores que realizaban labores de trabajos directamente con asbesto, en las minas y en las industrias o manufactura (Baron & Deye, 1990).

En el presente se siguen registrando casos relacionados a enfermedades con asbesto, ya que son diagnosticadas, cómo resultado de daño a la salud pública (la duración y tiempo de exposición) (Merewether & Price, 1930). El material con contenido de asbesto es considerado un riesgo a la salud pública, si este es perturbado, alterado o



hubo algún cambio físico en el material, este puede resultar un riesgo a la salud pública (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, 2001).

Anteriormente mencionado, los sistemas de frenos de los vehículos de motor están diseñados con material que contiene asbesto, por ende cuando el vehículo de motor realiza el trabajo de frenar, este material con contenido de asbesto es alterado y presionado por el sistema de freno, donde se liberan en el aire fibras de asbesto (Anderson, 1992).

En el presente se continúa usando el material con contenido de asbestos en los sistemas de frenos. En los países europeos desde comienzo de los años 1900, tuvo el auge de la fabricación, la manufactura y la importación del asbesto y se comercializo por todo el mundo para el año 1970, los discos, embragues y pastillas de frenos con contenido de asbesto. De tal manera que hubo la gran demanda de producción de mano de obra y a la vez la exposición con el asbesto en el ambiente y los trabajadores (MAAC, 2008).

Debido a la poca información y/o la falta de documentación se registraron casos de enfermedades pulmonares, pero no estaban directamente relacionadas al asbesto. Fue con estudios epidemiológicos, reportes escritos y estudios de casos que se documenta el riesgo a la exposición con asbesto (Sahil, Ozturk, Songur, Bircan, & Akkaya, 2009).

En el año 1989, la Agencia Federal de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) por sus siglas en inglés, prohibió el uso del asbesto. Luego debido a la los intereses de los fabricantes, demostraron por apelación en Corte Judicial, que los beneficios, como económicos, eran mas importantes que los superaban al sustituir los materiales con contenido de asbesto y los sustitutos podían ser hasta mas

perjudicial o dañinos. Para el año 1991, la Corte de Apelación del Quinto Circuito del estado de Nueva Orlanda, fallo y solo hubo la prohibición de algunos productos no todos con material con contenido de asbesto.

De este modo la presencia de fibras de asbesto en el aire, podría representar un riesgo ocupacional a los empleados de las estaciones de peaje de Puerto Rico. La Agencia Federal de Seguridad y Salud Ocupacional, conocida con sus siglas en inglés (OSHA), es la agencia que regula en Puerto Rico el límite permisible de exposición conocido (PEL) en asbesto de 0.1 fibras por centímetro cúbico en el aire, en un período de tiempo de 40 horas laborables de exposición (United State Department of Labor, 2001). NIOSH, recomienda que todo material que contenga asbesto debe ser manejado de forma controlada y segura debido a ser potencialmente carcinógeno en los humanos y su recomendación como Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional es de 0.1 fibras por centímetro cúbico en un periodo de tiempo de exposición laboral de ocho horas de jornada de trabajo diario (NIOSH, 1994).

### **Problema de estudio**

La presencia de fibras de asbesto en el aire es un riesgo a la salud pública, esto es comprobado científicamente por NIOSH, quiénes recomiendan manejar de forma controlada y segura los materiales que contengan asbesto debido al potencial carcinógeno que representa a los humanos (Richter, Finley, Pautenbach, Williams, & Sheehan, 2009). En Puerto Rico y en Estados Unidos de Norte América, existen regulaciones relacionadas a contaminación atmosférica, y específicamente relacionada al asbesto (ATSDR, 2001). Existen fuentes de emisiones de aire con algún tipo de contaminante, las cuales están localizadas o identificadas, registradas y/o probadas científicamente, donde se pueden

controlar o muestrear (Webber, Blake, Ward & Pfau, 2008). Es por la razón aquí expuesta que la investigación va enfocada a evaluar la presencia de fibras de asbesto en aire, las cuales podrían ser generadas en los sistemas de frenos de los vehículos de motor en varias plazas de peajes, Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo. NIOSH, también ofrece métodos de muestreo y análisis en aire para asbesto, los cuales se usarán como herramienta de investigación (NIOSH, 1994).

### **Justificación del estudio**

En la investigación pretendemos realizar una aportación científica, ya que, no consta que en Puerto Rico se hayan realizado muchos estudios de evaluación de aire con posible contaminación con fibras de asbesto y este pretende aportar significativamente al campo ambiental y al área de manejo de riesgo ambiental. No obstante dicha investigación, la realizamos con la obtención de muestras de aire de fuentes primarias, las cuales cuantificamos de manera científica para determinar la presencia o no presencia de fibras de asbesto en aire, con métodos de análisis aceptados y aprobados por las agencias reguladoras en Puerto Rico y en los Estados Unidos de Norteamérica.

En el área de muestreo de aire en asbesto, al comparar los niveles permisibles federales y los resultados estuvieran por encima o por debajo, podrían resultar riesgo significativos o no significativos a una posible contaminación de aire por fibras de asbesto y a la salud pública. Usando como evaluación los resultados de un muestreo de aire con asbesto, la concentración de fibras de asbesto reportada por el Laboratorio (Webber, Getman & Ward, 2006).

El área de estudio comprende tres áreas de muestreo de aire, estas son las plazas de peajes Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo. Por consiguiente, de tener unos resultados

científicos confiables, se podría con esta información reforzar otros estudios y reportar resultados confiables para un registro de información primaria. Dependiendo de los resultados que obtengamos en esta investigación, estos serán una gran aportación al área de Riesgo Ocupacional de los empleados de las estaciones de peajes de Puerto Rico.

Esta investigación pretende establecer los riesgos ambientales que se producen en las plazas de peajes. Por otra parte, para propósitos y objetivos de esta investigación se pretende lograr el mejoramiento, y desempeño en el manejo adecuado y seguro del ambiente de trabajo para los empleados de las estaciones de peajes, resultando en una mejor calidad de vida para todos. No obstante, en Puerto Rico y en los Estados Unidos de Norteamérica, no se han realizado estudios de muestreo en aire de asbesto, en las estaciones de peaje, donde transitan una enorme cantidad de vehículos de motor, vehículos pesados y livianos, como ocurre en la zona metropolitana de Puerto Rico (Ramazzini, 2010). Para el año 1955 ya existía la relación entre los niveles de exposición al asbesto con el diagnóstico de asbestosis y cáncer del pulmón causado por los procesos de manufacturación de productos conteniendo de asbesto (Paustenbach, Finley, Lu, Brordy, & Sheehan, 2004).

### **Preguntas de investigación o hipótesis**

¿Cuánto es la concentración de fibras de asbesto en muestras de aire, en las plazas de peajes de Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo?

## **Meta**

Evidenciar la presencia de fibras y posible riesgo por exposición de fibras de asbesto en aire, generadas por los sistemas de frenos de los vehículos de motor, en tres plazas de peajes Peaje de Caguas Sur, Peaje Caguas Norte y Peaje de Guaynabo. Con los datos obtenidos del muestreo de aire siguiendo el método de NIOSH 7400, evaluaremos si los niveles de concentración están por encima o no, de los niveles recomendados por NIOSH y los niveles permitidos por OSHA. Con los resultados obtenidos en el campo y el análisis de laboratorio, realizaremos una comparación con el uso de promedio estadístico y observaciones.

## **Objetivos**

1. Analizar las concentraciones de fibras de asbesto en aire, en tres estaciones de peaje, Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo, en Puerto Rico.
2. Comparar los resultados obtenidos con los niveles de exposición recomendado, por NIOSH y con los niveles permitidos de OSHA para establecer el posible riesgo por exposición a fibras de asbesto.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **Trasfondo histórico**

En el pasado el asbesto fue usado para muchos fines, debido a las propiedades físicas y químicas estables que comprende este mineral, el cual es encontrado en forma natural en el ambiente. La palabra asbesto es de origen griego que significa indestructible e indistinguible. Es por tal razón, que el nombre de asbesto, describe las propiedades de este mineral natural, el cual comprende seis grupos; crisotílo (asbesto blanco) de la serpentina, de los anfíboles; la amosita (asbesto marrón), la crocidolita (asbesto azul), trémolita, antófilito y actínolita. Todos estos tipos de fibras de asbestos son clasificados como peligrosos, debido a ser potencialmente carcinógenos para los humanos (Silverstein, Welch & Lemen, 2009).

A principios de los años 1900, en el comienzo de la revolución industrial, el asbesto fue explotado y comercializado para muchos usos, tanto como material de construcción, en los sistemas de frenos en los vehículos de motor y en la industria en general. El asbesto tiene la propiedad de resistir altas temperaturas y la corrosión, por lo cual es utilizado en diferentes materiales y productos en la industria. (Anderson, 1995). Los sistemas de frenos (embragues) de los vehículos de motor contienen asbesto crisotílo. Este producto en el pasado se manufacturaba en los Estados Unidos de Norte América en los años 1910 hasta 1959. Durante este periodo de producción y de manufacturación del asbesto, hubo reportes de los trabajadores expuestos directamente con asbesto, con

enfermedades relacionadas al asbesto, es decir enfermedades pulmonares. Estos primeros estudios epidemiológicos fueron publicados para el 1930 (Horton, Bove & Kapil, 2008).

Por otra parte, en la década de los 30 se propuso *La guía para los niveles de asbesto en los lugares de trabajo*. En resumen para el año 1955, ya existía la relación entre los niveles de exposición con asbesto con el diagnóstico de asbestosis y cáncer del pulmón a consecuencia del proceso de manufacturación de productos con contenido de asbesto. La exposición con asbesto ocurre por diferentes factores: el primer factor de exposición con asbesto es la dosis (variable con la cantidad), el segundo factor es la duración (el tiempo) y el tipo de fibra (la forma del mineral y el tamaño de la fibra) (Lilienfeld, 1991).

Cuando ocurre una exposición, ya sea de cualquier tipo de sustancia peligrosa o químico (en este caso consideramos el asbesto), se toma como criterio, la edad del individuo, sexo, la dieta y el estilo de vida, (ATSDR, 2001). Por ejemplo; fuma o ingiere bebidas alcohólicas, etc... Las circunstancias en que un individuo o trabajador pueden tener algún tipo de exposición, es teniendo contacto directo con material que contenga asbesto. Las rutas de exposición en el cuerpo humano son por inhalación y por ingestión. El asbesto no tiene ningún olor ni sabor detectable debido que antes mencionado es una fibra proveniente de un mineral natural (Anderson, McCune, & Sprys, 1973).

En los Estados Unidos de Norteamérica, hubo publicaciones científicas por NIOSH. En el año 1972, que resultó ser la primera exposición registrada con los sistemas de frenos los cuales contenían asbestos (Paustenbach, Finley, Lu, Brorby & Sheehan, 2004). Luego, Dennis J. Paustenbach, en el año 2003, publicó la evaluación en las concentraciones de aire con asbesto en los sistemas de frenos de los vehículos de motor.

En el mencionado estudio de Paustenbach y otros científicos, desarrollaron el término conocido *time-weight average* (TWA), lo cual significa el promedio ponderado en el tiempo, de exposición de un trabajador por ocho horas laborables. En este estudio fueron realizadas muestras personales, y muestras ocupacionales de aire para los resultados obtenidos en la mencionada investigación. Además de desarrollarse el TWA, que es usado comúnmente en muestreos ocupacionales en la actualidad en muestras de aire. Se encontró también en los estudios, la presencia de concentración de fibras de asbestos, en los sistemas de frenos en los vehículos de motor en los Estados Unidos de Norteamérica, el cual fue decreciendo las concentraciones de fibras de asbesto en aire, en el año 1970, con un resultado obtenido de  $0.063 \pm 0.032$  fibras por centímetro cúbico (f/cc) y en finales del año 1980 con un resultado obtenido de  $0.0021 \pm 0.00036$  (f/cc), debido a tales estudios realizados se introdujo la tecnología de control de polvo, la cual debe ejecutarse durante la actividad de limpieza de los sistemas de frenos de los vehículos de motor (Strohmeier, Huntington, Bunker, Sánchez, Allison & Lee, 2010).

Los técnicos automotrices profesionales certificados y mecánicos certificados, que realicen el trabajo de cambiar los frenos y embragues, los cuales están identificados como material Regulaciones) 1910.1001, en el párrafo (f) (3) y en el apéndice F de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. En el mismo se deben seguir los trabajadores para el proceso de cambio de frenos y embragues. Los empleados que trabajen con frenos y embragues, deben seguir las regulaciones bajo la regla de Protección de Trabajadores de asbestos que se encuentra en la ley federal 40 CFR Parte 763, Sub Parte G., en cambio los mecánicos caseros o cualquier otra persona no están requeridos a seguir las prácticas de trabajo de OSHA (OSHA, 1994).



En la actualidad se han modificado algunos componentes de frenos, sustituyendo el asbesto por otras fibras sintéticas, debido a la peligrosidad de esta. Aun cuando existen componentes de frenos que contienen asbesto, las regulaciones federales y estatales les exigen que deban estar identificados, para que el consumidor esté informado del riesgo y pueda tomar medidas de seguridad para el manejo de éstas. En general, no se puede identificar a simple vista ocular si los componentes de frenos contienen asbesto, es por tal razón que el gobierno federal obliga al manufacturero a exponer hojas de seguridad e indicar si el producto contiene asbesto (Paustenbach, Finley, Lu, Brorby & Sheehan, 2004).

En los vehículos antiguos, los cuales, la información podría no estar accesible, indica la Agencia de Seguridad y Salud Ocupacional, 1998. Una práctica de manejo adecuado y seguro es asumir que todos los sistemas de frenos contienen asbesto. En el presente se manufactura y se continúan comercializando en el mundo materiales o productos que contienen asbesto. En Puerto Rico y en los Estados Unidos de Norteamérica, el mercado de ventas y distribución de los sistemas de frenos de los vehículos de motor con contenido de asbesto es totalmente legal y permitido, esto es debido a la aclaración que realizó la EPA, en mayo de 1999 (EPA, 1999). En el mundo hay 52 países, en donde está prohibido el uso de productos con contenido de asbesto, a los cuales se le exige, sean remplazados por productos más seguros, de menor riesgo, o menos dañinos a la salud pública y el ambiente (Ramazzini, 2010).

### **Marco conceptual**

La Agencia Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), es quien regula el nivel permisible ocupacional en la exposición con asbesto en los trabajadores, desde el año

1971. OSHA, establece la exposición de asbesto, a los niveles permisibles, con las siglas en inglés (PEL) de 0.1 fibras por centímetro cúbico (f/cc) en aire, no obstante introdujo los estándares para la industria en general en ese mismo año. Luego para el año 1994, OSHA, establece unos estándares más específicos donde se requieren los controles de ingeniería, especificar las prácticas del trabajo, exposición en el monitoreo de aire, hacer reportes y/o bitácoras, documentar los archivos de estudios médicos de los trabajadores, tener un comunicado de peligros en el trabajo, adiestrar, ect... (OSHA, 1994).

El 12 de julio de 1989, la EPA, establece un comunicado de prohibición con material que contenga asbesto, luego para el 18 de mayo de 1999, hubo una clarificación de la prohibición de materiales que contengan asbesto (USEPA, 1999). Mencionada aclaración de la USEPA, fue debido a la información divulgada que resulto errónea o poco informativa, proveniente de otras fuentes secundarias de información, como por ejemplo; las revistas no científicas, información de red cibernética, publicaciones en periódicos regionales y nacionales, etc., (cualquier fuente de información no fidedigna). En la aclaración de la prohibición del uso de asbesto, se hace mención a materiales que contienen asbestos y cuáles son los usos apropiados de tales productos para un manejo responsable y adecuado de productos que contienen asbesto (United States Department of Labor, 2001).

