

# **UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**

**Centro Universitario de Ciencias de Salud**

**Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental**



---

**ANÁLISIS DE CONDICIONES LABORALES, DETERMINACIÓN  
DE PM<sub>10</sub> Y NIVELES DE RUIDO EN OBRA PÚBLICA DEL ÁREA  
METROPOLITANA DE GUADALAJARA (2012- 2013)**

---

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
DE LA SALUD AMBIENTAL  
PRESENTA**

---

**BIOL. MARÍA GUADALUPE GURROLA CUEVAS**

**Directora de Tesis: Dra. Martha Georgina Orozco Medina**

**Co-director de tesis: Dr. Mario Alfonso Murillo Tovar**

**Zapopan, Jalisco. Noviembre del 2013**

# **UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**

**Centro Universitario de Ciencias de Salud**

**Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental**



---

**ANÁLISIS DE CONDICIONES LABORALES, DETERMINACIÓN  
DE PM<sub>10</sub> Y NIVELES DE RUIDO EN OBRA PÚBLICA DEL ÁREA  
METROPOLITANA DE GUADALAJARA (2012- 2013)**

---

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
DE LA SALUD AMBIENTAL  
PRESENTA**

---

**BIOL. MARÍA GUADALUPE GURROLA CUEVAS**

**Directora de Tesis: Dra. Martha Georgina Orozco Medina**

**Co-director de tesis: Dr. Mario Alfonso Murillo Tovar**

**Zapopan, Jalisco. Noviembre del 2013**



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL**  
*en el padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT*

**COMITÉ DE TESIS**  
**P R E S E N T E**

Por medio de la presente nos permitimos informar a usted (es) que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realizó el (la) pasante:

**MARIA GUADALUPE GURROLA CUEVAS**

Con el título:

**“ANÁLISIS DE CONDICIONES LABORALES, DETERMINACIÓN DE PM<sub>10</sub> Y NIVELES DE RUIDO EN OBRA PÚBLICA DEL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA (2012- 2013)”**

Manifetamos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para la autorización de impresión y en su caso programación de fecha de presentación y defensa del mismo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**

Las Agujas, Zapopan, Jalisco a 30 de Octubre del 2013

\_\_\_\_\_  
Dra. en Cs. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA  
DIRECTORA DEL TRABAJO DE TESIS

\_\_\_\_\_  
MARIA GUADALUPE GURROLA CUEVAS  
ALUMNA

\_\_\_\_\_  
DR. MARIO ALFONSO MURILLO TOVAR  
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TESIS

| <b>SINODALES</b>                    | <b>FIRMA</b> |
|-------------------------------------|--------------|
| DRA. SILVIA GRACIELA LEÓN CORTÉS    |              |
| DRA. MARIA GUADALUPE GARIBAY CHÁVEZ |              |
| DRA. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA  |              |
| DR. MARIO ALFONSO MURILLO TOVAR     |              |

## **Agradecimientos**

A la Dra. Martha Georgina Orozco Medina por su apoyo incondicional, motivación, entusiasmo y aportes en la realización de esta tesis.

Al Dr. Mario Alfonso Murillo Tovar por su tiempo invertido, aportes, motivación y apoyo para lograr concluir esta tesis.

A mis sinodales por sus oportunas observaciones y comentarios.

A mis compañeros de generación por compartir grandes momentos durante esta travesía.

A los investigadores de la Unidad de Tecnología Ambiental del CIATEJ, por sus aportaciones y apoyo durante mi estancia en esa institución.

A la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, y profesores de la misma.

A la Universidad de Guadalajara, mi *Alma Mater*.

Al CONACYT por el apoyo económico recibido.

## **Dedicatorias**

Dedico esta tesis con todo mi amor a mis hijas Sara y Julieta, a mis papás, a mis hermanos, a mis sobrinos y a mis abuelitas, ya que con su apoyo y oraciones pude dar buen término a mis estudios.

Agradezco infinitamente a mi familia su apoyo incondicional, pues sin ellos no hubiera podido realizar y concluir en felices términos este sueño, de igual manera agradezco a mis amigos que durante este tiempo con sus porras y ayuda, comentarios, oraciones y palabras de aliento, continuó mi motivación a dar buen fin a esta etapa de mi vida.

## Contenido

|                                                                                                                                   |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Índice de tablas.....                                                                                                             | viii |
| Tabla 4.1. Diversos oficios dentro de la actividad de la construcción según la OIT (2001) .....                                   | viii |
| Tabla 4.2. Riesgos primarios según área de trabajo en la construcción.....                                                        | viii |
| Índice de figuras.....                                                                                                            | ix   |
| RESUMEN.....                                                                                                                      | xi   |
| 1. Introducción.....                                                                                                              | 1    |
| 2. Justificación.....                                                                                                             | 4    |
| 3. Objetivos .....                                                                                                                | 10   |
| 4. Marco Teórico .....                                                                                                            | 11   |
| 4.1. Concepto de Salud .....                                                                                                      | 11   |
| 4.2. Concepto de Salud Ambiental. ....                                                                                            | 11   |
| 4.2.1. Definición de la OMS.....                                                                                                  | 11   |
| 4.2.2. Definición de Salud Ambiental del Grupo Interdisciplinario de la Universidad de Guadalajara.....                           | 12   |
| 4.3. Salud Ocupacional.....                                                                                                       | 12   |
| 4.3.1 Contaminación y salud ocupacional .....                                                                                     | 14   |
| 4.3.2. Sector de la construcción .....                                                                                            | 15   |
| 4.3.3. Clasificación del sector de la construcción .....                                                                          | 15   |
| 4.3.4. Relevancia del sector de la construcción.....                                                                              | 20   |
| 4.4. Obra pública.....                                                                                                            | 21   |
| 4.5. Contaminantes químicos y salud laboral .....                                                                                 | 23   |
| 4.6. Contaminación del aire .....                                                                                                 | 24   |
| 4.7. Las PM <sub>10</sub> .....                                                                                                   | 24   |
| 4.7.1. Fuentes de emisión y procesos de formación de las PM <sub>10</sub> .....                                                   | 25   |
| 4.7.2. Composición de las PM <sub>10</sub> .....                                                                                  | 25   |
| 4.7.3. Efectos a la salud por exposición a PM <sub>10</sub> .....                                                                 | 27   |
| 4.8. Contaminantes físicos y salud ocupacional.....                                                                               | 29   |
| 4.8.1 Ruido, contaminante presente en el sector de la construcción.....                                                           | 30   |
| 4.8.2. Ruido ocupacional y ruido ambiental.....                                                                                   | 30   |
| 4.8.3. Ruido y efectos a la salud .....                                                                                           | 31   |
| 4.9.1. Instrumentos internacionales. ....                                                                                         | 32   |
| 4.9.2. Normatividad internacional.....                                                                                            | 35   |
| 4.9.3. Aspectos legales en el ámbito nacional que regulan las emisiones de los contaminantes, partículas suspendidas y ruido..... | 37   |
| 5. Descripción del área de estudio. ....                                                                                          | 40   |
| 6. Metodología.....                                                                                                               | 43   |
| 6.1. Tipo de estudio.....                                                                                                         | 43   |
| 6.2. Criterios de selección de sitios de muestreo.....                                                                            | 44   |
| 6.3. Operacionalización de Variables.....                                                                                         | 45   |
| 6.4. Métodos.....                                                                                                                 | 46   |
| 6.4.1. Determinación de las concentraciones atmosféricas de PM <sub>10</sub> . ....                                               | 46   |
| 6.4.1.1. Selección de sitios y ubicación.....                                                                                     | 46   |

|          |                                                                                 |     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.4.1.2. | Muestreo de las PM <sub>10</sub> .....                                          | 47  |
| 6.4.1.3. | Análisis gravimétrico de partículas .....                                       | 48  |
| 6.4.1.4. | Análisis Estadístico. ....                                                      | 49  |
| 6.4.1.5. | Método de análisis para la determinación de metales en PM <sub>10</sub> ...     | 50  |
| 6.4.1.6. | Factor de Enriquecimiento para los metales en PM <sub>10</sub> . ....           | 51  |
| 6.4.2.   | Método de muestreo para la medición niveles de presión sonora. ....             | 51  |
| 6.4.2.1. | Selección de sitios y ubicación .....                                           | 51  |
| 6.4.2.2. | Equipo de medición .....                                                        | 52  |
| 6.4.2.3. | Procedimiento .....                                                             | 52  |
| 6.4.3.   | Aplicación de encuestas.....                                                    | 53  |
| 6.4.3.1. | Instrumento .....                                                               | 54  |
| 6.4.3.2. | Determinación de las condiciones laborales .....                                | 54  |
| 7.       | Resultados .....                                                                | 55  |
| 7.1.     | Las PM <sub>10</sub> .....                                                      | 55  |
| 7.1.1.   | Concentraciones atmosféricas de las PM <sub>10</sub> .....                      | 55  |
| 7.1.2.   | Variación entre obras de las concentraciones de PM <sub>10</sub> .....          | 56  |
| 7.2.     | Metales en PM <sub>10</sub> .....                                               | 58  |
| 7.2.1.   | Concentraciones atmosféricas de metales asociadas a las PM <sub>10</sub> . .... | 58  |
| 7.2.2.   | Variación entre obras de las concentraciones de metales.....                    | 60  |
| 7.2.3.   | Variación de las concentraciones de metales en dos condiciones.....             | 63  |
| 7.2.4.   | Variación de las concentraciones de metales dentro de cada obra. ....           | 65  |
| 7.2.5.   | Posibles fuentes de metales en PM <sub>10</sub> .....                           | 68  |
| 7.2.5.1. | Posibles fuentes de metales en la OBRA 1 .....                                  | 69  |
| 7.2.5.2. | Posibles fuentes de metales en la OBRA 2. ....                                  | 70  |
| 7.2.5.3. | Posibles fuentes de metales en la OBRA 3 .....                                  | 70  |
| 7.3.     | Determinación de niveles de presión sonora .....                                | 71  |
| 7.4.     | Aplicación de encuestas a trabajadores .....                                    | 78  |
| 8.       | Discusión.....                                                                  | 83  |
| 9.       | Conclusiones.....                                                               | 87  |
| 10.      | Recomendaciones.....                                                            | 90  |
| 11.      | Bibliografía .....                                                              | 92  |
| Anexos   | .....                                                                           | 102 |

## Índice de tablas

|                                                                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabla 4.1.</b> Diversos oficios dentro de la actividad de la construcción según la OIT (2001) .....                                   | <b>15</b> |
| <b>Tabla 4.2.</b> Riesgos primarios según área de trabajo en la construcción. ....                                                       | <b>16</b> |
| <b>Tabla 4.3.</b> Personal ocupado (obreros) en el sector de la construcción (2006-2011). ....                                           | <b>20</b> |
| <b>Tabla 4.4.</b> Ruido de diversos equipos usados en la construcción .....                                                              | <b>30</b> |
| <b>Tabla 4.5.</b> Instrumentos internacionales a favor de la protección de la salud laboral. ....                                        | <b>33</b> |
| <b>Tabla 4.6.</b> Acuerdos internacionales en materia de exposición a las PM <sub>10</sub> , metales y ruido. ....                       | <b>35</b> |
| <b>Tabla 4.7.</b> Ley federal del trabajo.....                                                                                           | <b>37</b> |
| <b>Tabla 4.8.</b> Normatividad Nacional. ....                                                                                            | <b>37</b> |
| <b>Tabla 5.1.</b> Principales características geográficas y demográficas de los municipios de Zapopan y Tlaquepaque. ....                | <b>41</b> |
| <b>Tabla 5.2.</b> Sitios seleccionados para su monitoreo. ....                                                                           | <b>42</b> |
| <b>Tabla 6.1.</b> Descripción de los sitios donde se realizaron las mediciones ....                                                      | <b>44</b> |
| <b>Tabla 6.2.</b> Operacionalización de Variables. ....                                                                                  | <b>45</b> |
| <b>Tabla 7.1.</b> Concentraciones individuales de PM <sub>10</sub> (µg m <sup>-3</sup> ). ....                                           | <b>55</b> |
| <b>Tabla 7.2.</b> Medianas de las concentraciones de PM <sub>10</sub> por obra y condición. ....                                         | <b>56</b> |
| <b>Tabla 7.3.</b> Concentraciones individuales de metales (ng m <sup>-3</sup> ) en las PM <sub>10</sub> . ....                           | <b>59</b> |
| <b>Tabla 7.4.</b> Estadística descriptiva de las concentraciones atmosféricas de metales en PM <sub>10</sub> (ng m <sup>-3</sup> ). .... | <b>60</b> |
| <b>Tabla 7.5.</b> Medianas de las concentraciones atmosféricas de metales en PM <sub>10</sub> (ng m <sup>-3</sup> ) por obra.....        | <b>61</b> |
| <b>Tabla 7.6.</b> Concentración geológica de los metales de estudio (ppm).....                                                           | <b>69</b> |
| <b>Tabla 7.7.</b> FE calculado para la Obra 1. ....                                                                                      | <b>69</b> |
| <b>Tabla 7.8.</b> FE calculado para la Obra 2. ....                                                                                      | <b>70</b> |
| <b>Tabla 7.9.</b> FE calculado para la Obra 3. ....                                                                                      | <b>71</b> |
| <b>Tabla 7.10.</b> Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq) registrado en la obra 1. ....                                                 | <b>72</b> |
| <b>Tabla 7.11.</b> Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq) registrado en la obra 2. ....                                                 | <b>74</b> |
| <b>Tabla 7.12.</b> Nivel Sonoro Continuo Equivalente registrado (Leq), en la obra 3.....                                                 | <b>77</b> |