Es importante mencionar las dos leyes federales que están directamente relacionadas al asbesto, estas son; la Ley de Aire Limpio, enmendada 1990 y la Ley de Control de Sustancias Tóxicas, mencionadas leyes serán discutidas en la sección de marco legal. En la aclaración, la EPA, hace referencia a la prohibición de materiales que contienen asbesto y otros que no están bajo la prohibición aunque contengan asbesto.

Esto surge de una decisión del Tribunal de Apelación de los Estados Unidos de Norteamérica por el Quinto Circuito (EPA, 1999). Por otra parte, la agencia estatal que fiscaliza en Puerto Rico, los programas de acreditación de personal certificado en trabajo con asbesto, es la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico.

En el 1974, la producción de materiales o productos con asbesto sobrepasó a los millones de toneladas, extraídas mayormente de Canadá, y otras de los Estados Unidos de Norteamérica y África del Sur (OMS, 1983). Como consecuencia de una mayor demanda que lleva al aumento de producción en las industrias, hubo un crecimiento económico. Todo esto requiere establecer los métodos de evaluación de riesgo por las agencias reguladoras, como la EPA y OSHA. En el año 1972, se crea el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional, este instituto realizó estudios epidemiológicos, evaluaciones de riesgos e investigaciones exhaustivas, donde se pudo concluir diferentes métodos de análisis de muestreo, modelos estadísticos, modelos matemáticos y técnicas de muestreos en el área de asbesto (Batrip, 2001).

WHO, en el año 2006, promulgó la eliminación total de todos los productos o materiales con asbesto, de tal manera se eliminarían, todas las enfermedades relacionadas con asbesto. Por otra parte la Convención de Rotterdam, intenta en el presente regular mundialmente las sustancias química peligrosas con la prohibición de estas, para una mejor salud pública y por consiguiente una mejor calidad de vida. La meta principal de la convención es proteger a los países más vulnerables del mundo, asegurando el bienestar público y los intereses de los más vulnerables (Ramazzini, 2010).

## **Estudios de casos**

La exposición que hubo en los trabajadores de las industrias que manufacturaban productos de fricción para el año 1930, al ser evaluados, no reflejó una correlación, debido a que la duración de exposición del trabajador expuesto y el tipo de fibra o el tamaño de esta no eran cuantificados. Por tal razón, se realizaron luego estudios enfocados a cuantificar los niveles de exposición de los trabajadores en el proceso de manufactura de productos de fricción, los efectos y daños a la salud humana (Beard, 2000). Estudios realizados por Boillant y Lob para el año 1973, demostraron la relación entre los sistemas de frenos de los vehículos de motor con daños a la salud.

En Washington, DC, residía Bill Roger, de 67 años de edad, y como mecánico de sistemas de frenos de los vehículos de motor, trabajo durante 44 años con contacto directo de material que contenía asbesto en los frenos o embragues, en una empresa reconocida americana de vehículos de motor. Bill Rogers fue diagnosticado para enero de 2007 con mesotelioma, enfermedad que está directamente relacionada a enfermedades de asbesto (MAAC, 2008).

A pesar que en estudios realizados, en los sistemas de frenos de los vehículos de motor, cuyas concentraciones de asbesto en aire, disminuyó entre los años 1970 al 1980. En el presente se continúa reportando casos de diagnósticos de enfermedades relacionadas directamente con asbesto (Berry, G., & Wagner, J. C.). La exposición ocupacional de asbesto, ha sido categorizada por publicaciones científicas como una pandemia de cáncer mundial. Alrededor de 125 millones de personas en el mundo ha estado expuesta en un ambiente de trabajo con asbesto (WHO, 1983).

Por otra parte se estima de 100,000 a 140,000 muertes de trabajadores expuestos con asbesto. En los Estados Unidos de Norteamérica, Japón, Europa y en Australia, se reportaron 20,000 nuevos casos de cáncer del pulmón, no obstante 10,000 casos de diagnóstico de mesotelioma. Podemos mencionar a países de Sur América como Venezuela en la República Bolivariana el año 2008, en la Consulta de Enfermedades Respiratorias del Ministerio de Salud se reportaron 108 casos de pacientes con diagnósticos en complicaciones pulmonares ocupacionales en todo el país, mencionado estudio de casos fueron estudiados en el año 1991 hasta 1995. Uno de los pacientes reportados con un diagnóstico de asbestosis, este trabaja en una fábrica de bandas de frenos en el estado de Aragua, Venezuela (Mujica & Arteta, 2008).

Los reportes del Ministerio de Salud estaban sin concluir debido a la falta de información específica documentada por tal razón, mencionados estudios quedaron sin concluir. De la limitada información para el año 1980, un estudio de una población de 254 trabajadores que laboraban en las fábricas donde producían productos que contenían asbesto, el resultado del estudio fue 14 casos de diagnóstico de asbestosis y 59 casos posibles de asbestosis (Rodríguez, 2004).

En Argentina para el año 2001 se logró la prohibición del asbesto, debido a un reconocimiento de prioridad en un Plan Nacional para el Manejo Racional de Sustancias Químicas, mencionado plan fue el logro o la culminación de una coordinación interagencial de esfuerzos, resultando en un grupo técnico de trabajo dirigido al análisis de sustancias carcinógena. La prohibición del asbesto, prohíbe la producción, importación y la comercialización del asbesto en el país de Argentina (Rodríguez, 2004).

## **Marco legal**

Se presentará en manera de resumen las leyes estatales del gobierno de Puerto Rico, las cuales guardan una relación directa a la contaminación atmosférica y que también se relacionen a posible contaminación de asbesto y la importancia de mencionadas leyes. De la misma forma se presentarán leyes federales del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica.

- I. **La ley de La Constitución del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, 1952**, la cual expone en el Artículo VI en la sección 19 que “será política pública del Estado libre Asociado la más eficaz conservación de los recursos naturales, así como el mayor desarrollo y aprovechamiento de los mismos para beneficios general de la comunidad”. Otra ley estatal del gobierno de Puerto Rico es la Ley Número nueve del 18 de junio, según enmendada, conocida como Ley sobre Política Publica Ambiental fue derogada por la Ley Número 416 del 22 de septiembre de 2004, conocida como “Ley Sobre Política Publica Ambiental”. Los objetivos principales de la ley, en el artículo 2 son:
  - a. Establecer una política pública que estimule una deseable y conveniente armonía entre el hombre y el medio ambiente.
  - b. Fomentar los esfuerzos que impediría o eliminarían daños al ambiente y la biosfera y estimular la salud y el bienestar del hombre.
  - c. Enriquecer la comprensión de los sistemas ecológicos y fuentes naturales importantes en Puerto Rico.
  - d. Establecer una Agencia de Junta de Calidad Ambiental.

- II. Las leyes federales del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, mencionadas anteriormente son de suma importancia, debido a la relación totalmente directa con asbesto. Bajo dos leyes federales se implementan las regulaciones de asbesto por la Agencia de Protección Ambiental Federal, mencionadas leyes son: La ley de Aire Limpio, enmendada, 15 de noviembre de 1990, donde se incorporó, un programa de control de contaminantes tóxicos en aire *Asbestos National Emission Standards for Hazardous Air Pollutans* (NESHAP). **La ley de Aire Limpio, conocida como *The Clean Air Act, 1990, Amendments***, mencionada ley promovió estudios en contaminación atmosférica.
- III. ***Clean Air Act, 1990***, fue la primera en cuanto se refiere en brindar controles de contaminación atmosférica, la cual estableció programas federales en conjunto a otras agencias de salud, como por ejemplo: La Administración de Seguridad y Salud, las cuales introdujeron técnicas, métodos y muestreo de control en cuanto se refiere a contaminación atmosférica. La segunda ley es La Ley sobre Control de Sustancias Tóxicas, conocida en inglés *Toxic Substances Control Act*. (TSCA) 15 U.S.C.A. § 2601-2692.

El propósito de TSCA, es establecer reglamentaciones específicas de sustancias peligrosas y obligar a los fabricantes de sustancias peligrosas en producir y reportar de manera escrita una base de datos de todas las sustancias peligrosas que fábrica, las cuales están listadas, registradas y la creación de nuevas sustancias peligrosas debe estar en un inventario, esto es mandatorio en la ley. En julio de 1989 en 40 CFR en la Parte 763, Sub-Parte I, sección 762.160-763-179.

IV. En el año 1965, se inicia la Autoridad de Carreteras y Transportación, bajo **la Ley Número 74, de 23 de junio de 1965, luego enmendada por la Ley 112, de 21 de junio de 1968**. Fue creada para mejorar las carreteras, facilitar el tránsito vehicular y entre otras instalaciones necesarias para el tránsito. Hubo la creación de las estaciones de peajes en el año 1969, donde se estableció el cobro de peaje, con el fin de cubrir gastos de mantenimiento, reparación y gastos operacionales.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **Introducción**

Realizamos una evaluación de la presencia de fibras de asbesto en aire, a nivel ambiental, en las plazas de peaje Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo. El propósito fue determinar la concentraciones de fibras de asbesto en el área y si esta excede los niveles permitidos por OSHA y el límite recomendado por NIOSH. Realizamos tres muestreos de aire adicionales, como una muestra representativa de grupo control y el grupo experimental o de interés de estudio, fueron las plazas de peajes, para una comparativa más específica. El método que usamos es sugerido por El Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH), 7400. Con la técnica de Microscopia de Fases, conocida en inglés (PCM), se usa para cuantificar la concentración de las fibras de asbesto en un área en el aire (NIOSH, 1994).

#### **Área de estudio**

Evaluamos la presencia de fibras de asbesto en tres plazas de peajes estas son; Plaza peaje de Caguas Norte, ubica en la autopista PR-52, conocida como la autopista Luis A. Ferré, en el municipio de Caguas en el kilómetro 14.3, dirección al norte, latitudes 18° 16' 36.06" Norte y longitud 66° 2' 7" Oeste, con una elevación 263ft. La Plaza de peaje de Caguas Sur, también localizada en la PR-52, ubica en kilómetro 23.5 con dirección al municipio de Cayey. Las latitudes 18°11' 51.92" Norte y longitud 66° 3' y 9.45" Oeste, con una elevación de 302 ft. sobre el nivel del mar. Por último, la Plaza de peaje

de Guaynabo, este ubica en el Expreso Martínez Nadal, en la carretera PR-20, kilómetro 6.4 del mencionado municipio con dirección al Norte, con la latitud de 18° 21' 9.07" Norte y longitud de 66° 6' 23.08" al Oeste con una elevación de 187 ft. sobre el nivel del mar.

Realizamos para propósitos de confiabilidad y de grupo control, tres puntos de muestreos de aire adicionales, en el municipio de Caguas en el estacionamiento del Jardín Botánico y Cultural Willy Miranda Marín en Caguas, su ubicación es la PR-156, en la Avenida Zafiro, en latitud de 18° 14' 24.05" al Norte y longitud de 66° 03' 46.50" al Oeste con una elevación sobre el nivel del mar de 862.64 ft. Fueron dos puntos en el área norte y el otro área sur del estacionamiento del Jardín Botánico y Cultural Willy Miranda Marín en Caguas. El tercer punto de muestreo fue en el municipio de Guaynabo en el estacionamiento del Centro Comercial de Plaza Guaynabo. Estas muestras de área son consideradas como muestras de trasfondo, conocida en inglés, *background* (BG). La ubicación del centro comercial de Guaynabo es en el expreso Martínez Nadal, PR-20, en la latitud 18° 22' 10.84" al Norte y la longitud de 66° 06' 35.88" al Oeste, con una elevación sobre el nivel del mar de 321.44 ft.

## **Objetivos**

- 1. Analizar las concentraciones de fibras de asbesto en aire, en las plazas de peajes de Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo.**
- 2. Comparar los resultados obtenidos con los niveles de exposición recomendado, por El Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional Federal con sus siglas en inglés (NIOSH) y con los niveles permitidos de La agencia Federal de Salud y Seguridad Ocupacional, con las siglas en inglés (OSHA)**

## **Descripción de la población o muestra**

Previo al muestreo de aire con el método NIOSH 7400, realizamos una prueba, para determinar la dirección del aire, utilizando *Air Current tube*. La prueba consiste en

un tubo de cristal, que contiene ácido sulfúrico como reactivo, este reactivo produce una reacción de un humo denso color blanco, como resultado de una reacción química con la humedad atmosférica. Los tubos se manejan de manera manual y sencilla donde empuja el humo blanco y esta se mueve la dirección de la corriente de aire. Mediante la prueba de humo, observamos donde era la mayor concentración de aire y la dirección del viento que era de interés, donde por ende se colocaron las bombas de bajo volumen de flujo a una altura de (0.75 metro) (Baron, P., & Pickford, G.).

De esta manera observamos e identificamos el área de mayor concentración de corriente de aire, debido a la turbulencia que genera los vehículos en movimiento. Colocamos las bombas de bajo flujo, conteniendo un filtro de 25 micrómetros de membrana celulosa. El flujo de volumen inicial fue de tres litros por minutos (L/min) en todos los puntos de muestreo. Los datos que recopilamos en las plazas de peajes fueron documentados en cadenas de custodia. Esta incluye la siguiente información; nombre de la plaza de peaje, fecha del muestreo, total de muestra obtenida en el día y la firma de la persona que realizó el muestreo (Apéndice 6).

En las tres plazas de peajes, obtuvimos un total de 32 muestras. En las tres plazas de peaje se trató de seguir una secuencia o mismo patrón, en el muestreo de aire. Los dos puntos de muestreo por día en las plazas de peajes fueron, frente a las cabinas donde los empleados realizan labor de cobro en el peaje, frente a la isleta o muro de protección de concreto. El primer punto de muestreo fue en el carril de Recarga Más, este ubica en el carril último de la derecha y el segundo punto de muestreo de aire fue colocado en el carril de auto expreso identificado como Todo tipo de Vehículo.

## **Período del estudio**

Realizamos el estudio de campo en días laborables en la semana, lunes a viernes. Comenzamos el muestreo de aire en la plaza de peaje de Caguas Sur, en la fecha de 7 de febrero de 2012 hasta el 11 de febrero de 2012. En el horario de la tarde por el día 12:00 p.m. hasta las 6:00 p.m. dando como resultado un período de seis horas de muestreo sin interrupción. El segundo muestreo en la plaza de peaje de Caguas Norte en días laborables de lunes a viernes, en la fecha de 13 de febrero de 2012 hasta el 17 de febrero de 2012, la selección del horario de muestreo fue de 6:00 a.m. a 12:00 p.m. dando como resultado un período de seis horas de monitoreo de aire sin interrupción. Por último, el muestreo de la plaza de peaje de Guaynabo en días laborales de lunes a viernes, lo realizamos en la tarde de 2:00 p.m. hasta las 7:00 p.m., con un período de cinco horas de muestreo de aire sin interrupción. La fecha de muestreo fue de 13 de febrero hasta el 17 de febrero de 2012. El muestreo de aire, en las tres plazas de peaje fue ejecutado en un periodo total de 10 días por las tres estaciones de peajes. Un aproximado de tiempo total de muestreo de aire de 30 días en completar el trabajo de campo y análisis de laboratorio.