## Índice de figuras

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 4.1.</b> Formación de las partículas. Fuente: Modificado de Finlayson-Pitts y Pitts 2000, Turpin <i>et al.</i> 2000, Seinfeld y Pandis 2006. ....                                                                                                                                                                                                             | 26 |
| <b>Figura 5.1.</b> Localización de los municipios de estudio. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 40 |
| <b>Figura 6.1.</b> Diagrama metodológico. (Fuente: elaboración propia 2012.)...                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 43 |
| <b>Figura 6.2.</b> Ubicación de las obras en el Área Metropolitana de Guadalajara. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 47 |
| <b>Figura 6.3.</b> Equipo Micro vol-1100 (ECOTECH). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 48 |
| <b>Figura 6.4.</b> Balanza Microanalítica SE2F (Sartorius) para pesaje de filtros bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.....                                                                                                                                                                                                                   | 49 |
| <b>Figura 6.5.</b> Sonómetro CESVA modelo SC310, con el que se realizó el monitoreo de los niveles de presión sonora. ....                                                                                                                                                                                                                                              | 52 |
| <b>Figura 7.1.</b> Concentraciones atmosféricas de PM <sub>10</sub> con respecto a la Norma Mexicana y la OMS. ....                                                                                                                                                                                                                                                     | 56 |
| <b>Figura 7.2.</b> Mediana de las concentraciones de PM <sub>10</sub> en las obras. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras). ....                                                                                                                                                                                  | 57 |
| <b>Figura 7.3.</b> Medianas de PM <sub>10</sub> entre sitios, Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras). ....                                                                                                                                                                                                        | 58 |
| <b>Figura 7.4.</b> Abundancia de metales en PM <sub>10</sub> . ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 60 |
| <b>Figura 7.5.</b> Mediana de las concentraciones de Fe ( $p = 0.3458$ ) en las tres obras. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras). ....                                                                                                                                                                          | 61 |
| <b>Figura 7.6.</b> Mediana de las concentraciones de <b>a.</b> Ni ( $p=0.4247$ ), <b>b.</b> Mn ( $p=0.3822$ ), <b>c.</b> Zn ( $p=0.9070$ ), <b>d.</b> Cu ( $p=0.8984$ ) y <b>e.</b> Pb ( $p=0.4440$ ) en las tres obras. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras). ....                                             | 62 |
| <b>Figura 7.7.</b> Mediana de las concentraciones de <b>a.</b> Co ( $p=0.4105$ ) y <b>b.</b> Cd ( $p=0.8837$ ) en las tres obras. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras). ....                                                                                                                                    | 63 |
| <b>Figura 7.8.</b> Mediana de las concentraciones de Fe ( $p= 0.1213$ ) durante y posterior a la obra. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras). ....                                                                                                                                                               | 63 |
| <b>Figura 7.9.</b> Mediana de las concentraciones de <b>a.</b> Ni ( $p= 0.4647$ ), <b>b.</b> Mn ( $p= 0.0707$ ), <b>c.</b> Zn ( $p= 0.6985$ ), <b>d.</b> Cu ( $p= 0.3017$ ) y <b>e.</b> Pb ( $p= 0.3017$ ) durante y posterior a la obra. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras) y asterisco (dato extremo). .... | 64 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 7.10.</b> Mediana de las concentraciones de <b>a.</b> Co ( $p= 0.1555$ ) y <b>b.</b> Cd ( $p= 1.0000$ ), durante y posterior a la obra. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras), asterisco (dato anómalo). .... | <b>65</b> |
| <b>Figura 7.11.</b> Mediana de las concentraciones de Fe durante y posterior a las obras en los sitios 1 y 3. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras). ....                                                               | <b>66</b> |
| <b>Figura 7.12.</b> Mediana de las concentraciones de Ni, Mn, Zn, Cu y Pb durante y posterior a las obras en los sitios 1 y 3. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras)...                                                 | <b>67</b> |
| <b>Figura 7.13.</b> Mediana de las concentraciones de Co y Cd durante y posterior a las obras en los sitios 1 y 3. Mediana (cuadro interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras). ....                                                            | <b>68</b> |
| <b>Figura 7.14.</b> Niveles de ruido (Leq) registrados en la obra 1. Línea verde, 65 dB, línea Roja 85 dB. ....                                                                                                                                                                | <b>73</b> |
| <b>Figura 7.15.</b> Niveles de ruido (Leq) registrados en la obra 2. Línea verde, 65 dB, línea Roja 85 dB. ....                                                                                                                                                                | <b>76</b> |
| <b>Figura 7.16.</b> Niveles de ruido (Leq) registrados en la obra 3. Línea verde, 65 dB, línea Roja 85 dB. ....                                                                                                                                                                | <b>78</b> |
| <b>Figura 7.17.</b> Grupos de edades de los trabajadores encuestados.<br>Fuente: Elaboración propia (2013). ....                                                                                                                                                               | <b>79</b> |
| <b>Figura 7.18.</b> Nivel de estudios de los trabajadores encuestados.....                                                                                                                                                                                                     | <b>79</b> |
| <b>Figura 7.19.</b> Tiempo laborando en el sector de la construcción. ....                                                                                                                                                                                                     | <b>80</b> |
| <b>Figura 7.20.</b> Uso de equipo de protección personal. ....                                                                                                                                                                                                                 | <b>81</b> |
| <b>Figura 7.21.</b> Equipo de protección personal que refirió se le provee.....                                                                                                                                                                                                | <b>82</b> |

## RESUMEN

Hablar de salud ambiental, implica entre otras, a la salud ocupacional o laboral, la cual ha venido cobrando relevancia debido al número de afecciones y riesgos a la salud que se generan en los centros de trabajo, al estar expuestos a una serie de agentes que causan afectación a la salud como lo son el material particulado y el ruido; la actividad de la construcción de manera muy particular, adquiere interés por parte de las autoridades de salud tanto internacionales con diversos documentos descriptivos, y nacionales como los es el caso de una normativa específica para este sector (NOM-031-STPS-2011).

En una forma particular, las obras públicas a su vez son fuente importante de aporte de  $PM_{10}$  como fuentes de área, por el número que estas se realizan sobre todo en las ciudades, así como estas obras son fuentes generadoras de ruido durante los periodos en los que son ejecutadas. En este estudio se realizó la determinación de las concentraciones de  $PM_{10}$  y metales en las mismas, así como los niveles de presión sonora a que son sometidos los trabajadores en tres obras públicas dentro de Área Metropolitana de Guadalajara, así como identificar la percepción de los trabajadores expuestos ante estos contaminantes y su posible asociación con su estado de salud.

Los resultados de las  $PM_{10}$  mostraron concentraciones por encima de la norma mexicana NOM-025-SSA1-1993 en un 73 %, la cual señala un máximo de concentración de  $120 \mu g m^{-3}$  en 24 horas, y concentraciones por encima de la recomendación de la OMS en un 93 %, la cual señala un promedio de  $50 \mu g m^{-3}$  también en 24 h. En cuanto a las concentraciones de metales en las  $PM_{10}$ , de los ocho analizados (Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, y Pb), se encontró que el Fe fue el elemento metálico con mayores concentraciones en las tres obras estudiadas, seguido del níquel y del manganeso. El análisis del Factor de Enriquecimiento (FE), aplicado a las concentraciones de metales, para los tres

sitios señala que las fuentes naturales como antrópicas contribuyeron a la emisión de las partículas medidas

Con respecto al uso de equipo de protección contra material particulado, este estuvo ausente durante los días que se realizaron los muestreos en las tres obras por parte del personal observado, señalando en este sentido que el requerimiento de uso de equipo de protección contra partículas se cuenta señalado en las Normas Mexicanas NOM-017-STPS-2008, y NOM-011-STPS-2001.

En relación a los niveles de ruido en las obras de estudio, se encontraron en las mediciones realizadas, niveles de ruido entre 52 y 100 dB (A), dentro de los cuales el 82 % superaron los 85 db (A) del Nivel Sonoro A que la NOM-011-STPS-2001 sugiere como máximo sin uso de equipo de protección auditiva.

## 1. Introducción

La salud ambiental, abarca dentro de sus vertientes, a la salud relacionada con el trabajo (salud ocupacional), la cual abarca no solamente la ausencia de afecciones o de enfermedad, sino también los elementos físicos y mentales que afectan a la salud y están directamente relacionados con la seguridad e higiene en el propio trabajo. (OIT, 1981).

Es un hecho que en la actualidad a nivel internacional, a los trabajadores en general se les conceden algunos beneficios básicos de protección a su seguridad y salud con base a lineamientos internacionales y normativa vigente en cada nación.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT), señala que cada día mueren 6,300 personas a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo, esto representa más de 2,3 millones de muertes por año; también señala que las condiciones de seguridad y salud en el trabajo difieren enormemente entre países, sectores económicos y grupos sociales (OIT, 2013).

La Dou (2005), menciona que las Leyes de Salud y Seguridad Laboral cubren sólo a cerca del 10% de la población en los países en desarrollo y que tales leyes, omiten diversas industrias entre las que se encuentra la construcción, esto en base a los informes emitidos por la propia OIT.

Confirmando lo anterior y de manera particular en México, Santos *et al.* (1993) menciona que se tienen problemas de regulación sanitaria en diferentes campos de la salud ambiental, entre los que se encuentra la salud ocupacional.

De manera particular, el sector de la construcción es un ámbito importante debido al soporte que da a otros sectores productivos y a la derrama económica

que representa; el personal que labora en esta tarea productiva deberá de manera particular ser protegido, atendiendo a las recomendaciones internacionales que la OIT señala en cuanto a la protección de su salud y seguridad, así como al marco legislativo regulador tanto a nivel internacional como a nivel Nacional en materia de salud laboral.

Los peligros ambientales y laborales, para la salud de los trabajadores de la construcción, pueden ser tanto físicos (ruido, calor, frío, radiaciones, vibraciones y presión barométrica), biológicos (microorganismos, sustancias tóxicas de origen biológico y ataques de animales), como químicos (polvos, humos, nieblas, vapores, gases) y sociales (de tipo organizacional).

En el caso particular de los contaminantes que se emiten en esta actividad, se relacionan entre otros, con la combustión de la maquinaria y vehículos, con la generación y dispersión de polvos y partículas, así como con los niveles de presión sonora emitidos por la maquinaria, vehículos y maniobras; estos prácticamente en todas las etapas de la actividad constructiva; las consecuencias se traducen en un deterioro de la salud. Así mismo en las obras realizadas en vía pública se le suman los riesgos a la salud por la exposición a los contaminantes atmosféricos propios de las zonas urbanas, como la resuspensión de polvos, emisiones de la industria y el tráfico vehicular donde se emite, de manera permanente concentraciones elevadas de material particulado, así como la constante y elevada generación de ruido.

En México, para la protección de los trabajadores, se cuenta con la Dirección General de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), la cual tiene como objetivo, “mejorar la seguridad y salud en el trabajo por medio de un marco normativo que aspira a tener lineamientos claros y competitivos, así como promover la instauración de sistemas de administración en seguridad y salud en el trabajo en las empresas” (STPS, 2012), siendo la instancia a nivel nacional, que regula las actividades

laborales en relación a la protección de la salud de los trabajadores, a través de la normativa nacional aplicable, como lo es la Ley Federal del Trabajo y las diferentes Normas Mexicanas referentes a la protección de la salud de los trabajadores.

A nivel local, el crecimiento acelerado de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), conlleva, la necesidad de realizar un gran número de obras de carácter público, ello incluye el incremento en la contratación de empresas constructoras para la ejecución de las mismas, que si bien generan fuentes de empleo en diferentes etapas, también contribuyen a la modificación de las condiciones ambientales en los sitios donde se llevan a cabo, así como al deterioro de la salud laboral por la ausencia de vigilancia, supervisión, y varias limitaciones en el contexto de seguridad, higiene y de protección ambiental (Orozco *et al.* 2009).

Contribuir al análisis de las condiciones ambientales y de salud laboral en la obra pública, representa la posibilidad de incidir en la caracterización de factores que limitan el bienestar de los trabajadores expuestos en esta actividad.

## **2. Justificación**

El plan de acción mundial sobre la salud de los trabajadores 2008-2017 (OMS, 2007), en sus objetivos habla sobre proteger y promover la salud en el lugar de trabajo en su objetivo 2do., de manera concreta señala mejorar la evaluación y gestión de los riesgos sanitarios en el lugar de trabajo para prevenir y controlar los riesgos mecánicos, físicos, químicos, biológicos y psicosociales en el entorno laboral.

Existen actividades laborales donde la exposición a riesgos mecánicos, físicos, químicos, biológicos y psicosociales son ya identificados como en el caso del sector de la construcción.

Es sabido que los trabajadores de la construcción realizan una labor bastante extenuante y de un significativo esfuerzo físico, aunada a una serie de características de empleo inestable, con una baja cobertura de seguridad social y sin que se cumplan en general normas de higiene y seguridad industrial, que ponen en riesgo la salud y la propia vida de los trabajadores (Fajardo, 2009).

Según estimaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2005), a nivel mundial mueren 5,000 trabajadores por día a causa de enfermedades relacionadas con el trabajo, lo que repercute de manera especial en el Producto Interno Bruto (PIB) de los Países.

En México, el sector construcción es el más riesgoso después del industrial, según estadísticas del 2005 (Arias, 2011). En el ámbito de las enfermedades de trabajo, cabe destacar que según la naturaleza de la lesión, el IMSS reportó de 1996 al 2000 haber aumentado al doble ya que para el año 1996



se presentaron un total de 2,234 casos de enfermedades, de estos el 50% corresponden a lesiones auditivas e hipoacusias traumáticas, siguiendo las neumoconiosis debida a algún tipo de sílice o silicato con 386 casos; dermatitis de contacto y eczema con 209 casos; antracosilicosis con 178 casos; afecciones respiratorias debidas a emanaciones y vapores de origen químico con 145 casos; lesiones a nervios craneales con 36 casos; asbestosis con 35 casos; lesiones de la cápsula sinobial y de tendones con 30 casos; efectos tóxicos del plomo y sus compuestos 25 casos; bronquitis crónica con 15; asma con 8 casos y neumoconiosis debida a otros polvos inorgánicos con 4 casos. Si se comparan con el año 2000, la tendencia ocurrió de la siguiente manera: el número total de enfermedades de trabajo fue de 5,557 casos, de los cuales para lesiones del oído ocurrieron 2,497 casos; en afecciones respiratorias debidas a emanaciones y vapores de origen químico hubo 1,353 casos; las neumoconiosis debida a sílice o silicatos con 556 casos; mientras que los casos de bronquitis se incrementaron a 108 y la neumoconiosis debida a otro polvo inorgánico a 54 casos. El resto de los padecimientos se mantuvieron constantes (IMSS, 2002).

En cuanto a las enfermedades relacionadas con esta actividad el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en la memoria estadística 2012, señaló una tasa de 1.4 por cada 10,000 trabajadores (de un total de 1,194,861 trabajadores registrados bajo el Seguro de Riesgo de Trabajo), lo pone a esta actividad dentro de las cinco con mayor incidencia. De manera más general en la misma memoria del 2012, el propio IMSS señala a la hipoacusia como la enfermedad laboral más común según el tipo de actividad, donde destacan después de la minería, actividades que se realizan en la construcción como son, operadores de máquinas y herramientas, conductores de camiones pesados y soldadores. Las mismas actividades laborales, reportan afecciones a la salud como neumoconiosis, afección respiratoria debida a inhalación de gases, humos, vapores y

sustancias químicas, así como enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores.

Hablando del sector productivo que nos ocupa, se puede decir que las obras realizadas en el ámbito de la construcción, son la base para que otros sectores como la industria, el transporte, el turismo, la recreación, la educación y el comercio se establezcan, y como tal debiera representar un sector de atención y cuidado a la salud de prioridad por las implicaciones que tiene como soporte de las demás actividades productivas y económicas de los países.

En lo que a cuestiones ambientales se refiere, la construcción puede contribuir significativamente a la contaminación, ya que a lo largo de los años se llevan a cabo gran cantidad de obras de carácter público sobre todo en las grandes urbes, donde se requiere día con día la realización de obras de infraestructura, así como el mantenimiento de las mismas; en este sentido.