Realizamos las muestras de trasfondo o de *Background*, en la fecha de tres de abril de 2012, donde obtuvimos un total de cinco muestras de aire, usando el método de NIOSH 7400. Mencionadas muestras de trasfondo o *Background*, fueron en el Jardín Botánico y Cultural de Willy Miranda Marín en Caguas, con dos muestras y en el centro comercial de Plaza Guaynabo, con tres muestras incluyendo dos de blanco de campo o *Field Blank*, resultando un total de cinco muestras recolectadas. La primera muestra 030412-01C, la colocamos a las 7:00 a.m. hasta las 9:40 a.m., sin interrupción, este horario es parecido a la obtención de las muestras de aire que realizamos en la estación de

peaje de Caguas Norte. La segunda muestra es 030412-02C, la colocamos a las 9:55 a.m. hasta las 11:30 a.m. sin interrupción. La tercera y última muestra de aire 030412-03G, la colocamos 12:50 p.m. hasta las 2:30 p.m., sin interrupción. Las dos muestras restantes fueron muestras de blanco de campo (FB), las muestras de blanco son requeridas por el laboratorio para propósitos de control de calidad y son dos por cada diez muestras obtenidas en el campo. Fue un total de doce horas de trabajo de campo y seguido para el laboratorio, donde fueron leídas con carácter de urgencia para la obtención de datos y de cumplimiento de tiempo para poder analizar y reportar datos por Environmental Health and Safety Services, con las siglas en inglés EHSS.

### **Fuente de datos**

En el área de trabajo de campo, utilizamos previo al muestreo una hoja de cotejo. En esta hoja de cotejo aparecen las fechas de muestreo que realizamos, los materiales y el equipo en un listado que indica lo siguiente, marcador permanente, cadena de custodia, bolígrafo, bolsas plásticas con cierre, chaleco refractivo, identificación personal/EQB, cámara de fotografía, equipo de muestreo (bombas de bajo volumen de flujo portátiles, modelo Gillian BDX II), rotámetro secundario de campo, las mangas plásticas para los filtros), hoja de calibración, cinta adhesiva resistente, bitácora, botas de seguridad y guantes desechables. Todos los materiales y equipo son requeridos para hacer un muestreo de aire adecuado (Apéndice 5). Durante el muestreo de aire, documentamos en cadenas de custodias, las cuales contienen la siguiente información, identificación y ubicación del muestreo, método que utilizamos para realizar el muestreo, la fecha, número de muestras obtenidas, nombre y firma de la persona que realizó el muestreo y la

firma de la persona que recibe las muestras de laboratorio para ser reportado oficial (Apéndice 6).

En controles de calidad la bomba de bajo volumen Gillian BDII, fue calibrada por el laboratorio que rento el equipo, (EHSS), con un rotámetro primario. Este equipo es digital y la hoja del análisis de calibración primaria fue entregada junto con el equipo de muestreo que utilizamos (Apéndice 2). La calibración diaria que realizamos antes y después del muestreo diario, fue realizada por un rotámetro secundario de campo. Se calibraron las bombas de bajo volumen de flujo a tres litros como el volumen inicial del muestreo. El rotámetro secundario es manual y científicamente aprobada por NIOSH.

Las muestras obtenidas fueron llevadas al laboratorio externo EHSS. Realizó la lectura de las muestras usando el método de NIOSH 7400, con la técnica de PCM. Luego el laboratorio, después del análisis, entregó mediante reporte oficial y final los resultados de análisis del muestreo de aire (Apéndice 5).

### **Diseño metodológico**

Colocamos las dos bombas de bajo flujo de volumen Gillian BDX II, la primera en el último carril de la derecha, el cual se identifica como el carril de Recarga Más y la segunda bomba de volumen bajo fue en el carril que transita todo tipo de vehículo con auto expreso. Realizamos el mismo procedimiento, en las tres plazas de peajes: Caguas Norte, Caguas Sur y Guaynabo, el grupo experimental. De igual manera con el grupo control; en El Jardín Botánico y Cultural de Caguas y en el estacionamiento de Plaza Guaynabo, por ende lo única variable fue, la estación de muestreo o ubicación del área. Dando como resultado un total de 39 muestras en total, incluyendo en las mismas las de

blanco de campo. El procedimiento para la obtención de la muestra de aire fueron las siguientes:

1. Revisamos el equipo y los materiales con la hoja de cotejo, donde corroboramos si todos los materiales y equipo están en el momento que realizamos el muestreo para un manejo adecuado y resultados confiables (Apéndice 8).
2. Calibramos las dos bombas de bajo flujo de volumen Gillian BDXII, con un rotámetro secundario de campo (RT12), este equipo es portátil, opera mediante una batería y se carga la misma antes del muestreo. Se conecta la manga plástica junto al rotámetro para entonces proceder a ajustar el flujo del volumen en aire. Se calibra con un destornillador de pala pequeño, el cual facilita el ajuste girando hasta tener el flujo de volumen inicial de tres litros en las dos bombas.
3. Sacamos los *cassettes* de PCM 25 mm y se rotulan con el marcador permanente, donde son identificados con la fecha y número de muestra.
4. Colocamos la bomba bajo flujo de volumen con el *casete*, con las debidas precauciones y con la vestimenta de seguridad en este caso, chaleco refractivo y botas de seguridad. En el carril que seleccionamos, es el último de la derecha el cual se identifica como carril de Recarga Más, mencionado carril es para recargar la tarjeta de *móvil cash*. Y el segundo carril fue el tercero de derecha a izquierda, es identificado como el carril de Todo Tipo de Vehículo, este transita todo tipo de vehículo, es auto expreso.

5. Se encendieron las bombas de bajo volumen, y se mantienen monitoreadas para que no se mojen o sufran perturbación de estas, podría ser una perturbación de factores externos o internos de la bomba de bajo flujo de volumen.
6. Se monitoreo por seis horas en, Caguas Norte y Caguas Sur. El peaje de Guaynabo se monitoreo por cinco horas.
7. Se apagan las bombas de bajo volúmen de flujo y procedimos a recoger el equipo con la debidas precauciones, por ser un área de altos riesgos o peligro por el transito vehicular. No debe haber presencia de peatones en las plazas de peaje.
8. Calibramos las bombas de bajo volumen, repitiendo el paso 2 y el resultado es anotado en la hoja de cadena de custodia de campo, luego se saca los cálculos del promedio del volumen y el tiempo de la muestra obtenida en el campo, resultando los litros por minutos como resultado y de interés para el análisis de laboratorio y poder concluir la concentración de fibras de asbesto en aire en el análisis de laboratorio.
9. Colectamos los *cassetes* de las muestras obtenidas en el campo y fueron puestas en bolsas plásticas selladas, rotuladas con el nombre, fecha y el número total de muestras obtenida en el día de muestreo de aire, junto con la cadena de custodia, las cuales fueron llevadas al laboratorio EHSS, ubicado en el municipio de Vega Baja en la carretera PR-2 kilómetro 39.7, en el barrio Algarrobo.
10. El laboratorio analizó las muestras colectadas en el campo usando el método de NIOSH 7400 y la técnica de PCM. Los resultados de las muestras de aire son entregadas en reporte oficial por el laboratorio EHSS (Apéndice 3).



11. Con los resultados obtenidos, realicé una serie de observaciones directas, evaluaciones, gráficas y tablas usando estadísticas de promedio y análisis. Estos son descritos y detallados más adelante.

### **Análisis de datos**

Las muestras fueron analizadas por el laboratorio EHSS, esta acreditado por La Asociación Americana de Higienistas Industriales, conocido por sus siglas en inglés AIHA, con un total de 39 muestras obtenidas, 34 en las plazas de peajes de grupo experimental y 5 muestras de trasfondo o de *background* (BG). El laboratorio realizó el análisis según el método de NIOSH 7400 y la técnica de PCM y luego procede a entregar un análisis de reporte, como documento oficial y final (Apéndice 3).

Un total de 39 muestras de aire, obtenidas en el área de campo, fueron entregadas al laboratorio EHSS, dos muestras fueron eliminadas por el laboratorio, debido a exceso de humedad, estas muestras fueron del peaje de Caguas Norte, debido a mucha precipitación durante ese día de muestreo y no pueden ser analizadas por el laboratorio. Las muestras eliminadas, fueron, 140212-03 y 140212-04. En el reporte de laboratorio podemos observar en las columnas verticales, la identificación de la muestra, el área o localización de la muestra, el promedio de tiempo de muestreo y flujo de la muestra, el volúmen en litros de la muestra, el total de campos contados en el método NIOSH 7400, la concentración de fibras contadas y reportadas.

El laboratorio usa la técnica de PCM y utiliza como herramienta la Regla de conteo de fibras. La Regla de conteo de fibras indica que se debe tomar en consideración una fibra para ser considerada y contada en el análisis de laboratorio. Para el conteo de fibras, debe ser mayor de cinco micrómetros en el área de la gráticula, debe tener un largo y

entre ratio igual a la relación de aspecto a tres a uno o mayor. Si el tamaño de la fibra sobre pasa el área de la gráticula, no debe ser contada, no obstante se puede contar como media fibra si esta entre medio de dos campo de conteo. Si se cuenta 100 fibras se puede dejar de contar y son un máximo de 100 el total de campos contados y el mínimo de 20 campos para el total de fibras contadas.

En el reporte de laboratorio, informa o demuestra, la densidad por fibras en un área, estos en valores de fibras por milímetro cuadrado (mm) (Apéndice 3). Mencionados términos serán discutidos con las fórmulas correspondientes y aplicables al análisis del laboratorio a continuación. El estudio se realizó a nivel ambiental por ende, se tomó en consideración para análisis, la concentración de fibras reportadas, con sus siglas en inglés (R.F.C) y el número total de fibras contadas por el laboratorio.

El interés de estudio y en análisis de la evaluación del muestreo nos interesa el cálculo y el reporte realizado de la densidad de la fibra, esta es reportada en (f/mm<sup>2</sup>) por el laboratorio. La densidad de fibra se obtiene con la división del promedio de fibras contadas por el área de la gráticula de campo,  $A_f$  (apprx.00785 mm<sup>2</sup>). La ecuación es la siguiente:

$$E = \frac{\left(\frac{F}{nf} - \frac{B}{nb}\right)}{A_f}$$

Los resultados fueron promediados representados en gráficas y tablas demostrativas. En la primera gráfica lineal se representan las tres estaciones de peajes, Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo con las fechas del muestreo realizado (Figura 1), donde podemos comparar de manera visual, donde hubo mayor cantidad o menor cantidad de fibras contadas, no obstante el peaje de Guaynabo se observó un conteo de

total de fibras mayor que en los otros peajes. En cuanto la comparación de las tres estaciones de peaje y los grupos controles los números reportados de total de fibras contadas eran bajos y pocos significativos, por tal razón estos resultados no están por encima de los niveles recomendados por NIOSH que es 0.1 f/cc, si los resultados hubieran sido más de 0.1f/cc, estos se excedían de lo establecido por NIOSH, estos significarían un riesgo y peligro a la salud pública.

Con los resultados reportados por el laboratorio EHSS, utilizando el total conteo de fibras, realizamos un promedio de cada una de las tres estaciones de peaje y del grupo control, estos promedios son representados en graficas lineales. Realice de igual manera una gráfica de barra para la muestras representativa del grupo control, las muestras de aire 030412-01C, 030412-02C, 030412-03G, 030412-04FB y 030412-05FB. Las gráficas ayudan a demostrar de manera visual las cantidades y poder hacer un análisis mejor y discusión de resultado (Figura 2).

En el área de campo en el muestreo de aire, previo al muestreo se tomaron en consideración los factores ambientales, el tiempo de duración, las condiciones del tiempo y el clima (Hall, & Pidgeon, 2010). En el mes que realizamos el muestreo de aire en las plazas de peajes se reportaron en algunos días poca precipitación pluvial pero no significativa. El mes de febrero donde las condiciones en Puerto Rico, es tener una estación de sequía donde la ocurrencia es precipitación poca o ninguna, para este año que se realizó el muestreo, hubo un patrón diferente conde la ocurrencia de bastante precipitación en los meses que se esperaban ser más secos.

Cuando realizamos el muestreo hubo poca actividad de precipitación no significativa y solo hubo un día de muestreo, que afectó el análisis de laboratorio, humedeciendo los filtros de los *casetes*. La precipitación pluvial no es un factor limitante en mi estudio. Debo mencionar que el viento, no me limitó en mi investigación en el campo, debido a que el periodo de muestreo era favorable, no era un tiempo ventoso.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras, fueron analizadas por un laboratorio en Puerto Rico acreditado y registrado por la Asociación Americana de Higienista Industriales, conocida por sus siglas en inglés por AIHA. Los resultados del análisis de laboratorio fueron menores al nivel recomendado por NIOSH de 0.1 f/cc en 40 litros en una muestra de aire y el nivel de exposición permitido por OSHA DE 0.1 f/cc (NIOSH, 1994). Los parámetros establecido por NIOSH fueron comparados de igual manera con literatura primaria científica de investigación. Por ende no hay niveles elevados o significativos de fibras de asbesto en el aire encontrados en el estudio que realizamos (Blake, Orden, Banasik, & Harhison, 2003).

#### **Discusión de resultados**

#### **Objetivo 1: Analizar las concentraciones de fibras de asbesto en aire, en las estaciones de peajes, Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo.**

En el estudio se recolectaron un total de 39 muestras de aire, las cuales dos fueron eliminadas (140212-03 y 140212-04) por el laboratorio, debido a que los filtros se humedecieron por la precipitación repentina en la fecha de 14 de febrero de 2012, en la estación de peaje de Caguas Norte. La primera estación de muestreo fue, Caguas Sur, en la fecha de siete de febrero de 2012, obteniendo dos muestras. Las muestras fueron 070212-01 y 070212-02 el R.F.C. fue de ambas igual <0.002, el día era soleado y con poco tránsito vehicular y en los días que se realizaron el muestreo de la estación de plaza peaje de Caguas Sur, el tiempo era soleado y a veces poco nublado. El segundo día de

muestreo fue en la fecha ocho de febrero de 2012. Se obtuvo las muestras, 080212-03 y 080212-04, los resultados fueron R.f.C de  $<0.002$ . En resumen las muestras 090212-05, 090212-06, 100212-07, 100212-08, 110212-09 y 110212-10 el R.F.C. fue de  $<0.002$ . Las muestras 110212-FB y 110212-FB son las muestras de blanco de campo. Obteniendo el total de 12 muestras en la estación de plaza de peaje Caguas Sur.

En la plaza de peaje de Caguas Norte, se colectaron ocho muestras, donde el reporte de concentración de fibras, conocido con sus siglas en inglés (R.F.C), fue mínimo y no excede el nivel recomendado por NIOSH de 0.1f/cc. En la fecha de 13 de febrero de 2012, se colecto dos muestra la muestra 130212-01 y 130212-02, ambas el R.F.C fue de  $<0.002$ . La fecha del 15 de febrero de 2012, las dos muestra 150212-05 y 150212-06 ambas el R.F.C fue de  $<0.002$ . En la fecha de 16 de febrero de 2012, las muestras 160212-07 t 160212-08, el R.F.C.  $<0.002$ . La fecha de 17 de febrero de 2012, colectamos cuatros muestras, las cuales dos fueron de puntos de muestreo y las dos restante son las muestras de blancos que son requeridas ya que sobre paso el límite de 10 muestras para la lectura de laboratorio, este requerimiento es por el laboratorio. El R.F.C. de las muestras 170212-09 y 170212-10 fue de  $< 0.002$ . Hubo como resultados la ocurrencia de R.F.C de ser en todas estas muestras igual de  $< 0.002$  en esta plaza de peaje de Caguas Norte y el ser tan bajo los resultados debido a que pudiera ser la localización y elevación sobre el nivel del mar de 258 pies y antes del muestreo hubo precipitación pluvial en los cinco días de muestreo, creando una situación o ambiente similar en los días de muestreo.