En cuanto a la emisión de partículas en Jalisco, a la construcción se le considera como fuente de emisión de área, que si bien, comparada con las fuentes móviles pueden considerarse emisiones bajas, sin embargo resultan de interés debido a su número e intensidad, generando importantes emisiones (Gobierno del estado de Jalisco, 2011). Lo anterior se puede comprobar a través de los inventarios de emisión de contaminantes atmosféricos por fuente, como en el caso del año 2008, donde se reportó para las  $PM_{10}$  en toneladas lo siguiente: fuente de área 24,642.44, fuentes fijas 8,767.76, fuentes móviles 1,397.27 (SEMARNAT, 2013); señalando que años anteriores reportados como el 2005 y 1999 reportan el mismo patrón, pudiendo esto corroborar que el número e intensidad de una fuente es relevante al momento de pretender tomar medidas de atención en salud ambiental.

Es importante señalar que en Jalisco, la principal fuente de área que genera  $PM_{10}$  según lo reporta el gobierno del estado de Jalisco (2011) es la actividad de la construcción con 2,983 toneladas al año de un total de 8,987 toneladas al año por total de fuentes de área, dándonos esto idea de la importancia que tiene este sector productivo como fuente de emisión y como esto es un factor de riesgo para la salud de la población, de manera especial para quienes están expuestos de manera directa a estas fuentes. Aunque las partículas  $PM_{10}$  ocupan el sexto lugar dentro de los distintos contaminantes considerados en el inventario de emisiones, se ha demostrado que estas contienen sustancias químicas tóxicas que en bajas concentraciones pueden representar riesgo para la salud de los trabajadores expuestos.

Zapopan es el segundo municipio en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMP), responsable de las emisiones anuales en toneladas al año de  $PM_{10}$  con 14.5 % del total estatal, después de Guadalajara con 19 %; Tlaquepaque con 3 %, es el cuarto después de Tlajomulco de Zúñiga con el 4 %. En lo que respecta a fuentes de área, los municipios de Zapopan y Tlaquepaque quedan como responsables de un 23 y 4 % respectivamente del total de las emisiones de  $PM_{10}$  en el estado (Gobierno del estado de Jalisco, 2011).

Haciendo referencia de manera particular al sector de la construcción en relación a la realización de obra pública, podemos señalar que la población trabajadora expuesta a las  $PM_{10}$  en este sector en las zonas urbanas, también se expone a las emisiones de las fuentes fijas y móviles, sobre todo a estas últimas, ya que estos laboran cercanos a esas fuentes de emisión. (Gobierno del estado de Jalisco, 2011).

Con lo anterior señalado, podemos dimensionar que la población que labora en el sector de la construcción en obra pública dentro del AMG, es un grupo vulnerable no solo ante la exposición a un significativo número de peligros propios de la actividad en sí, si no a contaminantes como las  $PM_{10}$ , y los altos niveles de presión sonora, potencializándose ambos por ser aportados tanto por las mismas actividades laborales propias de las obras a realizar, como en el ambiente externo que aporta niveles importantes los contaminantes aquí estudiados, representado en su mayoría por los altos niveles de flujo vehicular, la industria, así como por las actividades propias de las zonas urbanas.

En los últimos años, el sector de la construcción en nuestro estado, principalmente en Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), ha venido cobrando gran relevancia por la numerosa cantidad de obras públicas que se han llevado a cabo, siendo necesario el análisis de las afectaciones a la salud laboral que en esta industria se acentúan, y de manera particular aquellas relacionadas con obra pública, dando importancia de una manera particular a aquellos riesgos que tienen que ver con la exposición a contaminantes, como las  $PM_{10}$  y el ruido, generados en la dichas obras y que son los trabajadores los mayormente expuestos a ellos.

Emprender estudios que permitan conocer las condiciones de calidad ambiental y de salud relacionadas con la actividad de la construcción, se considera un aspecto altamente significativo sobre todo por la escasez de información que existe al respecto a nivel local y por las recomendaciones que se pueden derivar como base de una estrategia de atención dirigida tanto a las autoridades ambientales, laborales, como a las de salud.

Avanzar en el estudio de la obra pública en el contexto ambiental y de salud, representa también la posibilidad de generar una base teórica y experimental en donde se pueden incluir aspectos clave para una adecuada

gestión, que en su momento significa impulsar medidas que protejan en un sentido más amplio las condiciones de salud ambiental.

### **3. Objetivos**

#### **General:**

Analizar las condiciones ambientales, determinar los niveles de  $PM_{10}$  y ruido en obra pública del Área Metropolitana de Guadalajara, (2012-2013).

#### **Específicos:**

- Determinar las concentraciones de  $PM_{10}$  en las obras públicas seleccionadas.
- Determinar la concentración de metales en muestras de  $PM_{10}$  en las obras públicas seleccionadas.
- Determinar los niveles de presión sonora en las obras públicas seleccionadas.
- Identificar la percepción de molestias y condiciones laborales en trabajadores expuestos.

## **4. Marco Teórico**

Ryan (2010), señala que reconocer, medir y controlar las exposiciones riesgosas son actividades consideradas núcleo en el contexto de la Salud Ambiental. Así mismo, al hablar de exposiciones riesgosas en los centros de trabajo, se tienen ya detectadas una serie de posibles afectaciones a la salud, las cuales son incluso clasificadas dependiendo de la actividad realizada y el tiempo de exposición a la misma. Cabe mencionar que el ambiente laboral en algunos casos, se ve influenciado por la presencia de contaminantes del ambiente externo que también repercuten en el bienestar y salud de los trabajadores.

### **4.1. Concepto de Salud**

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1948), define la salud, como “un completo estado de bienestar en los aspectos físicos, mentales y sociales” y no solamente la ausencia de enfermedad”. Esta definición forma parte de la Declaración de Principios de la OMS desde su fundación en 1948. En la misma declaración se reconoce que la salud es uno de los derechos fundamentales de los seres humanos, y que lograr el más alto grado de bienestar depende de la cooperación de individuos y naciones y de la aplicación de medidas sociales y sanitarias (Parra, 2003).

### **4.2. Concepto de Salud Ambiental.**

#### **4.2.1. Definición de la OMS**

La relación entre aquellos aspectos de la salud humana incluyendo la calidad de vida, que son determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicológicos en el medio ambiente. También se refiere a la teoría y práctica de valorar, corregir, controlar y evitar aquellos factores en el medio

ambiente que potencialmente pueden perjudicar la salud de generaciones actuales y futuras (OMS 1993).

En relación a la salud y a la vida laboral en otros países, Gosselin *et al.* (2001), señala que El Comité Asesor Federal, Provincial y Territorial Canadiense (1996) identifica cuando menos cinco factores claves determinantes de la salud, dentro de los cuales las condiciones de vida y laborales forman parte.

#### **4.2.2. Definición de Salud Ambiental del Grupo Interdisciplinario de la Universidad de Guadalajara.**

“La salud de las comunidades humanas y silvestres que interactúan en un territorio, entendidos estos como sistemas complejos y dinámicos en donde coinciden aspectos económicos, políticos, científicos, jurídicos, culturales, de salud pública y desarrollo humano” (Garibay *et al.* 2006).

#### **4.3. Salud Ocupacional**

Tal como la define la OMS, la salud ocupacional *“Es una actividad multidisciplinaria dirigida a promover y proteger la salud de los trabajadores mediante la prevención y el control de enfermedades y accidentes y la eliminación de los factores y condiciones que ponen en peligro la salud y la seguridad en el trabajo. Además procura generar y promover el trabajo seguro y sano, así como buenos ambientes y organizaciones de trabajo realzando el bienestar físico mental y social de los trabajadores y respaldar el perfeccionamiento y el mantenimiento de su capacidad de trabajo. A la vez que busca habilitar a los trabajadores para que lleven vidas social y económicamente productivas y contribuyan efectivamente al desarrollo sostenible, la salud ocupacional permite su enriquecimiento humano y profesional en el trabajo”* (Nieto, 1999).



En nuestro país el marco legal de la salud ocupacional se fundamenta en el Artículo 123 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2013), el cual señala que *“Toda persona tiene derecho al trabajo digno y socialmente útil; al efecto, se promoverán la creación de empleos y la organización social para el trabajo, conforme a la ley”*; de dicha Ley se deriva la Ley Federal del Trabajo, el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, así como todas aquellas Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que contienen los lineamientos que deben cumplir las empresas y los trabajadores en materia de seguridad, higiene y salud de los trabajadores.

La OIT, en la Recomendación sobre las prestaciones en caso de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales R 121 (1964) se refiere a las enfermedades profesionales de la manera siguiente: *“Todo Miembro debería, en condiciones prescritas, considerar como enfermedades profesionales las que se sabe provienen de la exposición a sustancias o condiciones peligrosas inherentes a ciertos procesos, oficios u ocupaciones”*.

La definición de la enfermedad profesional contiene por tanto dos elementos principales:

- La relación causal entre la exposición en un entorno de trabajo o actividad laboral concreta, y una enfermedad específica, así como
- El hecho de que, dentro de un grupo de personas expuestas, la enfermedad se produce con una frecuencia superior a la tasa media de morbilidad del resto de la población (OIT. 2010).

La Organización Internacional del Trabajo (OIT), cita que en el sector de la construcción, cada año se producen al menos 60,000 accidentes mortales – lo que equivale a una muerte cada diez minutos. Y señala que casi el 17 por ciento de todos los accidentes mortales en el trabajo se producen en ese sector, y con referencia a lo que en este trabajo se aborda es que señala que los trabajadores de la construcción también deben hacer frente a otros riesgos para

la salud, incluida la exposición a polvo cargado de amianto, sílice y productos químicos peligrosos, añadiendo que la exposición a ruido en este y otros sectores productivos como la industria metalúrgica cobra gran relevancia. En consonancia con los convenios, las recomendaciones y orientaciones de la OIT, el informe destaca la necesidad de realizar una mejor planificación y coordinación para abordar las cuestiones de seguridad y salud en las obras de construcción, así como un mayor enfoque para reducir la mala salud y la enfermedad relacionadas con el trabajo (OMS/OIT, 2005) . Donde podemos señalar que los problemas de salud a que se encuentran expuestos los trabajadores, están relacionados con material particulado y ruido.

#### **4.3.1 Contaminación y salud ocupacional**

Los Contaminantes del ambiente de trabajo, son los agentes físicos, químicos y biológicos capaces de modificar las condiciones del medio ambiente del centro de trabajo, que por sus propiedades, concentración, nivel y tiempo de exposición o acción pueden alterar la salud de los trabajadores, según refiere el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 21 de enero de 1997, en su Capítulo primero, Disposiciones Generales, artículo 2o. fracción III.

Para el caso particular de nuestro país, vale la pena analizar con detenimiento la NORMA Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo, para buscar mejorar las condiciones laborales, y en base a ella se debe buscar la manera de garantizar el adecuado espacio de trabajo donde se minimicen los riesgos potenciales, empleando para el caso de la exposición a agentes contaminantes tanto generados dentro y fuera del área de trabajo, los equipos indicados para eliminar las afectaciones que directamente están incidiendo en la salud de este sector laboral.

#### 4.3.2. Sector de la construcción

Este sector, comprende las actividades corrientes y especializadas de construcción de edificios y obras de ingeniería civil. En ésta, se incluyen las obras nuevas, reparaciones, ampliaciones y reformas, instalación de edificios y estructuras prefabricadas y también la construcción de obras de carácter temporal. Las actividades corrientes de construcción abarcan la edificación completa de viviendas, oficinas, locales de almacenes y otros edificios públicos y de servicios, locales agropecuarios, etc., y la construcción de obras de ingeniería civil, como carreteras, calles, puentes, túneles, líneas de ferrocarril, aeropuertos, puertos y otros proyectos de ordenamiento hídrico, sistemas de riego, redes de alcantarillado, instalaciones industriales, tuberías y líneas de transmisión de energía eléctrica, instalaciones deportivas, etc. (ONU, 2009).

#### 4.3.3. Clasificación del sector de la construcción

La OIT, clasifica dentro del sector de la construcción a aquellas empresas públicas y privadas que erigen edificios para viviendas o para fines comerciales e infraestructuras como carreteras, puentes, túneles, presas y aeropuertos (Ringen *et al.* 2001).

La misma OIT (2001), señala 27 de los oficios de la actividad de la construcción, las cuales sirven como antecedente en la adecuación de metodologías de estudio de la exposición por puesto de trabajo (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Diversos oficios dentro de la actividad de la construcción según la OIT (2001).

|                                                                                                                                     |                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>○ Caldereros</li><li>○ Albañiles, hormigonadores, mamposteros</li><li>○ Carpinteros</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>○ Ferrallistas (refuerzos y estructuras)</li><li>○ Peones</li><li>○ Trabajadores de mantenimiento</li></ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Electricistas</li> <li>○ Ascensoristas</li> <li>○ Cristaleros</li> <li>○ Trabajadores de limpieza de materias peligrosas (amianto, plomo, vertidos tóxicos)</li> <li>○ Soldadores (inclusive de terrazo) y colocadores de alfómbra</li> <li>○ Colocadores de cartón-yeso (paredes y placas de techo)</li> <li>○ Instaladores de aislamientos (mecánicos y de suelos, paredes y techos)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mecánicos</li> <li>○ Maquinistas (conductores de grúas y operarios de mantenimiento de maquinaria pesada)</li> <li>○ Pintores, yeseros y empapeladores</li> <li>○ Fontaneros y plomeros</li> <li>○ Techadores</li> <li>○ Planchistas</li> <li>Excavadores de túneles</li> </ul> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Weeks, (2001)

Se señala, en el mismo documento de la OIT, algunos de los riesgos primarios ya identificados por exposición en los diversos oficios especializados del sector de la construcción (Tabla. 4.2), de los cuales cabe destacar los que en el presente trabajo se pudieron observar durante las mediciones realizadas, los siguientes: Albañiles, Soldadores, Carpinteros, Maquinistas, Operarios de martillos neumáticos, gruistas, operadores de maquinaria de excavación y carga, operadores de motoniveladoras y conductores de camión, entre otros que no se mencionan en dicha clasificación.