La plaza de peaje de Guaynabo, como grupo experimental, donde obtuvimos en total diez muestras, las cuales podemos observar que en esta estación el número de fibras contadas fue mayor comparadas con Caguas Sur y Caguas Norte, pero de igual manera

los resultados de R.F.C. fueron menor y no significativos a lo establecido por NIOSH de 0.1 f/cc (figura 6). En la muestra 130212-02, en la fecha de 13 de febrero de 2012, el R.F.C fue de 0.004, esta muestra fue la más alta de todas y el total de fibras contadas por laboratorio fue de ocho. No obstante los resultados están por debajo de los niveles recomendados por NIOSH y en comparación con otras agencias reguladoras de igual manera. El análisis de todas las muestras obtenidas en el estudio, éstos eran por debajo de los niveles recomendados, por ende no excedía de 0.1 fibras por centímetro cúbico recomendado por NIOSH en el método 7400. Donde se resume los resultados totales de R.F.C., en promedio por estación (Figura 6).

**3. Objetivo 2: Comparar los resultados obtenidos con los niveles de exposición recomendado, por El Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional Federal con sus siglas en inglés (NIOSH) y con los niveles permitidos de La agencia Federal de Salud y Seguridad Ocupacional, con las siglas en inglés (OSHA).**

Con los análisis reportados por el laboratorio donde informa la concentración de fibras contadas (R.F.C) fue mínimo, por ende no excedía los niveles recomendados por NIOSH de 0.1 f/cc y tan poco excedían los límites permisibles de exposición por OSHA. No obstante, procedí a realizar promedios estadísticos por estación para poder realizar un análisis más exhaustivo. Los promedios obtenidos por estación fueron demostrados en gráficas lineales, para tener una demostración de los datos obtenidos en el campo. De igual manera en el estudio de grupo control, las represente en gráficas de barras, debido a que la cantidad de muestra es de cinco. Al tener un total de 39 muestras de aire total pude comparar todos los resultados. Al realizar la comparación integre los parámetros de otras agencias federales para ser más precisa en la comparación y obtener diferentes parámetros. Podemos mencionar los parámetros de OSHA es de no exceder de 0.1 en

fibra de asbesto y debe ser mayor de cinco micrómetros por centímetro cuadrado en una muestra de 30 minutos de excursión. La agencia federal Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamental, conocida por sus siglas en inglés ACGIH, establece el parámetro de no exceder 0.2 f/cc específicamente en la fibra de crocidolita y de 2.00 f/cc en las otras de asbesto. Parecido al parámetro de MSHA de 2.00 f/cc (NIOSH, 1994).



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio se realizó con el propósito de proveer información en el área ambiental en el campo de muestreo de aire en asbesto. Se logró como meta poder analizar tres estaciones de peaje, Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo, como grupo experimental y de interés. Para propósitos de poder comparar el estudio e investigación científica, se tomó en consideración el grupo control, este fueron tres puntos de muestreo de aire representados como, muestras de área de trasfondo.

El asbesto en el aire, podría ser un alto riesgo a la salud, si este excede el límite de exposición, recomendado por NIOSH de 0.1f/cc. La exposición de fibras de asbesto en aire puede causar enfermedades respiratorias y causar hasta la muerte. NIOSH considera, a la exposición de asbesto como carcinógeno, de igual ASTDR, CDC, EPA y OSHA. En este estudio se logró la obtención de 39 muestras de aire de área y estas resultaron ser por debajo de los niveles recomendados por NIOSH. Podemos, mediante este estudio informar de manera documentada que las Plazas de peaje de Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo, no existe ningún riesgo de contaminación de fibras de asbesto en aire, debido a los resultados obtenidos en el campo y de la investigación realizada de fuentes primarias.

Para la agencia de Salud y Seguridad Ocupacional, el nivel de exposición no puede ser, ni exceder de 0.1 f/cc, para la agencia Federal de Protección Ambiental, es de 0.1f/cc y ACGIH, es 0.2 f/cc. Con la búsqueda de información de estudios realizados por

información científica primaria, estos demuestran, que si no se excede de los niveles establecidos por NIOSH, no representa riesgo a la salud y no hay la ocurrencia de enfermedades relacionadas al asbesto. Se identificó la presencia de fibras en aire en las plazas de peajes investigadas. Las concentraciones de fibras en aire no exceden los niveles regulatorios sobre los niveles mínimos que pudieran causar cáncer es necesario realizar evaluaciones adicionales.

### **Recomendaciones**

Se recomienda realizar en las tres plazas de peajes Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo, un estudio donde se realice muestras de asbesto en polvo, utilizando el método D-5755 de ASTM (Beard, 200). Otra recomendación, es realizar un muestreo de área de aire en talleres de cambio y reparación de los sistemas de frenos, no obstante, con el método de NIOSH 7400 y, en complemento del NIOSH 7402, con la técnica de microscopio de transmisión de electrón con sus siglas en inglés TEM. Este método es usado en el campo ambiental, para determinar de manera visible la fibra de asbesto, identificando la fibra siendo un método de análisis cualitativo y cuantitativo. Mencionado método TEM se complementa con el método de NIOSH 7400, la técnica de PCM, para resultados más precisos y efectivos.

El método de NIOSH 7402 y la técnica TEM, es un método cuantitativo y directo en cuanto al conteo de fibras de asbesto. Este método tiene la precisión de  $0.275(s_r)$ , en una evaluación de una mezcla de dos fibras. Se estima que el asbesto tiene una fracción con una precisión de  $0.11 (s_r)$ , esta fracción es ampliada por el conteo de fibras de la técnica PCM, dando  $0.20$  al combinar las dos técnicas PCM y TEM.

## **Limitaciones**

Para la realización del estudio, tuvimos cuatro limitaciones, no obstante se logró realizar la meta del estudio y puede ser en el futuro este estudio a realizarse en otros puntos de muestreos. Las limitaciones fueron las siguientes:

- Área de estudio – En un principio se pretendía realizar el estudio a nivel isla área norte, desde la plaza de peaje de Arecibo, Manatí, Vega Baja, Dorado, Toa Baja, Buchanan, Caguas Norte y Caguas Sur. Debido a la privatización de las plazas de peajes, solo Autoridad de Carreteras pudo autorizar las tres plazas de peajes investigadas en este estudio.
- Acceso a la información y la disponibilidad de las mismas – Después de una búsqueda en agencias reguladoras como la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, me indicaron que sí tenían información de reportes o estudios de aire con asbesto, pero los reportes o informes están almacenados y el acceso es imposible, debido a los procesos burocráticos.
- Disponibilidad de equipo – El equipo fue rentado y es costoso, por ende solo puede tener la disponibilidad de dos bombas de bajo volumen en el estudio, hubiese sido preferible más equipo de muestreo, para tener más puntos de muestreos o haber ampliado las estaciones de peajes a más.
- Tiempo – Para coleccionar las muestras este fue en un periodo de dos semanas, no obstante el análisis de laboratorio se obtuvo, dos semanas después. Fue aproximadamente 35 días, entre muestreo de aire, análisis de laboratorio y análisis de estudio. Debido al tiempo restrictivo para

presentar este documento, no se logró la realización de más muestras de aire que hubiese sido ideal para extrapolar resultados y ampliar los análisis estadísticos.

## LITERATURA CITADA

- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (1994). Exposición Ocupacional a Asbesto. Departamento del trabajo y Recursos Humanos.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2001). Toxicological profile for asbestos. U.S. Department of Health and Human Services (DHHS), Public Health.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienist. (ACGIH) (2001). Chronology of ACGIH TLVs for asbestos. Cincinnati, OH. ACGIH.
- Anderson, A. E., (1992). Friction and wear of automotive brakes. In ASM handbook. (18). 569-577.
- Anderson, A. E., (1995). Friction materials. *International Conference on friction Material*.
- Anderson, A. E., Gealer, R.L., McCune, R.C., & Sprys, J.W. (1973). Asbestos emissions from brake dynamometer test. *Society of Automotive Engineers*. 730549.
- Automobiles and the asbestos Industry. (1922). *Automotive Industry*. 2 520-522.
- Baron, P., & Deye, G. (1990). Electrostatic effects in asbestos sampling. *American Industry Hygienist Association*, 51, 51-69.
- Baron, P. & Pickford, G. C. (1986). An asbestos sample filter clearing procedure. *I(199)*, 169-171.
- Bartrip, P.W.J. (2001). The way from dusty death. *Turner and Newall and the regulation of occupational health in the british asbestos industry, 1980-1970*. New York.
- Beard, M. E., (2000), Monitoring Strategies and Data Interpretation for Asbestos in Settled Dust: Options and Recommendations.
- Bernstein, D. M., Donaldson, K., Deecher, U., Gearing, S., Kunzendort, P., & Holm, S. (2008). A biopersistence study following exposure to chrysotile asbestos alone or in combination with fine particles. (20), 1009-1028. doi:10.1080/08958370802259053
- Berry, G. & Wagner, J. C. (1969). The application of a mathematical model describing the times of occurrence of mesothelioma in rats following inoculation with asbestos. *Br. J. Cancer* (23), 582-586.
- Blake, C.L., Orden V.D., Banasik, M. & Harhison, R.D. (2003). Airbone asbestos concentration from brake changing does not exceed permissible exposure limit. *Regul Toxicol Pharmacol*. 38, 58-70.

- Boillant, M.A., & Lob, M. (1973). Risk of asbestosis in workers employed in replacing automobile brake linings. *Regul Toxicol Pharmacol.* (38), 58-70.
- Camplin, J. (2003). Asbestos “second wind” brings contaminant back into public eye. *Professional Safety* 35-39
- Charles, L. & Dotson, G. (2008). Evaluation of asbestos exposure within the automotive repair industry a study involving removal of asbestos containing body sealants and drive clutch replacement. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* (52), 324-331.
- 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.
- Dodson, R., Hammar, S., & Poye, L. (2008). A technical comparison of evaluating asbestos concentration by phase-contrast microscopy (PCM), scanning electron microscopy (SEM), and analytical transmission electron microscopy (ATEM) as illustrated from data generated from case report. *Inhalation Toxicology*, (20), 723-732.
- Donovan, E.P., Donovan, B.L., Sahmel, J., Scott , P.K. & Paustenbach, D. (2011). Evolution of bystander exposure to asbestos in occupational settings: A review of literature and applications of a simple eddy diffusion model. *Informa Healthcare.* 41(1), 52-74.
- Environmental Working Group, (2008), Asbestos still a public health tragedy. *EWG* (202), 667-698.
- Greenberg, M. (1994). The Society for the social historical of medicine. (3), 493-516.
- Hall, J., & Pidgeon, N., (2010). A systems view of climate change. *Civil Engineering and Environmental Systems* (27), 243-253. doi:10.1080/10886608.2010.482659.
- Horton, K.D., Bove, F., & Kapil, V. (2008). Select mortality and cancer incidence among residents in various U.S. communities that received asbestos-contaminates vermiculite ore from Libby, Montana. *Informa Healthcare*, (20), 767-775 doi:10.1080/089583708001983240.
- Lilienfeld, D.E. (1991). The silence: The asbestos industry and early ocupacional cáncer research – A case study. *American Journal of Public Health.* (81), 791-800.
- Merewether, E. & Price, C.W. (1930). Report on effects of Asbestos Dust on the lung s and Dust Suppression in the Asbestos Industry. Part I & Part II. London: His Majesty’s Stationery office, 1-34.
- Mesothelioma & Asbestos Awareness Center (MAAC). (2008). Asbestos Exposure. <http://asbestos.com/exposure/environmental.php>.

- Mesothelioma & Asbestos Awareness Center (MAAC). (2008). Brake Pads. <http://www.maacenter.org/asbestos/products/brakespads.php>.
- Mujica, M., & Arteta, J.M. (2008). Asbesto en Venezuela. *Industria del asbesto*. (27), 21-24.
- National Institute Occupational Safety Health. (1994). Manual Analytical Methods (4a.ed).
- Nishikawa, N., Takahashi, K., Karjalainen, A., Wen, C., Furuya, S., Hoshuyama, T., & Todoroki, M. (2008). Recent mortality from pleural mesothelioma, historical patterns of asbestos uses, and adoption of Ban: a global assessment. *Environmental Health Perspective*. (116), 12.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (1983). Asbesto. Programa de la salud de los trabajadores. México D.F. Hernán Sandoval.
- Paustenbach, D.J., Finley, B.L., Lu, E.T., Brorby, G.P., & Sheehan, P.J. (2004). Environmental and occupational health hazards associate with the presence of asbestos in brake linings and pads (1900 to present): A “State-of-the-art” review. *Taylor & Francis health sciences*.(7), 33-110. doi: 10.1080/10937400490231494.
- Price, B. (2010). Industrial-grade talc exposure and the risk of mesothelioma. *Informa Healthcare*. (6), 513-530.
- Ramazzini, C. (2010). International of Occupational *Medicine and Environmental Health*, (23), 201-207.
- Richter, R., Finley, B., Pautenbach, D., Williams, P., & Sheehan, P. (2009). An Evaluation of short-term exposure of brake mechanics to asbestos during automotive and truck brake cleaning and machining activities. *Exposure Science and Environmental Epidemiology* (19), 458-479.
- Rodríguez, J.E. (2004). Prohibición del asbesto en Argentina. *Occupational Environmental Health*. (10), 202-208.
- Rooker, S.J., Vaughn, N.P., & LeGuen, J.M. (1982). On the visibility of fibers by phase contrast microscopy. *American Industry Hygienist Association*. (43), 505-515.
- Sahin, U., Ozturk, O., Songur, N., Bircan, A., & Akkaya, A. (2009). Observations on Environmental asbestos exposure in a high risk area. *Respirology* (14), 579-582.
- Sahmel, J., Devlin, K., Paustenbach, D., Hollins, D. & Gaffney, S. (2010). The role of exposure reconstruction in occupational human health risk assessment: Current methods and a recommended framework. *Informa healthcare*. 40 (9), 799-843. doi:10.3109/1040844.2010.501052.
- Silverstein, M., Welch, L., & Lemen, R. (2009). Developments in asbestos cancer risk assessment. (52), 850-858.

- Strohmeier, B.R., Huntington, C.J., Bunker, K.L., Sanchez, M.S., Allison K. & Lee, R.J. (2010). What is asbestos and why is it important ? Challenges of defining and characterizing asbestos. *Taylor & Francis Group*. (52), 801-872.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1999). EPA. Asbestos Material Ban: Clarification May 18, 1999. <http://www.epa.gov/asbestos/pubs/asbban2.pdf>
- United States Department of Labor. (2001). The history of OSHA's asbestos rulemaking and distinctive approaches that they introduced for regulating Occupational Exposure to substance (62). Washington, D.C.:Martonik, J., Nash, E., & Grossman, E.
- Villaronga, G. (2007). Un pequeño Pittsburgh borincano: la ciudad imaginada del discurso desarrollista de fomento. *Centro* (19), 2.
- Wallingford, K. & Snyder, E. (2001). Occupational exposure during the World Trade Center disaster response. *Toxicology and Industrial Health*. (17), 247-253.
- Webber, J., Getman, M. & Ward, T. (2006). Evidence and reconstruction of airborne asbestos from unconventional environmental samples. *Inhalation Toxicology*. (18), 969-973.
- Webber, J., Blake, D., Ward, T. & Pfau, J. (2008). *Inhalation Toxicology* . Separation and characterization of respirable Amphibole fiber from Libby Montana. (20), 733-740.
- Williams, P., Paustenbach, D., Balzer, J. & Mangold, C. (2007). Retrospective exposure assessment of a airborne asbestos related to skilled craftsmen at a petroleum refinery in Beaumont, Texas (1940-2006). *Toxicology and Environmental Health*. (70), 1076-1107.