**Tabla 4.2. Riesgos primarios según área de trabajo en la construcción.**

| Profesiones      | Riesgos                                                                                                                   |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Albañiles</b> | Dermatitis del cemento, posturas inadecuadas, cargas pesadas, inhalación de partículas, exposición a ruido.               |
| <b>Canteros</b>  | Dermatitis del cemento, posturas inadecuadas, cargas pesadas, inhalación de partículas, exposición a ruido y vibraciones. |

|                                                                  |                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Soladores y alicatadores</b>                                  | Vapores de las pastas de adherencia, dermatitis, posturas inadecuadas. Exposición a ruido y vibraciones                                     |
| <b>Carpinteros</b>                                               | Serrín, cargas pesadas, movimientos repetitivos, inhalación de partículas, exposición a ruido y vibraciones.                                |
| <b>Colocadores de cartón-yeso</b>                                | Polvo de yeso, caminar sobre zancos, cargas pesadas, inhalación de partículas, exposición a ruido, posturas inadecuadas                     |
| <b>Electricistas</b>                                             | Metales pesados de los humos de la soldadura, posturas inadecuadas, cargas pesadas, polvo de asbesto                                        |
| <b>Instaladores y reparadores de líneas eléctricas</b>           | Metales pesados de los humos de la soldadura, cargas pesadas, polvo de asbesto, inhalación de partículas, exposición a ruido y vibraciones. |
| <b>Pintores</b>                                                  | Emanaciones de disolventes, metales tóxicos de los pigmentos, aditivos de las pinturas.                                                     |
| <b>Empapeladores</b>                                             | Vapores de la cola, posturas inadecuadas.                                                                                                   |
| <b>Revocadores</b>                                               | Dermatitis, posturas inadecuadas                                                                                                            |
| <b>Fontaneros</b>                                                | Emanaciones y partículas de plomo, humos de la soldadura.                                                                                   |
| <b>Plomeros</b>                                                  | Emanaciones y partículas de plomo, humos de la soldadura, polvo de asbesto                                                                  |
| <b>Montadores de calderas de vapor</b>                           | Humos de soldadura, polvo de asbesto, exposición a ruido y vibraciones.                                                                     |
| <b>Colocadores de alfombra</b>                                   | Lesiones en las rodillas, posturas inadecuadas, pegamentos y sus emanaciones. Inhalación de partículas.                                     |
| <b>Colocadores de revestimientos flexibles</b>                   | Agentes adhesivos e inhalación de sustancias corrosivas                                                                                     |
| <b>Pulidores de hormigón y terrazo</b>                           | Posturas inadecuadas, exposición e inhalación de polvos y partículas, exposición a ruido.                                                   |
| <b>Cristaleros</b>                                               | Posturas inadecuadas, cortaduras.                                                                                                           |
| <b>Colocadores de aislamientos</b>                               | Asbesto, fibras sintéticas, posturas inadecuadas                                                                                            |
| <b>Maquinistas de pavimentadoras, niveladoras y apisonadoras</b> | Emanaciones del asfalto, humos de los motores de gasolina y gasóleo, calor. Exposición a partículas, ruido y vibraciones.                   |
| <b>Operadores de maquinaria de colocación de vías férreas</b>    | Polvo de sílice, calor. Exposición a partículas, ruido y vibraciones                                                                        |
| <b>Techadores</b>                                                | Alquitrán, calor, trabajo en altura.                                                                                                        |
| <b>Colocadores de conductos de</b>                               | Posturas inadecuadas, cargas pesadas, ruido.                                                                                                |

|                                                             |                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>acero</b>                                                |                                                                                         |
| <b>Montadores de estructuras metálicas</b>                  | Posturas inadecuadas, cargas pesadas, trabajo en altura                                 |
| <b>Soldadores (eléctrica)</b>                               | Emanaciones de la soldadura                                                             |
| <b>Soldadores (autógena)</b>                                | Emanaciones metálicas, plomo, cadmio                                                    |
| <b>Barreneros en tierra, en roca</b>                        | Polvo de sílice, vibraciones en todo el cuerpo, ruido.                                  |
| <b>Operarios de martillos neumáticos</b>                    | Ruido, vibraciones en todo el cuerpo, polvo de sílice                                   |
| <b>Maquinistas de hincadoras de pilotes</b>                 | Ruido, vibraciones en todo el cuerpo                                                    |
| <b>Maquinistas de tornos y montacargas</b>                  | Exposición a ruido y vibraciones, contacto con solventes y aceite de engrase.           |
| <b>Gruístas (grúas torre y automóviles)</b>                 | Exposición a ruido y vibraciones, fatiga, aislamiento                                   |
| <b>Operadores de maquinaria de excavación y carga</b>       | Polvo de sílice, histoplasmosis, vibraciones en todo el cuerpo, fatiga por calor, ruido |
| <b>Operadores de motoniveladoras, bulldozers y traíllas</b> | Polvo de sílice, vibraciones en todo el cuerpo, calor, ruido                            |
| <b>Trabajadores de construcción de carreteras y calles</b>  | Emanaciones asfálticas, calor, humos de motores de gasóleo                              |
| <b>Conductores de camión y tractoristas</b>                 | Vibraciones en todo el cuerpo, humos de los motores de gasóleo                          |
| <b>Trabajadores de demoliciones</b>                         | Asbesto, plomo, polvo, ruido y vibraciones                                              |
| <b>Trabajadores que manipulan residuos tóxicos</b>          | Calor, fatiga, posibles intoxicaciones.                                                 |

Fuente: Adaptado, de Ringen, (2001)

El INEGI por su parte, señala en su boletín de prensa Núm. 439/11 del 11 de Noviembre de 2011, que la Construcción, comprende las actividades de edificación residencial, ya sea de vivienda unifamiliar o multifamiliar; a la edificación no residencial, como naves y plantas industriales, inmuebles comerciales, institucionales y de servicios; a la construcción de obras de ingeniería civil, como puentes, carreteras, presas, vías férreas, centrales

eléctricas y puertos; a la realización de trabajos especializados, como cimentaciones, montaje de estructuras prefabricadas, instalación en construcciones de equipos y materiales prefabricados, acabados en edificaciones, demolición, relleno de suelo, movimiento de tierra, excavación, drenado y otras preparaciones a los suelos. Puede tratarse de construcción nueva, ampliación, remodelación, mantenimiento o reparación integral de las construcciones. Incluye también la construcción operativa; a la supervisión y administración de construcción de obras o bien la combinación de construcción con actividades de servicios.

A través del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2007, el INEGI, señala que existen diferencias sustanciales en las clases de equipo, habilidades de la fuerza laboral y otros insumos requeridos por las unidades económicas en el sector de la construcción. Para resaltar esas diferencias y las variaciones subyacentes en la función de producción, este sector está dividido en tres subsectores. Las unidades económicas se dividen inicialmente en dos tipos: aquellas que se hacen cargo de proyectos para cuya realización se requieren varias actividades de construcción y las que se especializan en una sola actividad. Las unidades económicas dedicadas principalmente a la edificación están separadas, a su vez, en edificación residencial y no residencial y se clasifican en el subsector 236, Edificación; en el subsector 237, Construcción de obras de ingeniería civil, se clasifica la construcción de obras de ingeniería civil y los trabajos especializados que requieren habilidades y equipo específicos para obras de ingeniería civil, y en el subsector 238, Trabajos especializados para la construcción, se clasifican las unidades económicas dedicadas principalmente a actividades especializadas necesarias en la construcción de todo tipo de edificios y estructuras, como albañilería, pintura o trabajo eléctrico. Incluye también: unidades económicas dedicadas principalmente a construcción de edificaciones por cuenta propia y en terrenos propios para luego ser vendidas; los servicios de arquitectura o ingeniería en combinación con actividades de construcción; a la instalación de equipo y redes

informáticas, y al desarme de maquinaria y equipo de gran escala (INEGI, 2007).

#### 4.3.4. Relevancia del sector de la construcción

Tal como señala el Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI) en su Encuesta Anual de Empresas Constructoras 2010, con datos del 2009, “el sector de la construcción tiene una importante participación en todos los ámbitos, ya que es un proveedor de bienes de capital fijo necesarios para el funcionamiento cotidiano del país, igualmente contribuye en la creación de infraestructura básica. No se puede omitir la mención de la importancia que tiene el sector construcción en la calidad de vida de una comunidad al ser el principal partícipe en proveer de vivienda y servicios como agua potable, escuelas, hospitales e instalaciones para el esparcimiento de los integrantes de la comunidad” (INEGI, 2010).

En nuestro país se encuentran registradas 19,797 empresas constructoras, de las cuales 1,371 se encuentran en el estado de Jalisco, según señala el INEGI en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2011).

**Tabla 4.3. Personal ocupado (obreros) en el sector de la construcción (2006-2011).**

|                                                       | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      | 2011      |
|-------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Total Nacional Anual</b>                           | 8,292,465 | 8,436,537 | 8,219,984 | 7,726,240 | 7,770,375 | 7,990,411 |
| <b>Total Jalisco Anual</b>                            | 692,422   | 788,772   | 772,464   | 658,474   | 677,083   | 696,738   |
| <b>Porcentaje de Jalisco frente al total nacional</b> | 8         | 9         | 9         | 9         | 9         | 9         |

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional de Empresas Constructoras por año consultado, DENUE, INEGI 2013



#### **4.4. Obra pública**

La Obra Pública, según la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas. (Nueva Ley Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de enero de 2000 Texto Vigente Última reforma publicada DOF 28-05-2009), es definida de la siguiente manera:

“Se consideran obras públicas los trabajos que tengan por objeto construir, instalar, ampliar, adecuar, remodelar, restaurar, conservar, mantener, modificar y demoler bienes inmuebles. Asimismo, quedan comprendidos dentro de las obras públicas los siguientes conceptos:

I. El mantenimiento y la restauración de bienes muebles incorporados o adheridos a un inmueble, cuando implique modificación al propio inmueble;

II. Se deroga (Fracción derogada DOF 28-05-2009).

III. Los proyectos integrales, en los cuales el contratista se obliga desde el diseño de la obra hasta su terminación total, incluyéndose, cuando se requiera, la transferencia de tecnología; (Fracción reformada DOF 28-05-2009);

IV. Los trabajos de exploración, localización y perforación distintos a los de extracción de petróleo y gas; mejoramiento del suelo y subsuelo; desmontes; extracción y aquellos similares, que tengan por objeto la explotación y desarrollo de los recursos naturales que se encuentren en el suelo o en el subsuelo;

V. Instalación de islas artificiales y plataformas utilizadas directa o indirectamente en la explotación de recursos naturales;

VI. Los trabajos de infraestructura agropecuaria;

VII. La instalación, montaje, colocación o aplicación, incluyendo las pruebas de operación de bienes muebles que deban incorporarse, adherirse o destinarse a un inmueble, siempre y cuando dichos bienes sean proporcionados por la convocante al contratista; o bien, cuando

incluyan la adquisición y su precio sea menor al de los trabajos que se contraten, (Fracción reformada DOF 28-05-2009);

VIII. Las asociadas a proyectos de infraestructura que impliquen inversión a largo plazo y amortización programada en los términos de esta Ley, en las cuales el contratista se obligue desde la ejecución de la obra, su puesta en marcha, mantenimiento y operación de la misma, (Fracción reformada DOF 28-05-2009) y

IX. Todos aquellos de naturaleza análoga, salvo que su contratación se encuentre regulada en forma específica por otras disposiciones legales. Corresponderá a la Secretaría de la Función Pública, a solicitud de la dependencia o entidad de que se trate, determinar si los trabajos se ubican en la hipótesis de esta fracción (Fracción adicionada DOF 28-05-2009).

Peña (2010), señala que las obras públicas son los medios cómo se desarrolla un país físicamente, así como son la cara que los mismos muestran. Dichas obras pueden acarrear en las etapas constructivas, ciertas afectaciones tanto laborales, para quienes las ejecutan (trabajadores), como para quienes durante el proceso constructivo estarán cercanos a ellas (vecinos, locatarios y transeúntes), debido a que las características que los trabajos constructivos conllevan, son la generación de ciertas molestias o tanto ambientales como laborales.

Se reconoce que las obras públicas son siempre realizadas pensando en que generarán un beneficio, sin embargo como señala Orozco *et al.* (2009), se debe tomar en cuenta que las condiciones de salud que están asociadas en las etapas constructivas de estas, deberán atenderse ya que se generan condiciones de riesgo a la salud y a la seguridad de la población, por el incremento en los niveles de ruido, proliferación de material particulado, bacterias y malos olores, añadiendo que los trabajadores de las mismas obras son los que de manera directa se exponen a dichas condiciones.

La misma autora refiere que en Guadalajara existen “severas limitaciones en cuanto a planeación, comunicación, organización, salud laboral, protección a automovilistas y transeúntes, asociadas a la obra pública”; que “La población demanda comunicación y cumplimiento en los términos pactados relacionados con las obras” y que “los grandes olvidados en la obra pública son los trabajadores cuya protección para realizar sus actividades está prácticamente ausente o muy limitada”.

En Jalisco se llevan a cabo gran cantidad de obras públicas a lo largo de los años, los municipios que más obras realizan son los del Área metropolitana de Guadalajara, según lo reportan los mismos municipios y el propio gobierno estatal.

En el año 2012, en el Presupuesto de Egresos del Gobierno del Estado de Jalisco, se programó para La Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDEUR), a través del Programa Operativo Anual de Inversión Pública un total de \$5,221,462,200.00 (SEDEUR, 2012). Al contemplarse en este presupuesto 53 obras, de las cuales la mayoría serían realizadas por empresas subcontratadas, las cuales en el caso de obras que tienen que ver con construcción tanto de obras nuevas como remodelaciones o mantenimiento, se realizan por cuadrillas de personal que las mismas empresas constructoras subcontratadas manejan.

#### **4.5. Contaminantes químicos y salud laboral**

A menudo, los riesgos químicos se transmiten por el aire y pueden presentarse en forma de polvos, humos, nieblas, vapores o gases; siendo la exposición de esta manera, suele producirse por inhalación, aunque ciertos riesgos portados por el aire pueden fijarse y ser absorbidos a través de la piel indemne como pesticidas y algunos disolventes orgánicos. Los riesgos químicos también se

presentan en estado líquido o semilíquido como pegamentos o adhesivos, alquitrán, o en forma de polvo como cemento seco (Ringén, 2001).

#### **4.6. Contaminación del aire**

Para la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1998), la contaminación es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico. La contaminación del aire ha contribuido durante mucho tiempo al deterioro de la salud (Bell *et al.* 2010), afectando principalmente a las vías respiratorias de la población expuesta.

Dentro de los contaminantes del aire encontramos a los contaminantes criterio, llamados así por haberse identificado como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos (monóxido de carbono, plomo, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado), los cuales cuentan con guías y normas en nuestro país para la determinación de las concentraciones máximas permitidas en el aire (INE, 2013).