## **TABLAS**

Tabla 1

*Total de fibras contadas por las muestras de aire obtenidas en la Plaza de peaje Caguas Sur (n = 12), N/A = no aplica, R+ = Carril de Recarga R+, T = Carril de todo tipo de vehículo.*

Muestra ID	Carril	Vol. Muestra (L)	Total de fibras contadas
110212-11	N/A	N/A	0.0
110212-12	N/A	N/A	0.0
070212-01	R+	975.0	0.5
070212-02	T	975.0	1.5
080212-03	R+	900.0	0.0
080212-04	T	907.5	0.5
090212-05	R+	1080.0	1.0
090212-06	T	1080.0	2.0
100212-07	R+	720.0	0.5
100212-08	T	720.0	2.0
110212-09	R+	450.0	0.5
110212-10	T	450.0	1.5

Tabla 2

*Total de fibras contadas por las muestras de aire, obtenidas en la Plaza de peaje Caguas Norte (n = 10), FB = Field Blank, N/A = no aplica, FB2 = Field Blank 2, R+ = Carril de Recarga R+, T = Carril de todo tipo de vehículo. Nota: las muestras 140212-03 y 140212-04, fueron eliminadas debido a que se humedecieron y el laboratorio la elimina, no obstante no se toman en consideración.*

Muestra ID	Carril	Vol. Muestra(L)	Total Campos Cont.	Total Campos Cont.
170212-12	FB	N/A	100	0.0
170212-11	FB2	N/A	100	0.0
130212-01	R+	900.0	100	3.0
130212-02	T	900.0	100	3.5
150212-05	R+	900.0	100	0.5
150212-06	T	900.0	100	1.5
160212-07	R+	540.0	100	4.0
160212-08	T	564.0	100	4.0
170212-09	R+	990.0	100	2.0
170212-10	T	987.0	100	3.5

Tabla 3

*Total de fibras contadas por las muestras de aire obtenidas, en la Plaza de peaje de Guaynabo (n = 10), FB = Field Blank, N/A = no aplica, FB2 = Field Blank 2, R+ = Carril de Recarga R+, T = Carril de todo tipo de vehículo. Nota: las muestras 140212-03G y 140212-04G, fueron eliminadas debido a que se humedecieron y el laboratorio la elimina, no obstante no se toman en consideración.*

Muestra ID	Carril	Vol. Muestra(L)	Total Campos Cont.	Total Campos Cont.
170212-12G	FB	N/A	100	0.0
170212-12G	FB2	N/A	100	0.0
130212-01G	R+	900.0	100	1.0
130212-02G	T	900.0	100	8.0
150212-05G	R+	675.0	100	3.5
160212-06G	T	675.0	100	3.5
160212-07G	R+	600.0	100	0.0
170212-08G	T	620.0	100	1.5
170212-09G	R+	750.0	100	7.0
170212-10G	T	750.0	100	3.5

Tabla 4

*Total de fibras contadas por la muestras de aire, obtenidas en el Grupo Control (Jardín Botánico y Cultural de Willy Miranda Marín en Caguas y Centro comercial Plaza Guaynabo) (n = 5), FB = Field Blank, N/A = no aplica, FB2 = Field Blank 2, BG = Background.*

<b>Muestra ID</b>	<b>Área</b>	<b>Vol. Muestra (L)</b>	<b>Total de campos Cont.</b>	<b>Total de fibras Cont.</b>
030412-FB	FB	N/A	100	0.0
030412-FB2	FB2	N/A	100	0.0
030412-01C	BG	520.0	100	1.0
030212-02C	BG	308.0	100	2.0
03212-03C	BG	325.0	100	1.5

Tabla 5

*Identificación del registro de sustancias químicas (CAS).*

Asbesto	NÚMERO DE CAS
Actinolita	77536-66-4
Grunerita	12172-73-5
Anofilita	77536-67-5
Crisotilo	12001-29-5
Crocidolita	12001-28-4
Tremolita	77536-68-6

Tabla 6

*Identificación de muestra de aire y promedio total de la concentración de fibras reportadas, grupo experimental y grupo control.*

Estación de muestreo	Promedio de R.F.C.
Caguas Sur	0.0033
Caguas Norte	0.002
Guaynabo	0.008
Grupo Control	0.007

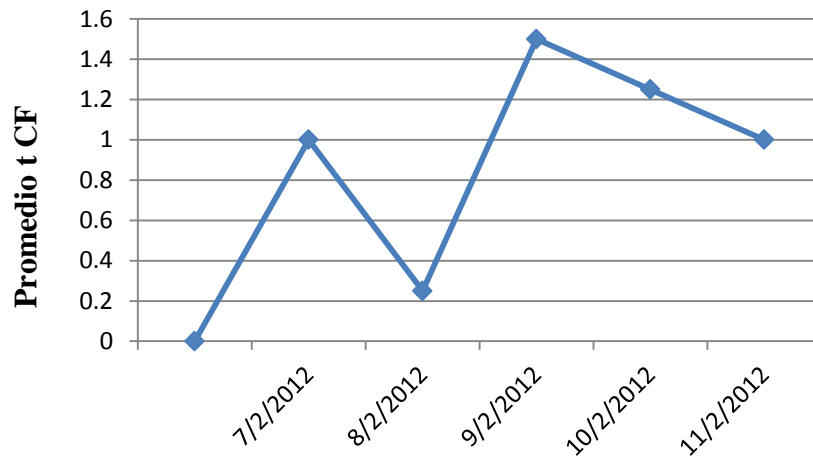
Tabla 7

Valores Permisibles y Recomendados en asbesto, en diferentes Agencias.

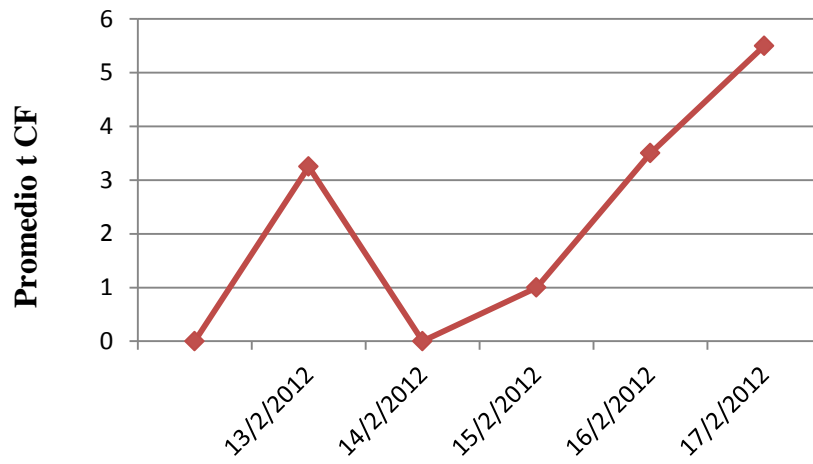
<b>Agencia</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Umbral</b>
NIOSH	0.1 f/cc	R.E.L.
OSHA	0.2 f/cc	P.E.L.
EPA	0.5 f/cc	P.EL.
ACGIH	2.0 f/cc	T.L.V.



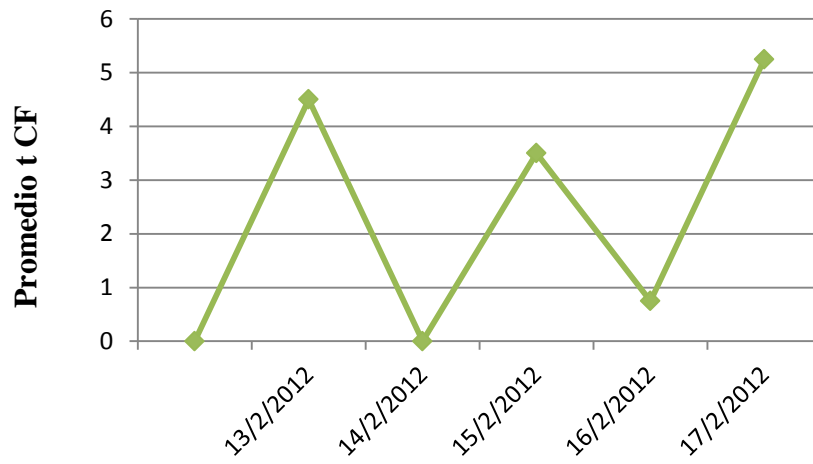
## **FIGURAS**



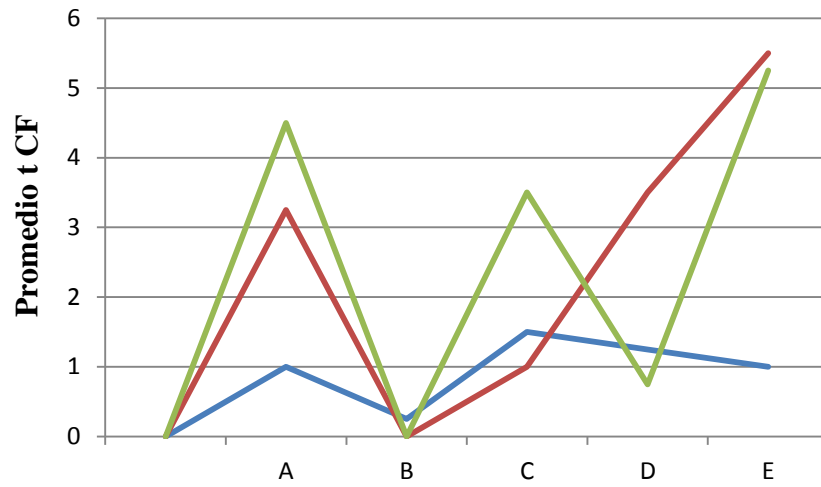
*Figura 1.* Distribución promedio de conteo de fibras en el muestreo de aire con el método NIOSH 7400, Plaza peaje Caguas Sur (n=12).



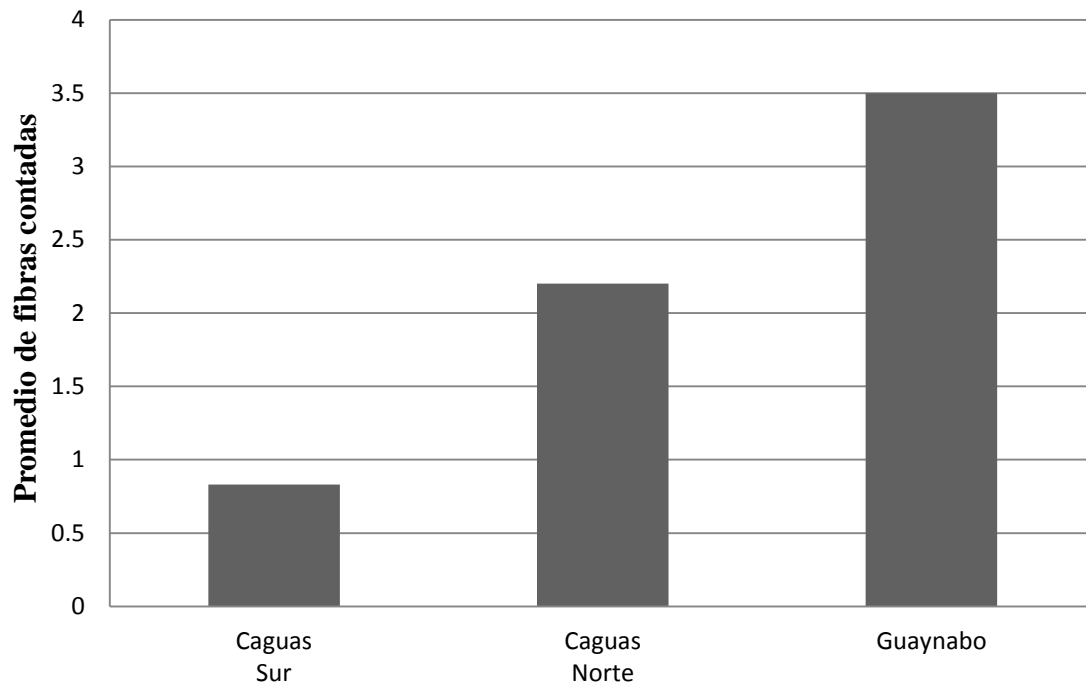
*Figura 2.* Distribución promedio de conteo de fibras en el muestreo de aire con el método NIOSH 7400, Plaza peaje Caguas Norte (n=10).



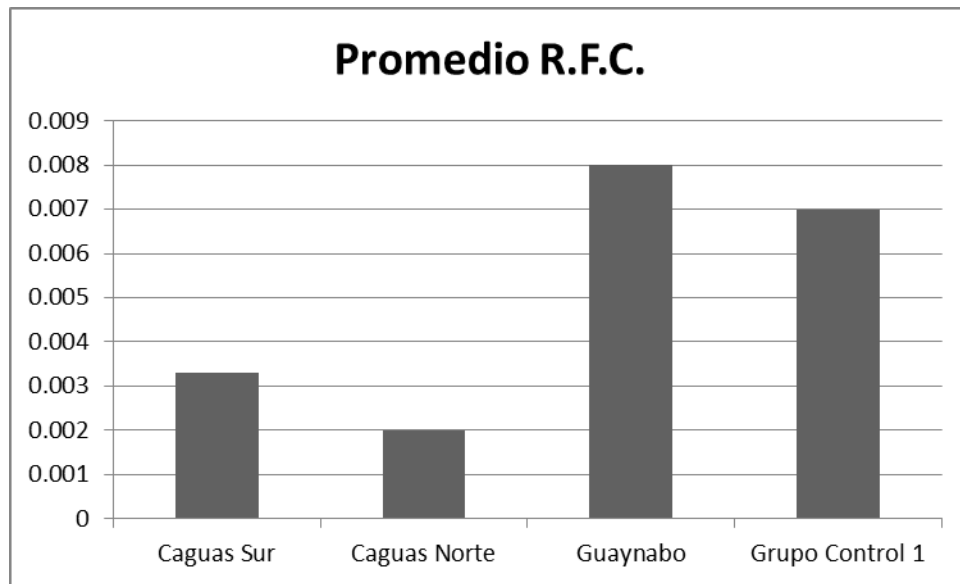
*Figura 3.* Distribución promedio de conteo de fibras en el muestreo de aire con el método NIOSH 7400, Plaza peaje Guaynabo (n=10).



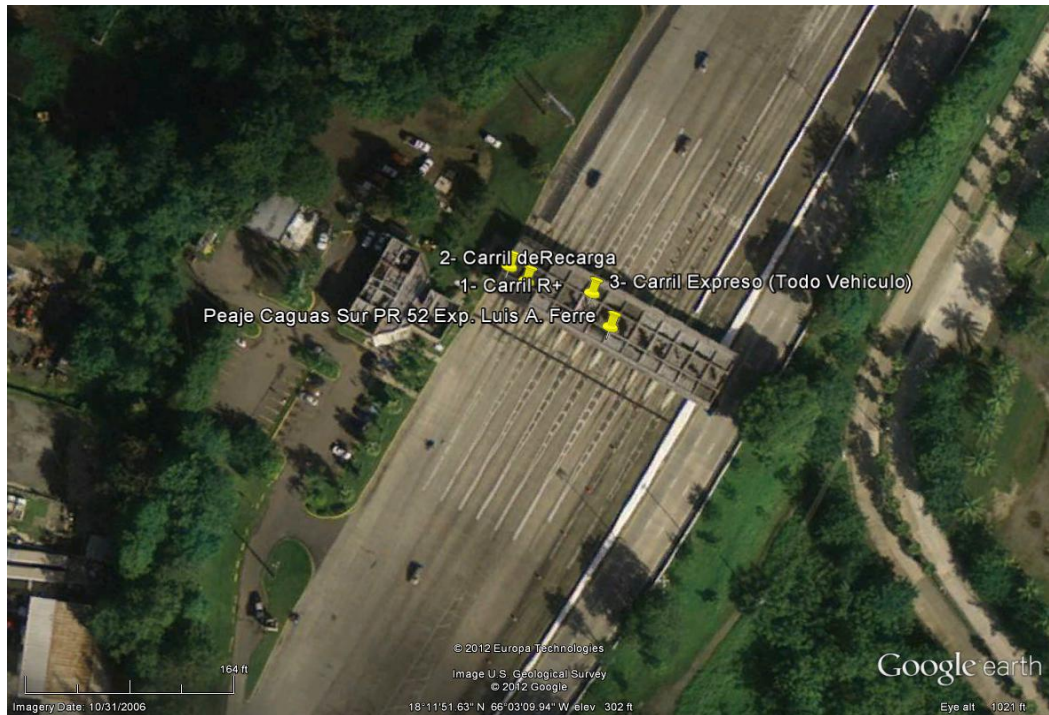
*Figura 4.* Distribución promedio de conteo de fibras en el muestreo de aire con el método NIOSH 7400, en las tres Plazas de peaje, Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo, (n=32).



*Figura 5.* Distribución promedio total del grupo experimental, las plazas de peajes Caguas Sur, Caguas Norte y Guaynabo y del grupo control (n= 32).

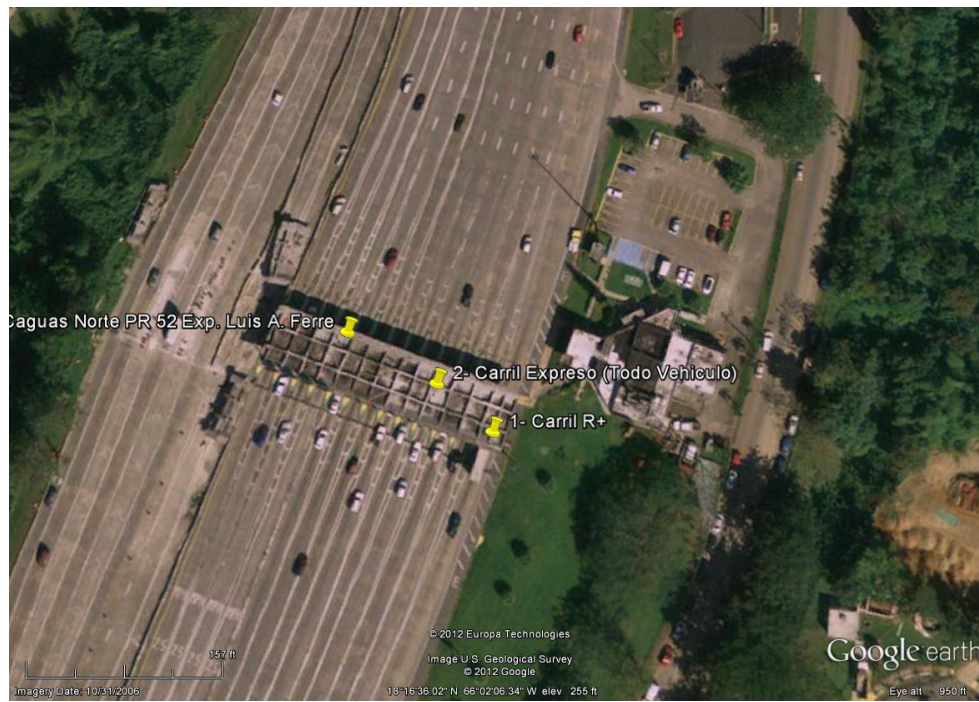


*Figura 6.* Promedio de R.F.C de grupo experimental y grupo control (n=37).

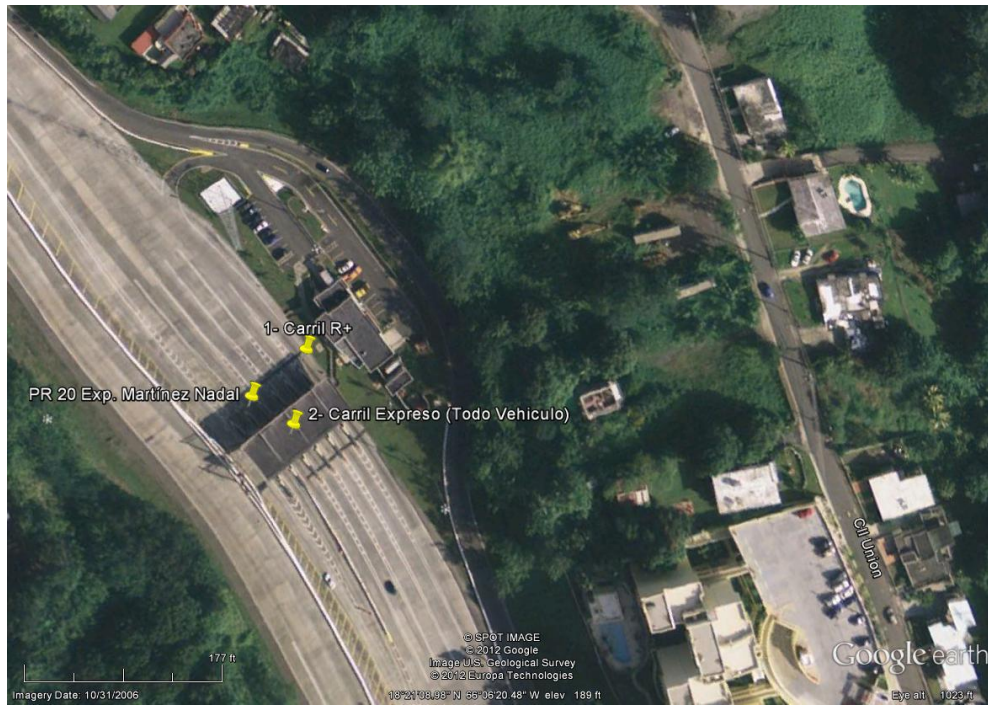


*Figura 7.* Plaza de peaje Caguas Sur, está localizada Km. 23.5 del Exp. Luis A. Ferre, PR 52. Sus coordenadas son: Latitud  $18^{\circ} - 11' - 51.92''$  Norte, Longitud  $66^{\circ} - 03' - 09.55''$  Oeste a una Elevación aprox. de 846.24 mt. sobre el nivel del mar.





*Figura 8.* Plaza de peaje Caguas Norte, está localizada Km. 14.3 del Exp. Luis A. Ferre, PR 52. Sus coordenadas son: Latitud  $18^{\circ} - 16' - 36.06''$  Norte, Longitud  $66^{\circ} - 02' - 07.58''$  Oeste a una Elevación aprox. de 842.96 mt. sobre el nivel del mar.



*Figura 9.* Plaza de peaje Guaynabo, localizada Km. 6.4 del Exp. Martínez Nadal, PR 20. Sus coordenadas son: Latitud  $18^{\circ} - 21' - 9.07''$  Norte, Longitud  $66^{\circ} - 06' - 23.08''$  Oeste a una Elevación aprox. de 613.36 mt. sobre el nivel del mar.



*Figura 10.* Jardín Botánico y Cultural Willy Miranda Marín en Caguas, esta facilidad está localizada en la Ciudad de Caguas PR, carretera PR 156 – Ave. Záfiro. Sus coordenadas son: Latitud  $18^{\circ} - 14' - 24.05''$  Norte, Longitud  $66^{\circ} - 03' - 46.50''$  Oeste a una Elevación aprox. de 862.64 mts. sobre el nivel del mar.



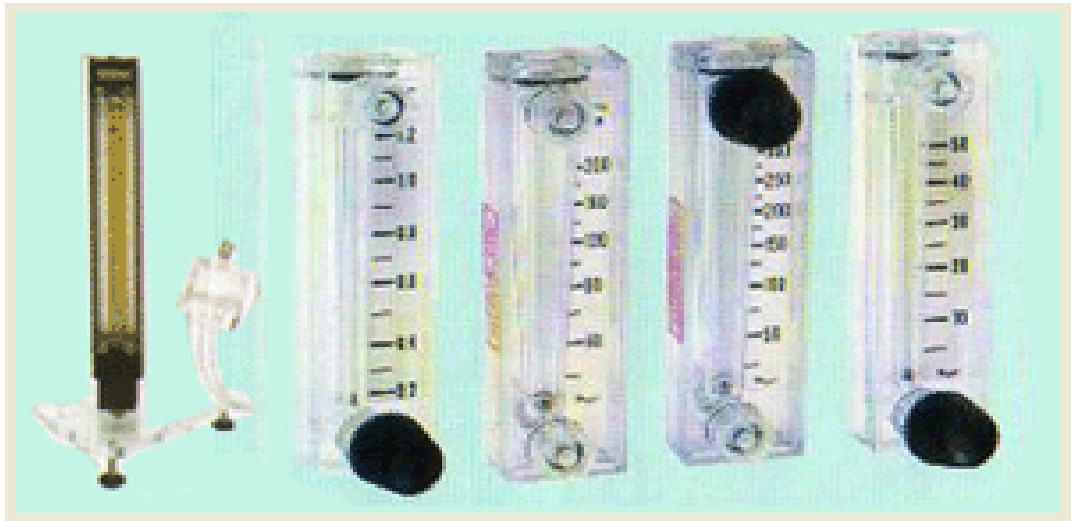
*Figura 11.* Estacionamiento del centro comercial Plaza Guaynabo, esta facilidad está localizada en el Expreso. Martínez Nadal, PR 20 Guaynabo, PR. Sus coordenadas son: Latitud  $18^{\circ} - 22' - 10.24''$  Norte, Longitud  $66^{\circ} - 06' - 35.88''$  Oeste a una Elevación aprox. de 321.44 mts. sobre el nivel del mar



*Figura 12.* Bomba de bajo flujo en un rango de 0.50 a 4.00 litros, Modelo Gillian BDX II. Manufacturero: Sensidyne Gillian, número de producto 801863/ recargable con batería.



*Figura 13.* Rotómetro Primario, es digital. Para calibrar las bombas de bajo y alto volumen de flujo.



*Figura 14.* Rotómetro Secundario, se utiliza para el muestreo o trabajo de campo.



*Figura 15. Técnica de Humo, conocida en inglés como Air Current Tube.*



## **APÉNDICES**

**APÉNDICES 1**  
**FOTOGRAFÍAS TOMADAS EN EL MUESTREO DE**  
**AIRE**



*Foto 1. Neumáticos de camión de arrastre, los sistemas de frenos.*



*Foto 2. Plaza peaje Caguas Sur, carril de recarga.*



*Foto 3. Plaza peaje Caguas Sur, tránsito vehicular.*



*Foto 4. Plaza peaje de Guaynabo, ilustración de la localización del equipo de muestreo.*



*Foto 5.* Plaza peaje de Guaynabo, demostración del tránsito pesado en el carril T.



*Foto 6.* Plaza peaje de Caguas Norte los carriles de Recarga y de Todo tipo de vehículo.



*Foto 7. Jardín Botánico y Cultural Willy Miranda Marín en Caguas (Área del estacionamiento Sur).*



*Foto 8. Muestra 030412-03G, ubicada en área noreste, estacionamiento de centro comercial, Plaza Guaynabo.*

**APÉNDICE 2**  
**GRÁFICA DE CALIBRACIÓN DE ROTOMETRO**  
**PRIMARIO**

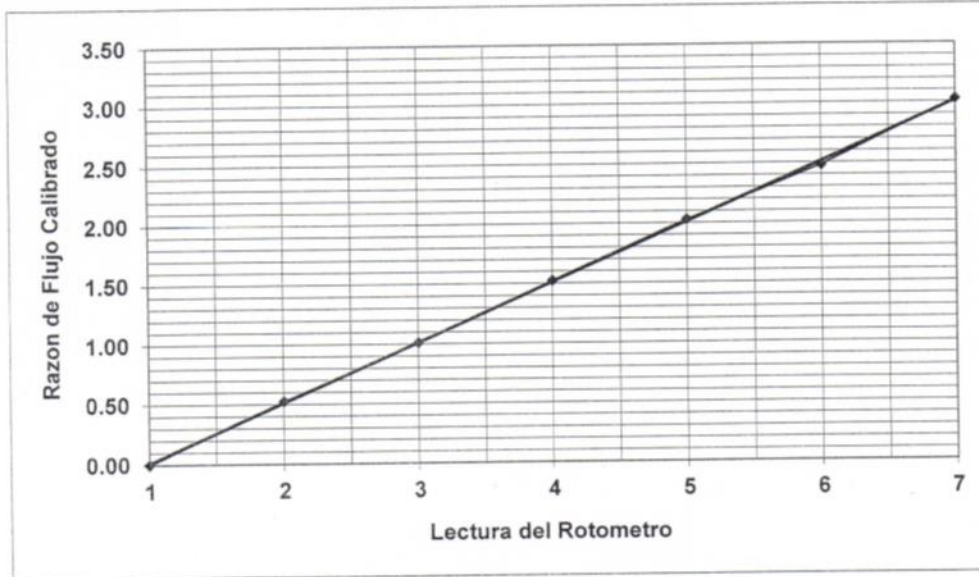


ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY SERVICES

GRAFICA DE CALIBRACION DE ROTOMETRO DE VOLUMEN BAJO

	I.D. Rotometro	Temperatura (F)	Temperatura (Rankin)	Presion (PSIA)	
	LV-AE-04	70	530	30	
Lectura del Rotometro	Tiempo de Corrida #1	Tiempo de Corrida #2	Tiempo de Corrida #3	Promedio	Razon de Flujo Calibrado
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	112.67	114.57	116.40	114.55	0.52
1.00	59.17	59.45	59.30	59.31	1.01
1.50	39.48	39.73	39.13	39.45	1.52
2.00	29.72	29.25	29.79	29.59	2.03
2.50	24.22	24.64	23.74	24.20	2.48
3.00	19.84	19.92	19.76	19.84	3.02

Razon de Flujo Actual: Pca l/ Pact \* Tact / Tcal Calibrado por: Fecha: Proxima Calibracion:  
 Razon de Flujo Calibrado Vol. Total(L) / [Promedio (seg) / 60] Carlos Roman 02/08/11 03/08/11  
 Entregado a: Frances Gonzá 11/08/11



Leyenda: Lectura del Rotometro: Punto 1: 0.00, Punto 2: 0.50, Punto 3: 1.00, Punto 4: 1.50, Punto 5: 2.00, Punto 6: 2.50, Punto 7: 3.00





ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY SERVICES

GRAFICA DE CALIBRACION DE ROTOMETRO DE VOLUMEN BAJO

	I.D. Rotometro	Temperatura (F)	Temperatura (Rankin)	Presion (PSIA)	
	LV-AE-04	70	530	30	
Lectura del Rotometro	Tiempo de Corrida #1	Tiempo de Corrida #2	Tiempo de Corrida #3	Promedio	Razon de Flujo Calibrado
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	112.67	114.57	116.40	114.55	0.52
1.00	59.17	59.45	59.30	59.31	1.01
1.50	39.48	39.73	39.13	39.45	1.52
2.00	29.72	29.25	29.79	29.59	2.03
2.50	24.22	24.64	23.74	24.20	2.48
3.00	19.84	19.92	19.76	19.84	3.02

Razon de Flujo Actual: Razon de Flujo Calibrado

Pca // Pact \* Tact / Tcal

Vol. Total(L) / [Promedio (seg) / 60]