#### **4.7. Las PM<sub>10</sub>**

Son una mezcla compleja de material particulado sólido o líquido suspendido en el aire, con diversas propiedades y de diferente origen (Jacobson, 2002) y con un tamaño aerodinámico menor o igual que 10  $\mu\text{m}$ ; incluye a las partículas finas (con diámetro aerodinámico menor a 2.5  $\mu\text{m}$ ) y gruesas (con diámetro aerodinámico mayor que 2.5  $\mu\text{m}$  pero menor a 10  $\mu\text{m}$ ) (Jackson, 2003). A las partículas finas se les conoce también como respirables, al poder alcanzar las vías respiratorias inferiores y a las partículas gruesas como inhalables, al depositarse a través de todo el aparato respiratorio en función de sus

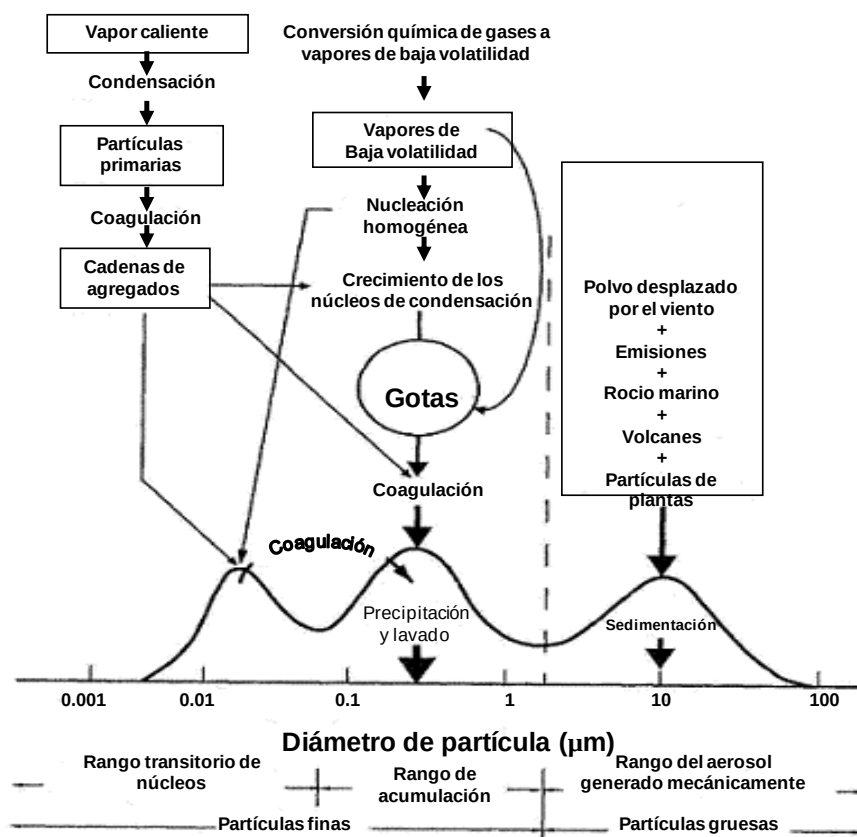
propiedades (fosas nasales, laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos y sacos alveolares del pulmón) (Tzintzun *et al.* 2005).

#### **4.7.1. Fuentes de emisión y procesos de formación de las PM<sub>10</sub>.**

Las partículas suspendidas, entre ellas las PM<sub>10</sub> son emitidas naturalmente por erupciones volcánicas, el aerosol marino, el polvo suspendido, partículas provenientes de las plantas y algunos materiales biológicos o bien pueden ser originadas por fuentes antrópicas como las emisiones vehiculares (Bi *et al.* 2002, Beauchamp *et al.* 2004), las emisiones industriales, la quema de biomasa (Krivácsy *et al.* 2006, Seinfeld y Pandis 2006, Borrego *et al.* 2010) y la minería (Angulo, 2011). En zonas urbanas cobra significativa importancia la emisión de partículas por el desgaste de los neumáticos, caminos de terracería, actividades de excavación y la actividad de la construcción (Jackson, 2003). De acuerdo con los mecanismo de formación, las partículas pueden ser emitidas directamente por procesos de combustión (partículas primarias), con un diámetro generalmente menor a 2.5 µm y frecuentemente menores que 1 µm, o formadas en la atmósfera a través de procesos de conversión (Partículas secundarias), sustancialmente compuestas por sulfatos y nitratos formados por la reacción de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, junto con carbón orgánico y elemental y una gama de metales traza (QUARG, 1993).

#### **4.7.2. Composición de las PM<sub>10</sub>**

La composición química de las PM<sub>10</sub> es compleja, debido a las numerosas fuentes y diferentes procesos que las originan; estas se encuentran en el rango del aerosol generado mecánicamente, de manera particular podemos señalar que, en el sector de la construcción se generan principalmente polvos, a causa del movimiento de tierras, los cuales son desplazados por el viento (Figura 4.1).



**Figura 4.1. Formación de las partículas.** Fuente: Modificado de Finlayson-Pitts y Pitts 2000, Turpin *et al.* 2000, Seinfeld y Pandis 2006.

Las partículas  $PM_{10}$  están compuestas por una fracción inorgánica constituida por sulfatos, amonio, nitrato, sodio, cloruro, metales traza y agua y una fracción orgánica formada por carbono elemental también llamado carbono negro, hollín o grafito (Seinfeld y Pandis, 2006), que es emitido directamente a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles en la industria y para la movilización de vehículos automotores, bien en autopistas o vialidades urbanas; y el carbono orgánico que puede ser el resultado de la adsorción o condensación de gases orgánicos de baja volatilidad sobre las partículas y se encuentra constituido por diferentes clases de compuestos orgánicos como alifáticos (Bi *et al.* 2002), nitro-HAPs (Sierna *et al.* 2005), ácidos dicarboxílicos (Ladji *et al.* 2009), acetonas y quinonas aromáticas (Sierna, 2006), entre otros.

Los estudios realizados en diversas partes del mundo sobre la composición de las PM<sub>10</sub>, sobre todo en las grandes ciudades, también se han enfocado en la determinación de distintos compuestos que pueden estar relacionados con los riesgos a la salud o bien que brinden información sobre las posibles fuentes y procesos de formación de las mismas y que ayuden a complementar su caracterización química, para apoyar el diseño e implementación de estrategias para controlar sus emisiones (Allen *et al.* 2001). De esta manera, la presencia de metales en PM<sub>10</sub> de zonas urbanas, se asocian principalmente con el tráfico vehicular (Sternbeck *et al.* 2002, Lough *et al.* 2005; Handler *et al.* 2008), la actividad industrial por el uso de combustibles fósiles (Alastuey *et al.* 2006), resuspensión de polvo (Vecchi, 2007), construcción (Cheng, *et al.* 2012) y el material geológico (Querol *et al.* 2004, Viana *et al.* 2007, Amato *et al.* 2009). Sin embargo, la contribución de cada una de estas fuentes depende de distintos factores como los procesos de transporte y dispersión y las condiciones atmosféricas de las zonas urbanas objeto de estudio (*et al.* 2002).

#### **4.7.3. Efectos a la salud por exposición a PM<sub>10</sub>**

A las PM<sub>10</sub> se les considera capaces de bloquear los mecanismos de defensa del aparato respiratorio, además de las propiedades tóxicas o genotóxicas de los componentes de las partículas, otro factor que podría explicar los efectos a la salud son las características de depositación en función de su diámetro en las distintas regiones del tracto respiratorio. La depositación de la fracción de PM<sub>10</sub> en las regiones pulmonar y traqueobronqueal puede ser bastante significativa, por lo que algunos efectos a la salud pueden estar asociados también con estas partículas. El depósito, en las porciones superiores del sistema respiratorio es dominado principalmente por partículas gruesas que son fácilmente expulsadas por los mecanismos de limpieza en la nariz y vías respiratorias superiores, sin embargo, en las vías inferiores como la región alveolar, donde se produce el intercambio de gases, los mecanismos de limpieza son más lentos debido a que esta región se encuentra descubierta de la mucosa protectora, por lo tanto el

tiempo de eliminación de las partículas depositadas es mayor que en el tracto respiratorio superior provocando un potencial incremento sobre los efectos la salud (Phalen, 1984).

Los efectos sobre la salud por exposición a partículas  $PM_{10}$  tanto por exposición aguda como prolongada, pueden causar diferentes afecciones como: irritación de ojos y vías respiratorias, infecciones, congestión nasal, sinusitis, alergias, resfrío, tos, ronquera, faringitis, amigdalitis, laringitis, bronquitis, neumonía, asma, bronquiectasias, silicosis, asbestosis y hasta cáncer pulmonar, dolencias cardiovasculares y muertes prematuras entre otras (Aldunate *et al.* 2006).

Las partículas suspendidas, principalmente aquellas con tamaños inferiores a los 10 micrometros ( $PM_{10}$ ), causan daños severos al penetrar hasta las áreas más pequeñas y sensibles de las vías respiratorias, agravando los síntomas de las frecuentes enfermedades de pulmones y sistema respiratorio; este daño es superior en los pobladores de ciudades y en regiones ubicadas cerca de industrias y en grandes asentamientos humanos (García *et al.* 2009). La exposición a contaminantes del aire entre ellas el material particulado fino y grueso como las  $PM_{10}$  ha también sido asociado con la reducción de la expectativa de vida (Brunekreef 1997, Kampa y Castanas 2007).

Existe evidencia que apoya la asociación entre partículas  $PM_{10}$  con diferentes causas de mortalidad diaria, como lo son las respiratorias totales, cardiovasculares totales y cardiorrespiratorias, (Sanhueza *et al.* 2006).

Según la Organización Mundial de la Salud, la exposición a las partículas respirables supone graves riesgos para la salud de la población en metrópolis tanto de países desarrollados como en desarrollo, señalando que es posible establecer una relación cuantitativa entre el nivel de contaminación y parámetros como la mortalidad o la morbilidad (OMS, 2006). Esto ha sido confirmado a través de diversos estudios, los cuales han encontrado asociación



significativa entre el incremento de concentraciones de partículas finas y el aumento de las causas de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cáncer de pulmón (Pope, 2002). El riesgo podría estar relacionado más directamente con los componentes de las partículas ya que se ha sugerido que la presencia de componentes orgánicos como HAPs (Hidrocarburo Aromáticos Policíclicos) podrían ser en parte responsables por el desarrollo de cáncer (IARC, 2010) o bien sus derivados nitrados y oxigenados los cuales han sido relacionados con efectos mutagénicos demostrados a través de modelos biológicos de prueba (Binková, 2003) o ensayos *in vitro* (Durant, 1996). Mientras que otros estudios han demostrado el desarrollo de estrés oxidativo inducido por la presencia de ROS (especies reactivas oxigenadas), las cuales pueden producir cambios en el estado REDOX (Reducción-Oxidación) de las células a través de su habilidad para realizar transferencias de electrones y así formar enlaces covalentes con tejidos de macromoléculas que inactivan las proteínas celulares. Este efecto se ha asociado con la presencia de quinonas aromáticas (Fenoglio *et al.* 2000, Fernández *et al.* 2008) y metales de transición (Dellinger *et al.* 2001). Igualmente se ha encontrado relación positiva entre la presencia de metales de transición solubles (Gao *et al.*, 2002) y la citotoxicidad inducida por partículas (Muller *et al.* 2001, Tong *et al.* 2002 y daño al ADN (Kok *et al.* 2006).

#### **4.8. Contaminantes físicos y salud ocupacional**

Dentro de los contaminantes que afectan a la salud de los trabajadores de la construcción, encontramos al ruido, el cual se incluye dentro de los riesgos a la salud por exposición física, junto al calor y el frío, las radiaciones, las vibraciones y la presión barométrica (Weeks, 2001).

#### 4.8.1 Ruido, contaminante presente en el sector de la construcción

Dentro de los factores ambientales que afectan la salud y la seguridad de los trabajadores, el ruido es uno de los contaminantes de mayor peligro, ya que es la principal enfermedad del trabajo reportada en nuestro país, así como la principal causa de incapacidad permanente (IMSS, 2013).

En el caso particular del sector de la construcción, “la maquinaria que ha transformado la construcción en una actividad cada vez más mecanizada, también la ha hecho mucho más ruidosa (Weeks, 2001), siendo este prácticamente compañero de casi todas las actividades que se realizan con herramientas, maquinaria y vehículos de carga, afectando no sólo a aquel que hace uso de la herramienta, equipo o vehículo que hace ruido, sino también a todos los que se encuentran cercanos a él, pudiendo ser no solo los propios compañeros de trabajo, si no los vecinos y transeúntes refiriéndonos a obras públicas.

#### 4.8.2. Ruido ocupacional y ruido ambiental

El Centro de Protección de los Derechos de los Trabajadores (CPWR por sus siglas en inglés The Center to Protect Workers Rights, 2003), señala que la mayoría de los ruidos de la construcción provienen de los equipos utilizados y señala los más comunes y su nivel de ruido alcanzado (Tabla, 4.4).

**Tabla 4.4. Ruido de diversos equipos usados en la construcción**

| <b>Equipo</b>             | <b>Decibeles (A)</b> | <b>Equipo</b>        | <b>Decibeles (A)</b> |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Martillo neumático        | 103-113              | Aplanadora de tierra | 90-96                |
| Perforador neumático      | 102-111              | Grúa                 | 90-95                |
| Sierra de cortar concreto | 99-102               | Martillo             | 87-95                |

|                    |        |                     |       |
|--------------------|--------|---------------------|-------|
| Sierra industrial  | 88-102 | Niveladora          | 87-94 |
| Soldador de pernos | 101    | Cargador de tractor | 86-94 |
| Bulldozer          | 93-96  | Retroexcavadora     | 84-93 |

Fuente CPWR, 2003.

El ruido ambiental se define como: El sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte y por emplazamientos de actividades industriales (Criado *et al.* 2005).

#### **4.8.3. Ruido y efectos a la salud**

La pérdida de la audición por ruido se debe al traumatismo del epitelio sensorial de la cóclea. Este epitelio queda comprimido entre la hilera interna de las células ciliadas y las tres hileras externas de las mismas células que se apoyan en células de sostén (células de Hasen y Deiter). La lesión más evidente es en los estereocilios de las células ciliadas internas y en las externas (que son los transductores electromecánicos de la energía del sonido) que se distorsionan o incluso se alteran con fuerzas acústicas que desgarran la membrana y afectan estructuras del órgano de Corti.

La intensidad del ruido tiene relación directa con la presión mecánica que se transmite al tímpano, aunque la frecuencia del sonido y otras características determinan el efecto degradante sobre el desempeño laboral.

La susceptibilidad a la pérdida de la audición por ruido es muy variable ya que algunos sujetos toleran niveles muy altos de ruido por periodos prolongados, otros, sometidos al mismo grado de ruido ambiental, pierden la audición con mayor rapidez.

Se ha demostrado que la exposición constante a altos niveles de ruido no sólo trae como consecuencia la pérdida auditiva, sino que también reduce la capacidad de concentración, incrementando por tanto el costo de realizar una actividad en específico; a su vez predispone al trabajador a un estado más irritable luego de la actividad laboral, impidiendo un descanso y recuperación adecuados (Otárola M.F. *et al* 2006)

#### **4.9. Instrumentos y normativa internacional e internacional respecto a la protección de la salud laboral por exposición a PM<sub>10</sub> y ruido.**

##### **4.9.1. Instrumentos internacionales.**

Es relevante mencionar que queda bien definido el derecho fundamental de cada trabajador al más alto nivel posible de salud, tanto en la Constitución de la OMS (1946), la Declaración de Alma Ata sobre Atención Primaria de Salud (1978), la Estrategia Mundial sobre Salud para Todos en el año 2000 (1981), así como se señala sin lugar a duda como principio rector de la propia Organización internacional del trabajo (OIT, 2009). Es necesario apegarse al cumplimiento de dicho derecho, a través de las adecuadas formas de protección laboral, uso de equipos y herramientas, así como todos aquellos instrumentos legales que permitan garantizar que se estén llevando a cabo de manera permanente las acciones que permitan lograr sobre todo en el ámbito gubernamental lograr la meta propuesta.

La tabla 4.5 muestra extractos de los instrumentos internacionales, que señalan la evidencia de la relevancia que tiene la protección de la salud del trabajador en el ámbito internacional.

**Tabla 4.5. Instrumentos internacionales a favor de la protección de la salud laboral.**

| Instrumento                                                                               | Aporte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constitución de la OIT (1919)                                                             | “Considerando que la paz universal y permanente sólo puede basarse en la justicia social; y considerando que existen condiciones de trabajo que entrañan tal grado de injusticia, miseria y privaciones para gran número de seres humanos, que el descontento causado constituye una amenaza para la paz y armonía universales; y considerando que es urgente mejorar dichas condiciones, por ejemplo,... la protección del trabajador contra las enfermedades, sean o no profesionales, y contra los accidentes del trabajo.”                                                                                                |
| Declaración Universal de Derechos Humanos, Naciones Unidas, (ONU)1948                     | Art. 25. “Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar.....”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Constitución de la Organización Mundial de la Salud (OMS,1948)                            | “La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Pacto internacional de Derechos Económicos, sociales y culturales (Naciones Unidas, 1976) | “Reconocen el derecho de toda persona al goce de condiciones de trabajo equitativas y satisfactorias que le aseguren; en especial, la seguridad y la higiene en el trabajo; el derecho de toda persona al disfrute del más alto nivel posible de salud física y mental, en particular, el mejoramiento en todos sus aspectos de la higiene del trabajo y del medio ambiente; La prevención y el tratamiento de las enfermedades epidémicas, endémicas, profesionales y de otra índole, y la lucha contra ellas; La creación de condiciones que aseguren a todos asistencia médica y servicios médicos en caso de enfermedad.” |
| Salud de los trabajadores: plan de acción                                                 | Objetivo 4. Proporcionar datos probatorios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>mundial 60ª Asamblea Mundial de la Salud (OMS, 2007).</p>                        | <p>para fundamentar las medidas y las prácticas. Es necesario desarrollar sistemas para vigilar la salud de los trabajadores a fin de identificar y controlar exactamente los peligros laborales. esto incluye el establecimiento de sistemas nacionales de información; el desarrollo de las capacidades para evaluar la carga de morbilidad derivada de las enfermedades y lesiones ocupacionales; la creación de registros de exposición a los principales riesgos, accidentes del trabajo y enfermedades ocupacionales; y el mejoramiento de la notificación y detección temprana de tales accidentes y enfermedades.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Declaración de Seúl sobre Seguridad y Salud en el Trabajo (OIT/ AISS, 2008).</p> | <p>Recordando que el derecho a un medio ambiente de trabajo seguro y saludable debe ser reconocido como un derecho humano fundamental y que la globalización debe ir acompañada de medidas preventivas para garantizar la seguridad y salud de todos en el trabajo...</p> <p>Declara que</p> <p>El progreso continuo de la seguridad y salud en el trabajo debería ser promovido mediante la introducción de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo que incluyan el desarrollo de una política nacional que tenga en cuenta los principios de la parte II del Convenio sobre la Seguridad y Salud de los Trabajadores, 1981 (núm.155) de la OIT.</p> <p>Afirmando el derecho de los trabajadores a un medio ambiente de trabajo sano y saludable, los trabajadores deberían ser consultados sobre cuestiones que afecten a la seguridad y salud; y deberían: Seguir las instrucciones sobre seguridad y salud y sus procedimientos, incluido el empleo de equipo de protección</p> |

|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                        | personal.                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Salud y vida en el trabajo: Un derecho humano fundamental (OIT, 2009)                                  | La recopilación de datos estadísticos sobre la incidencia y prevalencia de las lesiones y los problemas de salud debidos a accidentes y exposiciones peligrosas también reflejan las áreas en las que es prioritario intervenir y adoptar medidas de prevención. |
| Convenio de la OIT sobre el Marco Promocional para la Seguridad y Salud en el trabajo, 2006 (núm. 187) | “Todo Miembro deberá promover e impulsar, en todos los niveles pertinentes, el derecho de los trabajadores a un medio ambiente de trabajo seguro y saludable.”                                                                                                   |

Fuente: Modificado de OIT,

#### 4.9.2. Normatividad internacional.

Para la protección de la salud del trabajador encontramos en el ámbito internacional en el caso de la exposición a las PM<sub>10</sub>, metales y ruido, las normas que se presentan en la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6. Acuerdos internacionales en materia de exposición a las PM<sub>10</sub>, metales y ruido.**

| Instrumento                                                                                                                                                                                                                                                                       | Niveles recomendados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reunión de expertos sobre el ruido y las vibraciones en los lugares de trabajo, repertorio de recomendaciones prácticas protección de los trabajadores contra el ruido y las vibraciones en los lugares de trabajo (según aprobado por la reunión de expertos)<br>OIT Turín, 1974 | <p>4.2 Disminución de la capacidad auditiva</p> <p>4.2.2 A la luz de los conocimientos actuales, pueden recomendarse los valores siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) límite de alerta: 85 dB (A);</li> <li>b) b) límite de peligro: 90 dB (A).</li> </ul> <p>4.3. Disposiciones especiales</p> <p>4.3.2. Cualquiera que sea el tiempo de permanencia en el lugar, ningún trabajador debería penetrar en una zona donde el nivel sonoro sea igual o superior a 115 dB</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>(A) sin protección auditiva adecuada.</p> <p>4.3.4. Ningún trabajador debería penetrar en una zona donde el nivel sonoro exceda de 140 dB (A).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.</p> <p>Actualización mundial 2005 (OMS, 2006).</p>                                                                                            | <p>PM<sub>10</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup>, media anual</p> <p>50 µg/m<sup>3</sup>, media de 24 horas</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Real decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE N° 60° 11/03/2006.</p> <p>REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo</p> <p>BOE nº 60, de 22 de marzo</p> | <p>5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.</p> <p>1. A los efectos de este Real Decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:</p> <p>a) Valores límite de exposición: LAeq, d = 87 dB(A) y Lpico = 140 dB (C), respectivamente;</p> <p>b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: LAeq, d = 85 dB(A) y Lpico = 137 dB(C), respectivamente;</p> <p>inferiores de exposición que dan lugar a una acción: LAeq,d = 80 dB(A) y Lpico = 135 dB(C), respectivamente.</p> |

Fuente: elaboración propia con datos de OIT 1994, OIT 2006 y España 2006.



#### 4.9.3. Aspectos legales en el ámbito nacional que regulan las emisiones de los contaminantes, partículas suspendidas y ruido.

En nuestro país se cuenta con la protección de los trabajadores a través de la Ley Federal del Trabajo, de los trabajadores del sector de la construcción, así como de la población en general (Tabla 4.7), las cuales vale la pena analizar y hacer cumplir para garantizar el adecuado uso de las mismas, a continuación señalo las que tienen relación y de este sector a través de leyes y normas, así como otras más que de manera indirecta protegen la integridad de las personas:

#### 4.7. Ley Federal del Trabajo

|                                                                                                                                           | Objetivo                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LEY FEDERAL DEL TRABAJO, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de abril de 1970, última reforma publicada DOF 17-01-2006. | La cual es fundamento legal para que se propicien las condiciones adecuadas de protección a la integridad y salud a los trabajadores. |
|                                                                                                                                           |                                                                                                                                       |

Fuente: Elaboración propia con datos de LFT (2012), México, 2006.

En cuanto a la normatividad nacional encontramos que los esfuerzos por atender y disminuir aquellos efectos a la salud por exposición a contaminantes tales como PM<sub>10</sub>, metales y Ruido, encontramos los siguientes instrumentos normativos

**Tabla 4.8. Normatividad Nacional.**

|                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001 “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido”. | Que tiene como objetivo, establecer las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que por sus características, niveles y tiempo de acción, sea |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación y la implementación de un programa de conservación de la audición.                                                                                    |
| Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011<br>Construcción-condiciones de seguridad y salud en el trabajo.                                                                                                                                                                                                                                                             | Que tiene como objetivo, establecer las condiciones de seguridad y salud en el trabajo en las obras de construcción, a efecto de prevenir los riesgos laborales a que están expuestos los trabajadores que se desempeñan en ellas.                                                                              |
| NOM-080-SEMARNAT-1994<br>Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, expresados en dB(A), y el método de medición, el cual es estático y debe realizarse en centros de verificación                                                  | Que tiene como objeto, establecer los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, expresados en dB(A), y el método de medición, el cual es estático y debe realizarse en centros de verificación. |
| Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994<br>Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.                                                                                                                                                                                                      | Que tiene como objeto establecer los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de las fuentes fijas y el método de medición por el cual se determina su nivel emitido hacia el ambiente.                                                                                     |
| Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993<br>"Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiental, con respecto a las partículas menores de 10 micras (PM <sub>10</sub> ). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (PM <sub>10</sub> ) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población". | Que establece el valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente.                                                                                                                                                                                                 |

Fuente: elaboración propia con datos de SSA (1993), STPS (2001, 2011), SEMARNAT (1993, 1994).

#### **4.9. La percepción en estudios ambientales**

La percepción es el conocimiento directo, no conceptual de los objetos físicos (Echegoyen, 2013), siendo herramienta. Desde los inicios, de la psicología ha hecho uso de los estudios de percepción como instrumento que permite recabar la percepción de las personas ante determinado tema de interés, la percepción social del riesgo tiene su origen en un proceso de orden cultural, tiene lugar cuando el perceptor convierte la información recibida, codificándola para posteriormente responder (Lezama, 2000).

Los estudios de percepción, contribuyen actualmente por sus aportaciones a la toma de decisiones en materia ambiental, debido a la posible gama de posturas ante un problema, es decir que este puede ser visualizado desde la realidad del individuo desde un estado subjetivo, a través del cual se realiza una abstracción del mundo externo o de hechos relevantes (Oviedo, 2004).

La percepción es vista como la formulación de juicios sobre la realidad (Vargas, 1994). En ambientes laborales resulta prudente considerar este tipo de instrumentos para determinar el grado de riesgo al que se encuentran los trabajadores, ya que depende en gran medida de la percepción del mismo trabajador la manera en que se va a enfrentar a un posible riesgo.

Es importante resaltar que siendo la construcción una de las más riesgosas industrias (Mohamed S *et al.*, 2009), es importante realizar diferentes acciones que permitan ejecutar las labores ahí requeridas, de la manera más segura posible, de ahí la importancia de partir desde la propia percepción del trabajador, para forjar estrategias que le permitan garantizar su integridad.

## 5. Descripción del área de estudio.

El presente trabajo se realizó en obras públicas ejecutadas durante los años 2012 y 2013 de los municipios de Zapopan y Tlaquepaque, los cuales forman parte de la Región Centro del Estado de Jalisco y a su vez forman parte del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), junto a los municipios de Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos y Guadalajara. (Figura 5.1). La tabla 5.1 muestra la descripción de las características geográficas y demográficas principales de los municipios donde se encuentra el área de estudio.



Fuente: portal oficial del Gobierno del Estado de Jalisco. 2012

**Figura 5.1.** Localización de los municipios de estudio.

**Tabla 5.1.** Principales características geográficas y demográficas de los municipios de Zapopan y Tlaquepaque.

| <b>Municipio</b>                                      | <b>Zapopan</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Tlaquepaque</b>                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Coordenadas</b>                                    | Entre los paralelos 20°35' y 21°00' de latitud norte; los meridianos 103°18' y 103°40' de longitud oeste; altitud entre 800 y 2 200 m.                                                                                                                                                                          | Entre los paralelos 20°32' y 20°39' de latitud norte; los meridianos 103°14' y 103°28' de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 1 800 m.                                                                                                            |
| <b>Colindancias</b>                                   | Colinda al norte con los municipios de Tequila, San Cristóbal de la Barranca e Ixtlahuacán del Río; al este con los municipios de Ixtlahuacán del Río y Guadalajara; al sur con los municipios de Guadalajara, Tlajomulco de Zúñiga y Tala; al oeste con los municipios de Tala, El Arenal, Amatitán y Tequila. | Colinda al norte con los municipios de Zapopan, Guadalajara y Tonalá; al este con los municipios de Tonalá y El Salto; al sur con los municipios de El Salto y Tlajomulco de Zúñiga; al oeste con los municipios de Tlajomulco de Zúñiga y Zapopan. |
| <b>Porcentaje de superficie a ocupar en el estado</b> | Ocupa el 1.48% de la superficie del estado.                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ocupa el 0.14% de la superficie del estado.                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Rango de temperatura</b>                           | 16 – 26°C                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 18 – 22°C                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Rango de precipitación</b>                         | 800 – 1 200 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 800 – 1 000 mm                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Clima</b>                                          | Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (81.98%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (16.26%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (1.76%)                                                                                                    | Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (100%).                                                                                                                                                                                |
| <b>Población total (2010)</b>                         | 1'243,756                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 608,114                                                                                                                                                                                                                                             |

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2009 (2013).