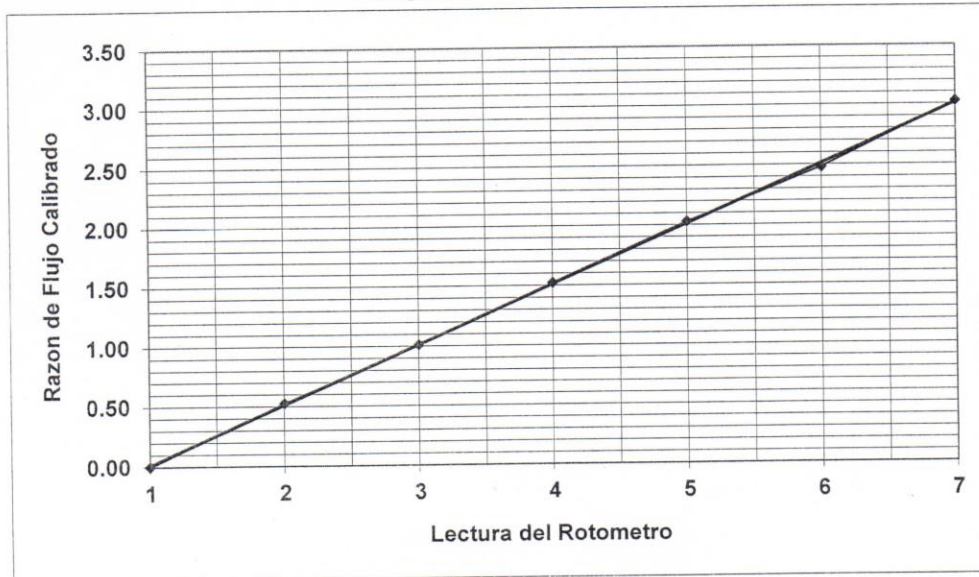
Calibrado por: Carlos Roman

Fecha: 02/08/11

Proxima Calibracion: 03/08/11

Entregado a: Frances Gonzá

11/08/11



Leyenda: Lectura del Rotometro: Punto 1: 0.00, Punto 2: 0.50, Punto 3: 1.00, Punto 4: 1.50, Punto 5: 2.00, Punto 6: 2.50, Punto 7: 3.00

**APÉNDICE 3**  
**REPORTES DE LABORATORIO**



# ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY SERVICES

PMB 142, 400 CALLE CALAF, SAN JUAN, PUERTO RICO, 00918  
 PHONE NUMBER: 787-855-1901 FAX NUMBER: 787-858-2646  
 ASBESTOS AIR MONITORING PCM ANALYSIS REPORT  
 NIOSH 7400 A RULES, ISSUE 2, REVISION 3

Page 1 of 2

Client: Frances Gonzalez  
 Address: Plaza Peaie Caguas Sur  
 Project:   
 Sampling Date: 02/07/12  
 Project No.:

SAMPLE ID	AMBIENT SAMPLE LOCATION PERSONAL SAMPLE NAME, S.S. # ACTIVITY	TYPE	FLOW RATE		SAMPLE VOLUME (liters)	AVG. BLANK COUNT	TOTAL FIELDS COUNTED	TOTAL FIBERS COUNTED	FIBER DENSITY (f/mm <sup>3</sup> )	M.F.C. (f/cc)	L.O.D. (f/cc)	R.F.C. (f/cc)	8HR. T.W.A.
			(L/min)	(L/min)									
110212	FIELD BLANK	FB				0.00	100	0.0	0.0				
110212	FIELD BLANK	FB				0.00	100	0.0	0.0				
70212	R+, R YT 0 Caguas	EX	3.25	360.0	1170.0	0.00	100	0.5	0.6	0.000	0.002	<0.002	
70212	R+, R YT 0 Caguas	EX	3.25	360.0	1170.0	0.00	100	1.5	1.9	0.001	0.002	<0.002	
80212	R+, R YT 0 Caguas	EX	2.50	360.0	900.0	0.00	100	0.0	0.0	0.000	0.003	<0.003	
80212	R+, R YT 0 Caguas	EX	2.50	360.0	900.0	0.00	100	0.5	0.6	0.000	0.003	<0.003	

Type= BG-Background; EX-Exposure; OS-Outside; PP-Preparation; RM-Removal; CE-Cleaning; CL-Clearance; FB-Field Blank; PR-Personal; EL-Excursion Limit  
 M.F.C.--Measured Fiber Concentration R.F.C.--Reported Fiber Concentration L.O.D.--Limit of Detection T.W.A.--Time Weighted Average  
 Respiratory Protection: HF-Half Face, FF-Full Face, PAPP-Powered Air Personal Respirator, C-Type C  
 Microscope #: EHSS1001 Rotometers #: RT12 Num. Samples: 12

Collected By:	Frances Gonzalez ASB-0507-0237-MS	Date:	02/07/12	Analyzed By:	D. Quintana	Date:	03/06/12
Delivery By:	N/A	Date:	02/23/2012	PCM Report Delivery By:		Date:	02/23/2012
Received By:	N/A	Date:	N/A	PCM Report Received By:		Date:	
Reviewed By:	D. Quintana	Date:	03/06/12	Comments:			



**ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY SERVICES**

CARR. #2 KM 39.7 BO. ALGARROBO, VEGA BAJA, PUERTO RICO, 00693  
 PMB 142, 400 CALLE CALAF, SAN JUAN, PUERTO RICO, 00918  
 PHONE NUMBER: 787-855-1901 FAX NUMBER: 787-858-2646  
 ASBESTOS AIR MONITORING PCM ANALYSIS REPORT  
 NIOSH 7400 A RULES, ISSUE 2, REVISION 3

Page 2 of 2

Client: Frances Gonzalez  
 Address: 0  
 Project: Plaza Peaje Caguas Sur

Sampling Date: 02/07/12  
 Project No.: 0

SAMPLE ID	AMBIENT SAMPLE LOCATION PERSONAL SAMPLE: NAME, S.S. #	ACTIVITY	TYPE	PCMV	SAMPLE VOLUME (liters)	AVG. BLANK COUNT	TOTAL FIELDS COUNTED	TOTAL FIBERS COUNTED	FIBER DENSITY (f/m <sup>3</sup> )	M.F.C. (f/cc)	L.O.D. (f/cc)	R.F.C. (f/cc)	8HR. T.W.A.
				RATE (liters/min.)									
90212	R+, R YT	Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	1.0	1.3	0.000	0.002	<0.002	
				360.0									
90212	R+, R YT	Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	2.0	2.5	0.001	0.002	<0.002	
				360.0									
100212	R+, R YT	Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	0.5	0.6	0.000	0.002	<0.002	
				360.0									
100212	R+, R YT	Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	2.0	2.5	0.001	0.002	<0.002	
				360.0									
110212	R+, R YT	Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	0.5	0.6	0.000	0.002	<0.002	
				360.0									
110212	R+, R YT	Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	1.5	1.9	0.001	0.002	<0.002	
				360.0									

Type= BG-Background; EX-Exposure; OS-Outside; PP-Preparation; RM-Removal; CE-Cleaning; CL-Clearance; FB-Field Blank; PR-Personal; EL-Excursion Limit  
 M.F.C.--Measured Fiber Concentration R.F.C.--Reported Fiber Concentration L.O.D.--Limit of Detection T.W.A.--Time Weighted Average  
 Respiratory Protection: HF-Half Face, FF-Full Face, PAPP-Powered Air Personal Respirator, C-Type C  
 Microscope #: EHSS1001 Rotometers #: RT12 Num. Samples: 12

Collected By:	Frances Gonzalez ASB-9507-0237-MS	Date:	02/07/12	Analyzed By:	D. Quintana	Date:	03/06/12
Delivery By:	N/A	Date:	02/23/2012	PCM Report Delivery By:	0	Date:	02/23/2012
Received By:	N/A	Date:	N/A	PCM Report Received By:	0	Date:	



## ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY SERVICES

PMB 142, 400 CALLE CALAF, SAN JUAN, PUERTO RICO, 00918  
 PHONE NUMBER: 787-856-1901 FAX NUMBER: 787-858-2646  
 ASBESTOS AIR MONITORING PGM ANALYSIS REPORT  
 NIOSH 7400 A RULES, ISSUE 2, REVISION 3

Page 1 of 2

Client: Frances Gonzalez

Address:

Project: Caguas Norte

Sampling Date: 02/13/12

Project No.:

SAMPLE ID	AMBIENT SAMPLE LOCATION PERSONAL SAMPLE: NAME, S.S. # ACTIVITY	TYPE	FLOW		AVG. BLANK COUNT	TOTAL FIELDS COUNTED	TOTAL FIBERS COUNTED	FIBER DENSITY (f/mm <sup>3</sup> )	M.F.C. (f/cc)	L.O.D. (f/cc)	R.F.C. (f/cc)	8HR. T.W.A.
			RATE (liters/min.)	VOLUME (liters)								
170212	FIELD BLANK	FB			0.00	100	0.0	0.0				
170212 FB2	FIELD BLANK	FB			0.00	100	0.0	0.0				
130212	PR 52, Exp Luis A Ferré Km 14.3 Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	3.0	3.8	0.001	0.002	<0.002	
130212	PR 52, Exp Luis A Ferré Km 14.3 Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	3.5	4.5	0.002	0.002	<0.002	
150212	PR 52, Exp Luis A Ferré Km 14.3 Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	0.5	0.6	0.000	0.002	<0.002	
150212	PR 52, Exp Luis A Ferré Km 14.3 Caguas	EX	3.00	1080.0	0.00	100	1.5	1.9	0.001	0.002	<0.002	

Type= BG-Background; EX-Exposure; OS-Outside; PP-Preparation; RM-Removal; CE-Cleaning; CL-Clearance; FB-Field Blank; PR-Personal; EL-Excursion Limit  
 M.F.C.--Measured Fiber Concentration R.F.C.--Reported Fiber Concentration L.O.D.--Limit of Detection T.W.A.--Time Weighted Average  
 Respiratory Protection: HF-Half Face, FF-Full Face, PAPP-Powered Air Personal Respirator, C-Type C  
 Microscope #: EHSS1001 Rotometers #: RT12 RT112 Num. Samples: 10

Collected By:	Frances Gonzalez ASB-0507-0237-MS	Date:	02/13/12	Analyzed By:	D. Quintana	Date:	03/06/12
Delivery By:	N/A	Date:	N/A	PGM Report Delivery By:		Date:	
Received By:	N/A	Date:	N/A	PGM Report Received By:		Date:	
Reviewed By:	D. Quintana	Date:	03/06/12	Comments:			



# ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY SERVICES

CARR. #2 KM 39.7 BO. ALGARROBO, VEGA BAJA, PUERTO RICO, 00693  
 PMB 142, 400 CALLE CALAF, SAN JUAN, PUERTO RICO, 00918  
 PHONE NUMBER: 787-955-1901 FAX NUMBER: 787-958-2646  
 ASBESTOS AIR MONITORING PCM ANALYSIS REPORT  
 NIOSH 7400 A RULES, ISSUE 2, REVISION 3

Page 2 of 2

Client: Frances Gonzalez  
 Address: Caguas Norte  
 Project: Caguas Norte  
 Sampling Date: 02/13/12  
 Project No.: 0

SAMPLE ID	AMBIENT SAMPLE LOCATION PERSONAL SAMPLE: NAME, S.S. #	TYPE	PCM RATE		SAMPLE VOLUME (liters)	AVG. BLANK COUNT	TOTAL FIELDS COUNTED	TOTAL FIBERS COUNTED	FIBER DENSITY (f/mm <sup>3</sup> )	M.F.C. (f/cc)	L.O.D. (f/cc)	R.F.C. (f/cc)	8HR. T.W.A.
			liters/min.	TIME (min.)									
160212	PR 52, Exp Luis A Ferré Km 14.3 Caguas	EX	3.00	360.0	1080.0	0.00	100	3.0	3.8	0.001	0.002	<0.002	
160212	PR 52, Exp Luis A Ferré Km 14.3 Caguas	EX	3.00	378.0	1134.0	0.00	100	4.0	5.1	0.002	0.002	<0.002	
170212	PR 52, Exp Luis A Ferré Km 14.3 Caguas	EX	3.00	360.0	1080.0	0.00	100	2.0	2.5	0.001	0.002	<0.002	
170212	PR 52, Exp Luis A Ferré Km 14.3 Caguas	EX	3.00	360.0	1080.0	0.00	100	3.5	4.5	0.002	0.002	<0.002	

Type: BG-Background; EX-Exposure; OS-Outside; PP-Preparation; RM-Removal; CE-Cleaning; CL-Clearance; FB-Field Blank; PR-Personal; EL-Excursion Limit  
 M.F.C.--Measured Fiber Concentration R.F.C.--Reported Fiber Concentration L.O.D.--Limit of Detection T.W.A.--Time Weighted Average  
 Respiratory Protection: HF-Half Face, FF-Full Face, PAPP-Powered Air Personal Respirator, C-Type C  
 Microscope #: EHSS1001 Rotometers #: RT12 RT112 Num. Samples: 10

Collected By:	Frances Gonzalez ASB-0507-0237-MS	Date:	02/13/12	Analyzed By:	D. Quintana	Date:	03/06/12
Delivery By:	N/A	Date:	02/23/12	PCM Report Delivery By:		Date:	01/00/00
Received By:	N/A	Date:	02/23/12	PCM Report Received By:		Date:	01/00/00



# ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY SERVICES

PMB 142, 400 CALLE CALAF, SAN JUAN, PUERTO RICO, 00918  
 PHONE NUMBER: 787-855-1901 FAX NUMBER: 787-858-2848  
 ASBESTOS AIR MONITORING PCM ANALYSIS REPORT  
 NIOSH 7400 A RULES, ISSUE 2, REVISION 3

Page 1 of 2

Client: Frances Gonzalez Sampling Date: 02/13/12  
 Address: Plaza Peaje Guaynabo Project No.: \_\_\_\_\_  
 Project: \_\_\_\_\_

SAMPLE ID	AMBIENT SAMPLE LOCATION PERSONAL SAMPLE: NAME, S.S. # ACTIVITY	TYPE	FLOW RATE (L/min)	SAMPLE VOLUME (liters)	AVG. BLANK COUNT	TOTAL FIELDS COUNTED	TOTAL FIBERS COUNTED	FIBER DENSITY (f/cm <sup>3</sup> )	M.F.C. (f/cc)	L.O.D. (f/cc)	R.F.C. (f/cc)	BHR. T.W.A.
170212 FB	FIELD BLANK	FB			0.00	100	0.0	0.0				
170212 FB2	FIELD BLANK	FB			0.00	100	0.0	0.0				
130212 01G	PR20 Exp. Martinez Nadal Km 6.4	EX	3.00	900.0	0.00	100	1.0	1.3	0.001	0.003	<0.003	
130212 02G	Plaza Peaje de Guaynabo, carril R+	EX	300.0									
160212 05G	PR20 Exp. Martinez Nadal Km 6.4	EX	3.00	900.0	0.00	100	8.0	10.2	0.004	0.003	0.004	
160212 06G	Plaza peaje de Guaynabo, carril Y Km 6.4	EX	300.0									
150212 04G	PR20 Exp. Martinez Nadal Km 6.4	EX	2.25	675.0	0.00	100	3.5	4.5	0.003	0.004	<0.004	
	Plaza peaje de Guaynabo, carril T	EX	300.0									

Types: BG-Background; EX-Exposure; OS-Outside; PP-Preparation; RM-Removal; CE-Cleaning; CL-Clearance; FB-Field Blank; PR-Personal; EL-Excursion Limit  
 M.F.C.—Measured Fiber Concentration R.F.C.—Reported Fiber Concentration L.O.D.—Limit of Detection T.W.A.—Time Weighted Average  
 Respiratory Protection: HF-Half Face, FF-Full Face, PAFR-Powered Air Personal Respirator, C-Type C  
 Microscopes #: EHSS1001 Rotometers #: RT12 RT112 Num. Samples: 10