De manera particular, el presente trabajo se desarrolló en dos obras públicas dentro del municipio de Zapopan y una en el municipio de Tlaquepaque (Tabla 5.2)

**Tabla 5.2.** Sitios seleccionados para su monitoreo.

| <b>Obra</b>                                                          | <b>Ubicación</b>                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nodo vial avenida Juan Palomar Arias con el Periférico.</b>       | <b>Av. Periférico Oriente Manuel Gómez Morín y Juan Palomar Arias.<br/>Municipio Zapopan, Jalisco.</b> |
| <b>Construcción de solución vial Av. Vallarta – Avenida Central.</b> | <b>Av. Vallarta y Avenida Central, Municipio de Zapopan.</b>                                           |
| <b>Retorno deprimido en Periférico en la zona de El Mante.</b>       | <b>Av. Periférico Sur, entre Camino al ITESO y López Mateos.</b>                                       |

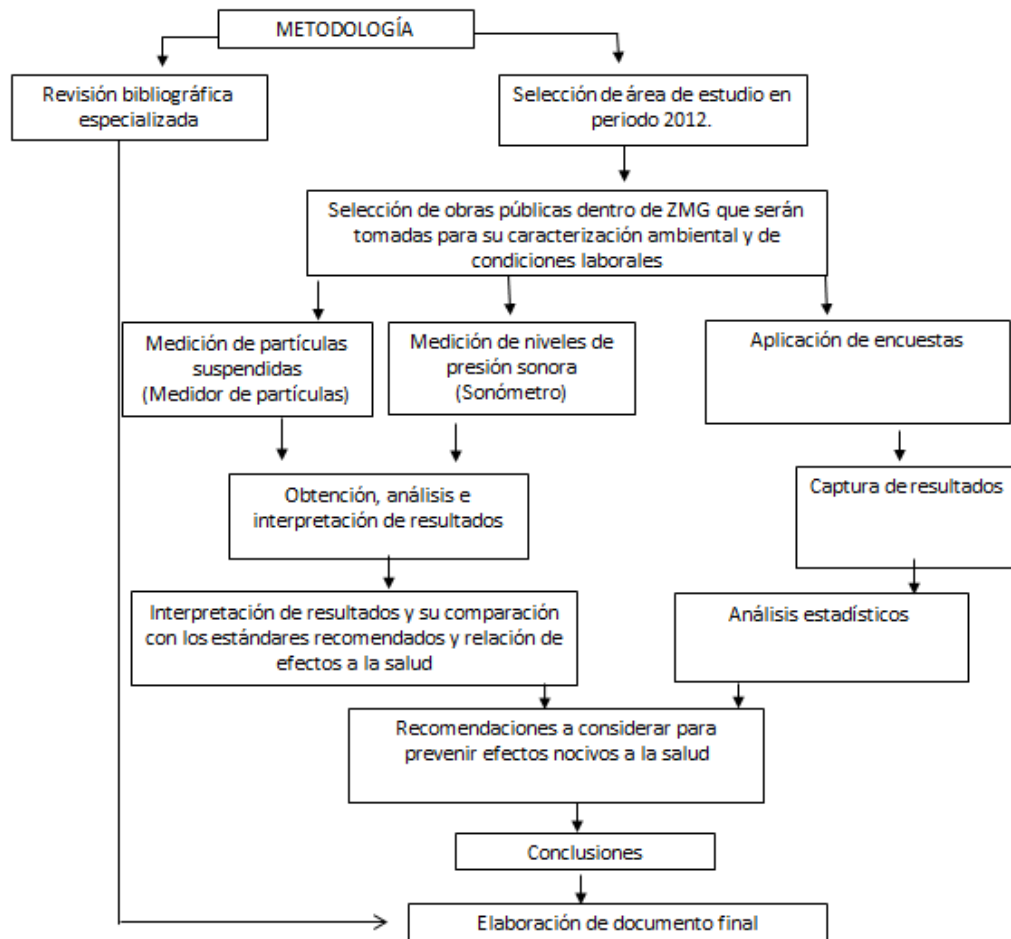
Fuente: elaboración propia con datos del Presupuesto de Egresos 2012. Programa Operativo Anual de Inversión Pública SEDEUR. 2012.

## 6. Metodología

### 6.1. Tipo de estudio.

La presente investigación es observacional, descriptiva cuantitativa, ya que la realidad no cambia por las observaciones y mediciones realizadas (Hernández, 2010), así como transversal, al comprender un periodo de tiempo determinado.

La figura 6.1 muestra el diagrama metodológico del trabajo realizado.



**Figura 6.1.** Diagrama metodológico. (Fuente: elaboración propia 2012.)

## 6.2. Criterios de selección de sitios de muestreo.

- Que formara parte del Área Metropolitana de Guadalajara.
- Que la obra se realizara en el periodo de tiempo seleccionado (2012-2013).
- Que fuera posible el acceso a las obras, es decir que no representaran un riesgo tanto al equipo como a la propia seguridad de la persona que realizó el estudio.

**Tabla 6.1.** Descripción de los sitios donde se realizaron las mediciones

| Obra                                                                 | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nodo vial avenida Juan Palomar Arias con el Periférico.</b>       | Se ubica en los cruces de Av. Juan Palomar-Periférico Norte-Av. Paseo Valle Real, del Municipio de Zapopan, Jalisco, a una altura sobre el nivel de mar promedio de 1613 metros. La obra se llevó a cabo prácticamente en una zona no habitacional; para tener acceso a los comercios, los cuales son escasos. Acceso limitado. La zona se encontraba arbolada al inicio de la obra habiendo sido removidos algunos ejemplares de los géneros <i>Eucalyptus</i> y <i>Ficus</i> para realizar el paso a desnivel y ampliación de la Calle Juan Palomar en su cruce con el propio Periférico Norte..                                                                                                                                         |
| <b>Construcción de solución vial Av. Vallarta – Avenida Central.</b> | Se ubica en los cruces de av. Vallarta con la Av. central del Municipio de Zapopan, Jalisco, a una altura sobre el nivel de mar promedio de 1664 metros.<br>Se trata de la construcción de un paso a desnivel de 400 metros de longitud en los carriles centrales de la avenida Vallarta a la altura de la avenida central. La obra se lleva a cabo en una zona habitacional próxima a la carretera a Nogales la cual pretende dar fluidez al tráfico vehicular, siendo parte del corredor Vallarta-Lázaro Cárdenas. En esa zona de la Avenida Vallarta, se encuentran ubicados comercios de diversos giros, siendo una zona poco transitada por peatones al ser de difícil acceso y poca seguridad, sobre todo cuando se realizó la obra. |
| <b>Retorno deprimido en</b>                                          | Se ubica en las inmediaciones del periférico sur en sus cruces con Avenida camino al ITESO y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Periférico en la zona de El Mante.</b> | Avenida el Mante en el Municipio de Tlaquepaque, Jalisco, a una altura sobre el nivel de mar promedio de 1623 metros.<br>Se trata de la construcción de un Nodo vial, carriles laterales y ciclovía que forman parte de las acciones establecidas en el Plan Maestro de Movilidad Integral del estado de Jalisco en la Zona Sur del AMG. Aledaño a la obra se encuentran industrias y un centro escolar. |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente elaboración propia con datos de Google Earth 2013 y observación directa.

### 6.3. Operacionalización de Variables.

**Tabla 6.2.** Operacionalización de Variables.

| Variable                                | Tipo         | Definición conceptual                                                                                 | Indicadores                                                                  | Unidades                                      | Instrumento                       | Fuente               |
|-----------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| PM <sub>10</sub>                        | Cuantitativa | Material particulado suspendido en el aire con diámetro aerodinámico igual o menor q 10 µm            | Concentración atmosférica                                                    | µg m <sup>-3</sup>                            | Microvol y balanza microanalítica | Muestreos en campo   |
| Metales en las PM <sub>10</sub>         | Cuantitativa | Elementos metálicos asociados al material particulado con diámetro areodinamico igual o menor a 10 µm | Concentración atmosférica                                                    | ng m <sup>-3</sup>                            | Microvol ICP-Masas                | Muestreos en campo   |
| Ruido                                   | Cuantitativa | Todo sonido indeseable que molesta o perjudica a las personas.                                        | Nivel de presión sonora generado en el establecimiento de las obras públicas | dB A)                                         | Sonómetro                         | Muestreos en campo   |
| Percepción de las condiciones laborales | Cualitativo  | Percepción de afectaciones a la salud por exposición a contaminantes                                  | Encuesta directa                                                             | Presencia y ausencia Categorías de respuesta. | Cuestionario aplicado             | Formatos de registro |
| Condiciones laborales                   | Cuantitativa | Condiciones laborales con las que operan los trabajadores                                             | observación directa                                                          | Presencia y ausencia de equipo de protección  | Bitácora                          | Formato de registro  |

|  |  |                                                         |  |  |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------|--|--|--|--|
|  |  | (uso o no de protección a oídos y aparato respiratorio) |  |  |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------|--|--|--|--|

Fuente: elaboración propia 2013

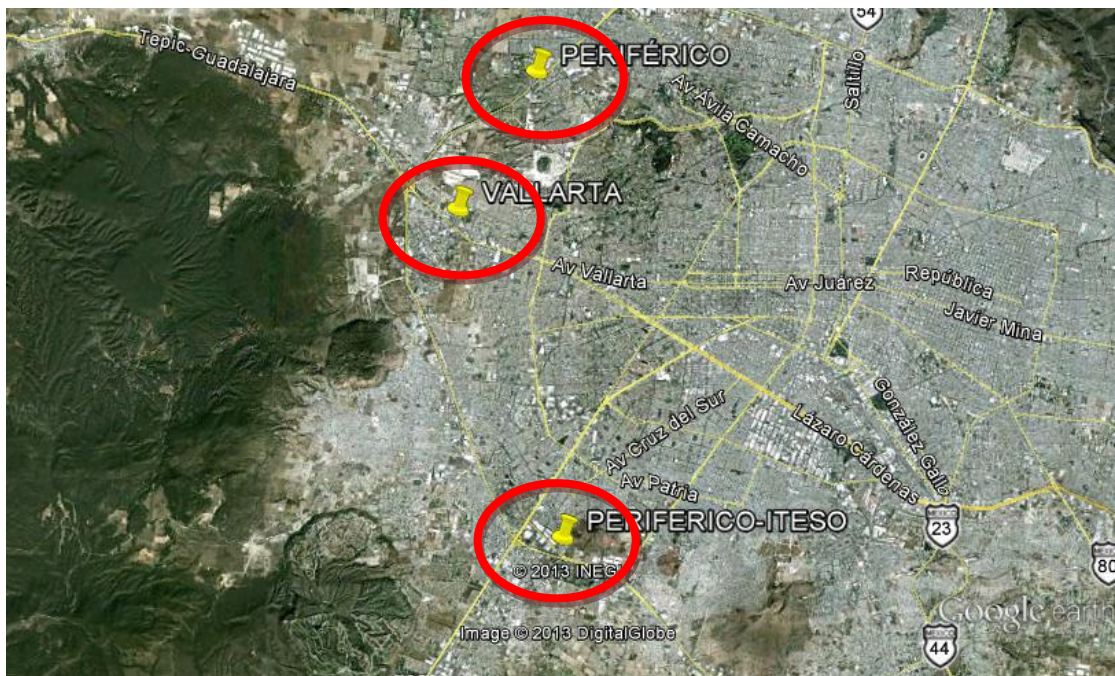
## 6.4. Métodos

En este apartado se presentan cada una de las fases metodológicas empleadas con la finalidad de cubrir los objetivos planteados.

### 6.4.1. Determinación de las concentraciones atmosféricas de PM<sub>10</sub>.

#### 6.4.1.1. Selección de sitios y ubicación.

Las Partículas suspendidas PM<sub>10</sub> se colectaron en las tres obras durante y posterior a la realización de obras públicas dentro al Área Metropolitana de Guadalajara, de manera particular, en Zapopan, Nodo vial avenida Juan Palomar Arias con el Periférico y Solución vial Av. Vallarta – Avenida Central; y en Tlaquepaque, Retorno deprimido en Periférico Sur en la zona de El Mante (Figura 6.2).



**Figura 6.2. Ubicación de las obras en el Área Metropolitana de Guadalajara**

Fuente: Google Earth 2013.

#### **6.4.1.2. Muestreo de las $PM_{10}$**

La colecta de las  $PM_{10}$  se realizó con un MicroVol-1100 (ECOTECH) (Figura 6.3), sobre filtros de teflón de 47 mm de diámetro (Millipore) en periodos de 8 horas a un promedio de 3 litros de aire capturado por minuto (Anexo 1).



**Figura 6.3.** Equipo Micro vol-1100 (ECOTECH).

#### **6.4.1.3. Análisis gravimétrico de partículas**

Los filtros se acondicionaron previamente por 24 horas, para llevarlos a peso constante, en condiciones controladas de temperatura ( $20^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ) y humedad Relativa ( $40\% \pm 5\%$ ); se utilizó una balanza microanalítica SE2F (Sartorius) (Figura 6.4) y posteriormente se almacenaron en cajas petri individuales selladas con Parafilm y protegidas en bolsa plástica sellable (Ziploc), para su posterior traslado a los sitios de muestreo. Una vez expuestos, los filtros se almacenaron y estabilizaron bajo las mismas condiciones iniciales para ser pesados nuevamente y obtener por diferencia la masa de las  $\text{PM}_{10}$  colectadas (Saldarriaga-Noreña *et al.* 2011). Finalmente se calculó la concentración atmosférica de partículas ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) con la masa ( $\mu\text{g}$ ) y el volumen de muestreo ( $\text{m}^3$ ).



**Figura 6.4.** Balanza Microanalítica SE2F (Sartorius) para pesaje de filtros bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.

#### **6.4.1.4. Análisis Estadístico.**

Obtenidas las concentraciones de los muestreos realizados, se construyó una base de datos y se aplicaron las pruebas estadísticas U de Mann Whitney (para comparar dos medianas) y Kruskal-Wallis (para comparar más de 2 medianas). En estas pruebas, la hipótesis nula ( $H_0$ ) supone que todas las medianas son iguales y la hipótesis alterna ( $H_a$ ) que al menos una de ellas difiere de la otra (s); si el valor de probabilidad calculado ( $p$ ) es menor que 0.05,  $H_0$  se rechaza y se acepta la  $H_a$ . El análisis se realizó con el programa STATISTICA 6.0 para evaluar la variación de las medianas de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos entre y dentro de distintas etapas (durante y posterior) de las obras.

#### **6.4.1.5. Método de análisis para la determinación de metales en PM<sub>10</sub>.**

La metodología para la determinación de los metales en partículas, se adaptó del trabajo de Saldarriaga *et al.* (2009). De esta manera, los filtros de teflón con las PM<sub>10</sub>, una vez realizada la gravimetría, se sumergieron y se cubrieron totalmente con una mezcla de HNO<sub>3</sub> - HCl (2.5 M y 0.5 M), luego se realizó la extracción en un baño de ultrasonido (Branson) por tres horas a 65 °C; posteriormente el extracto ácido se pasó a través de una fibra de Nylon de 0.45 µm (Millipore), utilizando una jeringa de polipropileno (National Scientific) y se almacenaron en viales de polipropileno a 4 °C hasta su análisis.

La identificación y cuantificación de los elementos seleccionados (Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, y Pb), cuyas curvas de calibración fueron preparadas en un rango de concentración de 1 a 100 ng ml<sup>-1</sup> con un coeficiente de determinación igual o mayor que 0.999, se realizó en un ICP-MS (Perkin Elmer). En este equipo los elementos en el extracto ácido son atomizados e ionizados en un plasma a alta temperatura, posteriormente son dirigidos hacia un espectrómetro de masas que los separa en función de su relación masa/carga. Finalmente los iones coinciden en un detector que realiza un conteo y amplifica la señal que es proporcional a la concentración de los elementos en la muestra (Skoog *et al.* 2001).

La validación de las determinaciones de los metales, se realizó con el material de referencia certificado SRM 1648a del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, Gaithersburg, MD, USA), el cual se extrajo por duplicado en cada lote de análisis, y que certifica la concentración de los elementos de interés en material particulado (Anexo 2).