Collected By:	Frances Gonzalez ASB-0607-0237-MS	Date:	02/13/12	Analyzed By:	D. Quintana	Date:	03/06/12
Delivery By:	N/A	Date:	02/23/12	PCM Report Delivery By:		Date:	
Received By:	N/A	Date:	02/23/12	PCM Report Received By:		Date:	
Reviewed By:	D. Quintana	Date:	03/06/12	Comments:			



# ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY SERVICES

CARR. #2 KM 39.7 BO. ALGARROBO, VEGA BAJA, PUERTO RICO, 00693  
 P.M.B 142, 400 CALLE CALAF, SAN JUAN, PUERTO RICO, 00918  
 PHONE NUMBER: 787-858-1901 FAX NUMBER: 787-858-2546  
 ASBESTOS AIR MONITORING PGM ANALYSIS REPORT  
 MICH 7400 A RULES, ISSUE 2, REVISION 3

Page 2 of 2

Client: Frances Gonzalez  
 Address: 0  
 Project: Plaza Peaje Guaynabo  
 Sampling Date: 02/13/12  
 Project No.: 0

SAMPLE ID	FIL TER ID	PERSONAL SAMPLE NAME, S.S.#	ACTIVITY	TYPE	FLOW	SAMPLE VOLUME (liters)	AVG. BLANK COUNT	TOTAL FIELDS COUNTED	TOTAL FIBERS COUNTED	FIBER DENSITY (fibers/m <sup>3</sup> )	M.F.C. (f/cc)	L.O.D. (f/cc)	R.F.C. (f/cc)	8HR. T.W.A.
					RATE (liters/min.)									
160212	7G	PR20 Exp: Martinez Nadal Km 6.4		EX	2.00	600.0	0.00	100	0.0	0.0	0.000	0.004	<0.004	
					300.0									
160212	8G	PR20 Exp: Martinez Nadal Km 6.4	Plaza pesje de Guaynabo, carril R+	EX	2.00	602.0	0.00	100	1.5	1.9	0.001	0.004	<0.004	
					301.0									
170212	9G	PR20 Exp: Martinez Nadal Km 6.4	Plaza de pesje de Guaynabo, carril T	EX	2.50	750.0	0.00	100	7.0	8.9	0.005	0.004	0.005	
					300.0									
170212	10G	PR20 Exp: Martinez Nadal Km 6.4	Plaza pesje de Guaynabo, carril T	EX	2.50	757.5	0.00	100	3.5	4.5	0.002	0.004	<0.004	
					303.0									

Type: BG-Background; EX-Exposure; OS-Outside; PP-Preparation; RM-Removal; CE-Cleaning; CL-Clearance; FG-Field Blank; PR-Personal; EL-Excursion Limit  
 M.F.C.--Measured Fiber Concentration R.F.C.--Reported Fiber Concentration L.O.D.--Limit of Detection T.W.A.--Time Weighted Average  
 Respiratory Protection: HF-Half Face, FF-Full Face, PAPP-Powered Air Personal Respirator, C-Type C  
 Microscope #: EHSS1001 Rotameters #: RT12 RT112 Num. Samples: 10

Collected By:	Frances Gonzalez ASB-0907-0237-MS	Date:	02/13/12	Analyzed By:	O. Quintana	Date:	03/06/12
Delivery By:	N/A	Date:	02/23/12	PCM Report Delivery By:		Date:	01/00/00
Received By:	N/A	Date:	02/23/12	PCM Report Received By:		Date:	01/00/00





# ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY SERVICES

PMB 142, 400 CALLE CALAF, SAN JUAN, PUERTO RICO, 00918  
 PHONE NUMBER: 787-455-1901 FAX NUMBER: 787-455-7446  
 ASBESTOS AIR MONITORING PCMA ANALYSIS REPORT  
 NIOSH 74001 A RULES, ISSUE 2, SECTION 3

Page 1 of 1

Sampling Date: 04/03/12  
 Project No.: N/A

Client: Frances Gonzalez  
 Address: Urb. Levittown, Toad Bogal, Puerto Rico  
 Project: Thesis Study

SAMPLE ID	AMBIENT SAMPLE LOCATION PERSONAL SAMPLE NAME, S.S. # ACTIVITY	TYPE	FLOW RATE (l/min)	TIME (min)	SAMPLE VOLUME (liters)	AVG. BLANK COUNT	TOTAL FIBERS COUNTED	TOTAL FIBERS COUNTED	FIBER DENSITY (1000/m <sup>3</sup> )	M.F.C. (f/cc)	L.O.D. (f/cc)	R.F.C. (f/cc)	SHR. T.W.A.
030412-Blank 1	FIELD BLANK	FB			0.00	100	4.0	0.0	0.0				
030412-Blank 2	FIELD BLANK	FB			0.00	100	0.0	0.0	0.0				
030412-DIC	Background Sample Jardin Bohemio de Caguas Parking Lot, North Area	BG	3.25	30.0	520.0	0.00	100	1.0	1.3	0.031	0.005	<0.005	
030412-QIC	Background Sample Jardin Bohemio de Caguas Parking Lot, South Area	BG	3.25	95.0	308.8	0.00	100	2.0	2.5	0.003	0.309	<0.009	
030412-003	Background Sample Plaza Guaynabo /NUT, parking Lot, North East Area	BG	3.25	100.0	325.0	0.00	100	1.5	1.9	0.302	0.048	<0.008	

Type: BG-Background; EC-Exposure; OS-Outside; PF-Preparation; RW-Removal; CE-Cleaning; CL-Clearance; FB-Field Blank; HI-Personal; TI-Excursion Limit  
 M.F.C. --- Measured Fiber Concentration R.F.C. --- Reported Fiber Concentration L.O.D. --- Limit of Detection T.W.A. --- Time Weighted Average  
 Respiratory Protection: HF-Half Face, RT-Full Face, PAPER-Powered Air Personal Respirator, C-Type C  
 Microscope #: EHS5460 Rotameters #: 0 N/A Num. Samples: 5

Collected By:	Francis Gonzalez ECGM05070237MS	Date:	04/03/12	Analyzed By:	Carlos Roman ECGM05070237MS	Date:	04/03/12
Delivered By: <td>N/A</td> <td>Date:</td> <td>N/A</td> <td>PCMA Report Delivered By: <td>Carlos Roman ECGM05070237MS</td> <td>Date:</td> <td>04/03/12</td> </td>	N/A	Date:	N/A	PCMA Report Delivered By: <td>Carlos Roman ECGM05070237MS</td> <td>Date:</td> <td>04/03/12</td>	Carlos Roman ECGM05070237MS	Date:	04/03/12
Relieved By: <td>N/A</td> <td>Date:</td> <td>N/A</td> <td>PCMA Report Received By: <td>Francis Gonzalez ECGM05070237MS</td> <td>Date:</td> <td>04/03/12</td> </td>	N/A	Date:	N/A	PCMA Report Received By: <td>Francis Gonzalez ECGM05070237MS</td> <td>Date:</td> <td>04/03/12</td>	Francis Gonzalez ECGM05070237MS	Date:	04/03/12
Reviewed By: <td>Carlos Roman ECGM05070237MS</td> <td>Date: <td>04/03/12</td> <td>Comments: <td>Methad of Delivery: By Hand</td> <td></td> <td></td> </td></td>	Carlos Roman ECGM05070237MS	Date: <td>04/03/12</td> <td>Comments: <td>Methad of Delivery: By Hand</td> <td></td> <td></td> </td>	04/03/12	Comments: <td>Methad of Delivery: By Hand</td> <td></td> <td></td>	Methad of Delivery: By Hand		

QARR. #9 NY 39.7 SO. ALGARRETES, VESPA SALA, PUERTO RICO, 00698

**APÉNDICE 4**  
**TRÁMITES PARA INVESTIGACIÓN**

.....

## Environmental Health & Safety Services

October 4, 2011

The following is a statement that Frances Gonzalez is receiving two Gilian BDX II a low volume pump with its battery chargers, and a rotometer from Environmental Health & Safety Services for an approximately two week time.

  
Delivered by Frances Diaz

7/10/11  
Date

  
Received by Frances Gonzalez

7-Oct-2011  
Date

.....



**APÉNDICE 5**  
**CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL ESTUDIO**



AUTORIDAD DE CARRETERAS Y TRANSPORTACIÓN  
PUERTO RICO HIGHWAY AND TRANSPORTATION AUTHORITY  
GOBIERNO DE PUERTO RICO

11 de octubre de 2011

Srta. Frances González Rodríguez  
Universidad Metropolitana  
Recinto de Cupey  
PO Box 21150  
San Juan Puerto Rico 00928-1150

**EVALUACIÓN FIBRAS ASBESTO DE VEHÍCULOS DE MOTOR EN PLAZAS DE PEAJE EN LA ZONA METRO**

Estimada señorita González-Rodríguez:

Por la presente aprobamos su solicitud para realizar un muestreo de aire con el método de NIOSH 74000 en tres estaciones de peaje, a saber, Plaza Caguas Norte, Plaza Caguas Sur en la PR-52 y la estación de Guaynabo en la PR-20.

No obstante, le advertimos que previo a la instalación de cualquier equipo necesario para dicho análisis, usted deberá comunicarse con el señor Richard Negrón Vélez, Director del Área de Administración de Autopistas a través del 787-773-0004 extensión 233, para coordinar el día y hora para dicha instalación, con el entendido de que dicha instalación y equipo no afectará en lo absoluto las labores de los empleados o afectará el flujo vehicular.

Esta aprobación está sujeta a cancelación inmediata si se determinase que la instalación o el equipo instalado constituyen un peligro para los empleados o el público en general.

Atentamente,

Carlos M. Contreras Aponte, MSCE, PE, PTOE  
Director Ejecutivo Auxiliar  
para Tránsito y Autopistas



PO Box 42007, San Juan, PR 00940-2007  
T (787) 721-8787 • F (787) 727-5456

**APÉNDICE 6**  
**CADENA DE CUSTODIA**

**Cadena de Custodia de Campo**

Fecha: 7/feb./12  
 Carriles: R+, T

Plaza de peaje: Caguas Sur

Método NIOSH 7400

Muestra	Flujo inicial(L)	Flujo final (L)	Tiempo inicial	Tiempo final	L/min.
070212-01	3:00	3:00	12:00	18:00	1080 <sup>00</sup>
070212-02	3:00	3:00	12:02	18:02	1080 <sup>00</sup>
080212-03	3:00	1:50	12:00	18:00	810 <sup>00</sup>
080212-04	3:00	1:50	12:10	18:10	810 <sup>00</sup>
090212-05	3:00	3:00	12:00	18:00	1080 <sup>00</sup>
090212-06	3:00	3:00	12:05	18:05	1080 <sup>00</sup>
100212-07	3:00	3:00	12:00	18:00	1080 <sup>00</sup>
100212-08	3:00	3:00	12:05	18:05	1080 <sup>00</sup>
110212-09	3:00	3:00	12:00	18:00	1080 <sup>00</sup>
110212-10	3:00	3:00	12:03	18:03	1080 <sup>00</sup>
110212-11	FB	FB	FB	FB	FB
110212-12	FB	FB	FB	FB	FB

Total 12

Nombre de la persona autorizada para realizar el muestreo de aire: Frances González Rodríguez

Firma: 



**Cadena de Custodia de Campo**

Fecha: 02/13/12

Carriles: R<sup>+</sup>J

Plaza de peaje: Caguas Norte

Método NIOSH 7400

Muestra	Flujo inicial(L)	Flujo final (L)	Tiempo inicial	Tiempo final	L/min.
130212-01	3.00	3.00	6:00	12:00	1080.00
130212-02	3.00	3.00	6:05	12:05	1080.00
140212-03	3.00	3.00	6:00	12:00	1080.00
140212-04	3.00	3.00	6:20	12:20	1080.00
150212-05	3.00	3.00	6:00	12:00	1080.00
150212-06	3.00	3.00	6:20	12:20	1134.00
160212-07	3.00	3.00	6:30	12:30	1080.00
160212-08	3.00	3.00	6:20	12:20	1080.00
170212-09	3.00	3.00	6:30	12:30	1080.00
170212-10	3.00	3.00	6:31	12:31	1080.00
170212-11	FB	FB	FB	FB	FB
170212-12	FB	FB	FB	FB	FB

Total= 12

Nombre de la persona autorizada para realizar el muestreo de aire: Frances González Rodríguez

Firma: 

2 muestras  
al lab. elvicio  
x humedad

**Cadena de Custodia de Campo**

Fecha: 02/12/12

Carriles: R+, T

Plaza de peaje: Guaynabo

Método NIOSH 7400

Muestra	Flujo inicial(L)	Flujo final (L)	Tiempo inicial	Tiempo final	L/min.
130212-01	3.00	3.00	14:00	19:00	900.00
130212-02	3.00	3.00	14:05	19:05	900.00
150212-03	3.00	1.50	14:00	19:00	675.00
150212-04	3.00	1.50	14:05	19:05	602.00
160212-05	3.00	1.50	14:00	19:00	600.00
160212-06	3.00	1.50	14:05	19:00	602.00
170212-07	3.00	1.00	14:00	19:00	750.00
170212-08	3.00	2.00	14:05	19:08	757.00
170212-09	FB	FB	FB	FB	FB
170212-10	FB	FB	FB	FB	FB

Total= 10

Nombre de la persona autorizada para realizar el muestreo de aire: Frances González Rodríguez

Firma: 

**Cadena de Custodia de Campo**

Fecha: 3/abril/12

Carriles: Caguas y  
Mudarebo

Plaza de peaje: Grupo Control

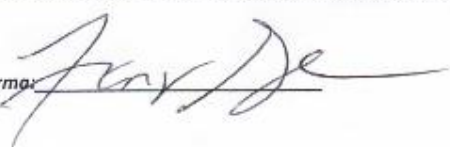
Jardin Botánico y Cultural

Método NIOSH 7400

Muestra	Flujo inicial(L)	Flujo final (L)	Tiempo inicial	Tiempo final	L/min.
030412FB	FB	FB	FB	FB	FB
030412FB	FB	FB	FB	FB	FB
030412-OK	3:50	3:00	7:00	9:40	520.00
030412-OK	3:50	3:00	9:55	11:30	308.40
030412-OK	3:50	3:00	12:50	14:30	325.00

Total= 5

Nombre de la persona autorizada para realizar el muestreo de aire: Frances González Rodríguez

Firma: 

EQB# ASB-0507-0237-MS

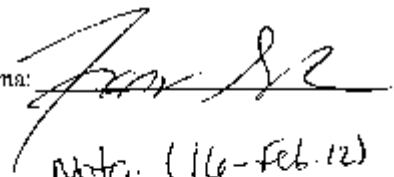
**APÉNDICE 7**  
**HOJA DE COTEJO DE CAMPO**

Hoja de Cotejo										
Listado	07-feb-2012	08-feb-2012	09-feb-2012	10-feb-2012	11-feb-2012	13-feb-2012	14-feb-2012	15-feb-2012	16-feb-2012	17-feb-2012
Marcador permanente	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cadena de custodia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Boligrafo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bolsas plásticas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Chaleco reflectivo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Identificación y documentos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cámara fotográfica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Equipo para muestreo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Casacas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hoja de calibración	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tape	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bitácora	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Botas de seguridad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Boligrafo  
 Hoja de Cotejo

Nombre de la persona autorizada para realizar muestreo: Frances Gonzalez Rodriguez

EQB# ASH-0507-0237-MS

Firma: 

Nota: (16-feb-12)  
 no tenia bolsas  
 plasticas