#### **6.4.1.6. Factor de Enriquecimiento para los metales en PM<sub>10</sub>.**

El Factor de enriquecimiento (FE) es un cociente que relaciona los niveles de metales en aire respecto a valores de referencia en la corteza terrestre que se utiliza para evaluar el aporte relativo por fuentes antrópicas y naturales a las concentraciones de elementos contenidos en el material particulado (Gao, *et al.* 1992). El FE de cada metal en el presente estudio se calculó con la siguiente ecuación

$$FE_X = (X/Y)_{\text{aire}} / (X/Y)_{\text{corteza}}$$

Donde X es el elemento de interés,  $(X/Y)_{\text{aire}}$  y  $(X/Y)_{\text{corteza}}$ , es la relación entre las concentraciones del elemento de interés (X), con respecto al aire y al material geológico respectivamente (Cozzi *et al.* 2008, Hernández, *et al.* 2011). El criterio para su uso considera que si el valor estimado para el FE se acerca a 1, la principal fuente de aporte del elemento de interés es el material geológico; si el FE es mayor a la unidad, la concentración natural del elemento de interés está incrementada antrópicamente; y si el FE es mayor que 5, el resultado sugiere que el elemento de interés se originó a partir de fuentes de emisión antrópicas (Gao *et al.* 2002, Hernández, 2001).

#### **6.4.2. Método de muestreo para la medición niveles de presión sonora.**

##### **6.4.2.1. Selección de sitios y ubicación**

Los niveles de presión sonora fueron medidos durante en las etapas constructivas de las tres obras seleccionadas, en Zapopan, Nodo vial avenida Juan Palomar Arias con el Periférico y Solución vial Av. Vallarta – Avenida Central; en Tlaquepaque Retorno deprimido en Periférico Sur en la zona de El Mante. De manera particular se realizaron tomando en cuenta que las

mediciones se pudieran realizar sin causar afectación a la obra, el equipo y persona encargada del monitoreo.

#### **6.4.2.2. Equipo de medición**

Las mediciones se llevaron a cabo con un Sonómetro promediador-integrador colocado en ponderación “A” modelo SC-160 (CEVSA), debidamente calibrado.



**Figura 6.5.** Sonómetro CESVA modelo SC310, con el que se realizó el monitoreo de los niveles de presión sonora.

#### **6.4.2.3. Procedimiento**

Las mediciones de nivel sonoro continuo equivalente fueron realizadas bajo la adaptación de la metodología empleada por Orozco *et. al.*, (2003). Se realizaron durante las obras, mediciones de 5 minutos en la ponderación LAT (Nivel Sonoro Continuo Equivalente), durante los horarios laborales diurnos, en lapsos donde se estuvieran realizando actividades o movimientos de maquinarias, las cuales fueron tomadas con el sonómetro a 1.20 metros sobre el nivel del piso sobre un tipié y al menos a 3.5 metros de distancia de cualquier superficie, como muros, puentes, postes, etc., para evitar reverberación.



Los puntos de medición se establecieron de acuerdo al tipo de trabajo a realizar dentro de las obras, siempre y cuando no representaran un peligro o una obstrucción, es decir las mediciones fueron realizadas una vez que no se produjera riesgo tanto para el tomador de la medición , para el equipo, así como para la obra misma. Por lo que el número de mediciones dentro de las mismas, estuvieron en función de la posibilidad de acercarse o no al trabajador una vez que realizaba su actividad laboral.

Dentro de las actividades de construcción de las obras públicas, se monitorearon las actividades que generaban ruido dentro de la obra, así como la exposición al ruido ambiental de los trabajadores siempre y cuando esta se pudiera monitorear sin comprometer al equipo.

Tenemos así que se realizaron mediciones en dos fuentes:

- a) Ruido generado dentro de la obra:
  - 1. Por uso de equipo motorizado
  - 2. Por golpeteo o excavación
- b) Ruido ambiental al que se exponen los trabajadores (por tráfico vehicular).

Dichas mediciones fueron realizadas en diferentes horarios, ya que como se señaló, dichas mediciones estuvieron en función de la posibilidad de realizar la medición a la distancia adecuada que fuera representativa según la metodología seguida, así como que la medición no comprometiera el equipo ni la integridad de la investigadora (Anexo 3).

#### **6.4.3. Aplicación de encuestas**

Con la finalidad de cubrir el objetivo de identificar la percepción de las molestias de los trabajadores de la construcción en el lugar de trabajo, se realizó un muestreo por conveniencia a través de la aplicación de encuestas en las obras seleccionadas, el cual se llevó a cabo en función de la disposición de las

personas a contestar o no dichas encuestas ya que estas se realizaron fuera del área de trabajo, durante horas de descanso de los trabajadores.

#### **6.4.3.1. Instrumento**

Se diseñó una encuesta, la cual se aplicó en su fase piloto y posterior ajuste, revisión y adaptación por especialistas en Salud Ambiental, lo cual garantizó su efectiva aplicación. Dicho instrumento, constó de preguntas de opción como abiertas que permitieron tener un acercamiento de la percepción de los trabajadores ante su exposición a los contaminantes material particulado ( $PM_{10}$ ) y ruido.

El instrumento constó de 18 reactivos (Anexo 4), los cuales fueron diseñados para permitir hacer un análisis de su percepción a través de variables como su edad, sexo, nivel escolar y tiempo desempeñando actividades laborales dentro de la construcción. La encuesta se dividió en datos generales y percepción de la obra.

Su aplicación fue realizada a personal interesado en responder, el cual laborara dentro de las obras de estudio, durante el periodo de realización de la obra misma (2012-2013).

#### **6.4.3.2. Determinación de las condiciones laborales**

De manera conjunta a los monitoreos de partículas suspendidas  $PM_{10}$ , niveles de presión sonora y aplicación de encuestas, se realizó la descripción de las condiciones laborales observadas en relación a los contaminantes  $PM_{10}$  y ruido, la cual consistió en observar la presencia de uso o no de equipo de protección personal.

## 7. Resultados

### 7.1. Las PM<sub>10</sub>.

#### 7.1.1. Concentraciones atmosféricas de las PM<sub>10</sub>.

En total se realizaron 17 muestreos de PM<sub>10</sub>, sin embargo solo 15 muestras cumplieron los criterios de validación adoptados para la determinación de las concentraciones atmosféricas de PM<sub>10</sub>. En dicha validación se consideró como criterio la inclusión de mediciones de PM<sub>10</sub> correspondientes a muestreos dentro de la obra o posterior a ella en el mismo sitio, que cumplieran con al menos el 75 % del periodo de muestreo configurado (8 h), equivalente a un turno de trabajo (INE, 2011).

**La tabla 7.1.** Muestra los resultados de las concentraciones de PM<sub>10</sub> en  $\mu\text{g m}^{-3}$ , para cada muestreo por obra.

**Tabla 7.1.** Concentraciones individuales de PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ).

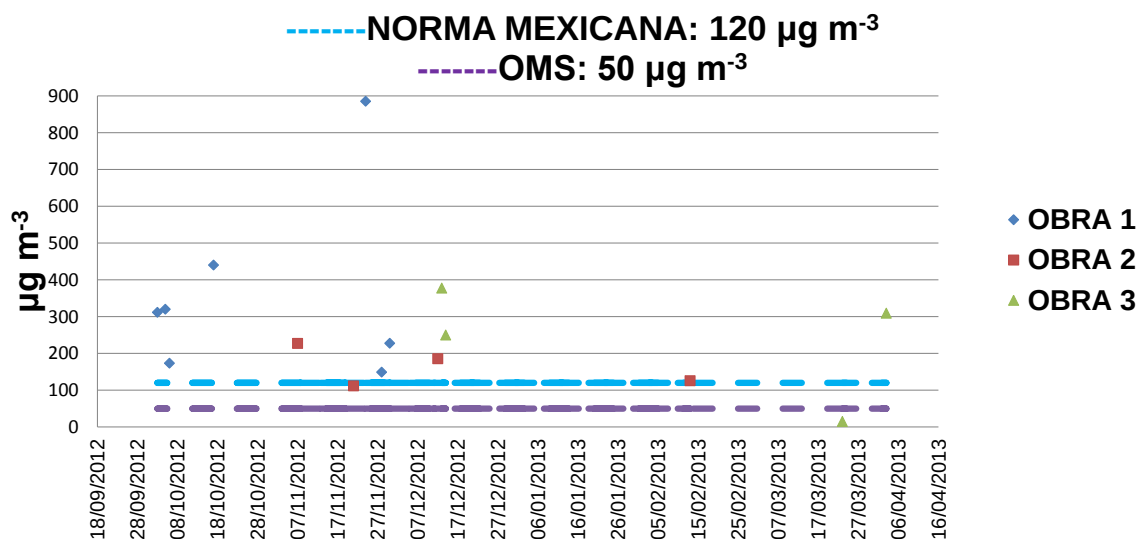
| OBRA 1 | OBRA 2 | OBRA 3 |
|--------|--------|--------|
| 228    | 186    | 250    |
| 149    | 111    | 377    |
| 885    | 227    | 309    |
| 173    | 125    | 15     |
| 320    |        |        |
| 311    |        |        |
| 440    |        |        |

(Fuente: Elaboración propia, 2013)

Las concentraciones individuales validas de PM<sub>10</sub> obtenidas en las tres obras se compararon con las máximas permitidas la Norma Oficial Mexicana (NOM-025-SSA1-1993) que establece un promedio de  $120 \mu\text{g m}^{-3}$  y con los límites de la OMS que recomienda un promedio de  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  ambos en 24 h.

Los resultados muestran que las concentraciones obtenidas fueron casi en su totalidad mayores a lo que establecen la normativa nacional, así como la

recomendación de la OMS para PM<sub>10</sub>. De esta manera se encontró que 73% de las mediciones sobrepasan la concentración máxima de la norma nacional y 93% está por encima del límite recomendado por la OMS (Figura 7.1)



**Figura 7.1.** Concentraciones atmosféricas de PM<sub>10</sub> con respecto a la Norma Mexicana y la OMS.

### 7.1.2. Variación entre obras de las concentraciones de PM<sub>10</sub>

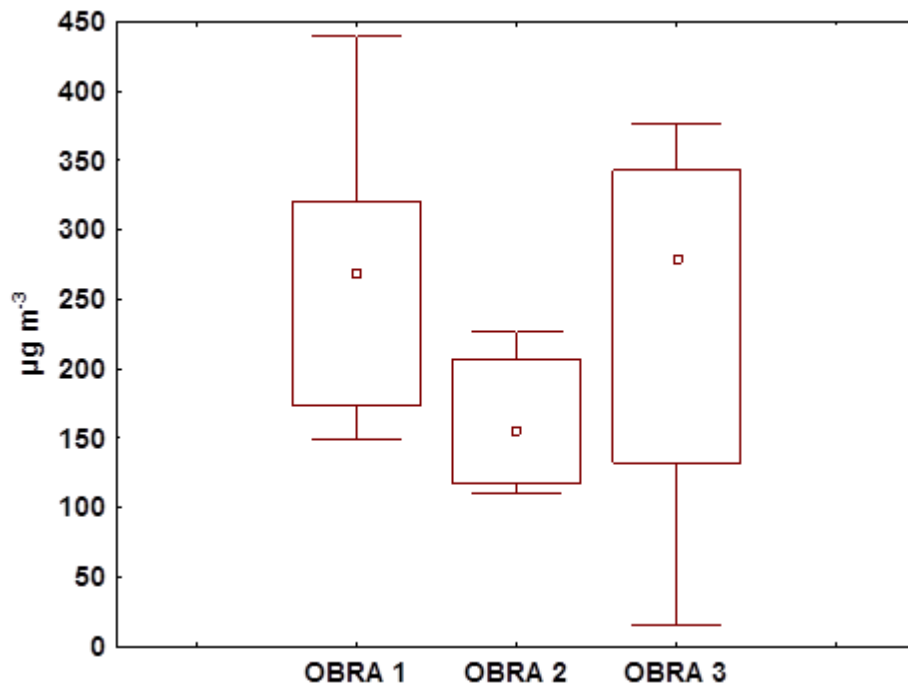
Las medianas de las concentraciones de las tres obras (Tabla 7.3) se calcularon a partir de los datos individuales (Tabla 7.2) y se compararon entre sí mediante la prueba estadística, no paramétrica, denominada Kruskal Wallis.

**Tabla 7.2.** Medianas de las concentraciones de PM<sub>10</sub> por obra y condición.

| Obra |   | En obra       |   |               | Sin obra |               |
|------|---|---------------|---|---------------|----------|---------------|
|      |   | med (min-max) | n | med (min-max) | n        | med (min-max) |
| 1    | 7 | 311 (149-885) | 4 | 316 (173-440) | 3        | 228 (149-885) |
| 2    | 4 | 156 (111-227) | 3 | 186 (111-227) | 1        | -             |
| 3    | 2 | 162 (15-309)  | 2 | 314 (250-377) | 2        | 162 (15-309)  |

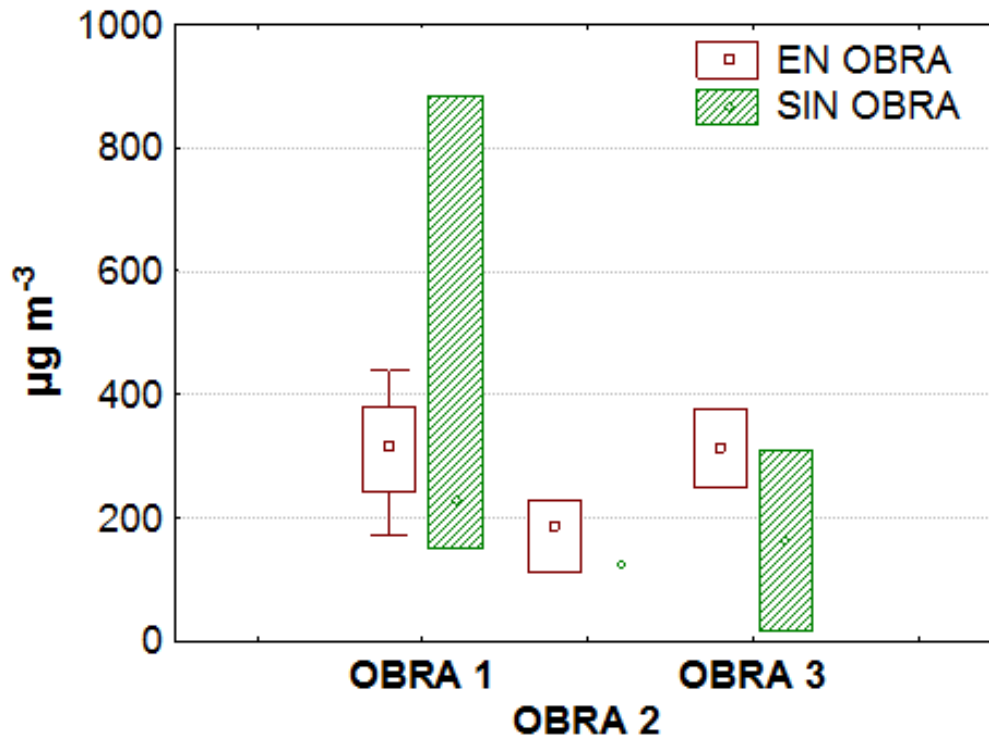
*n*: número de datos, med: mediana, mín: mínimo, máx: máximo.

El resultado de la prueba muestra que la mediana entre sitios es similar (Figura 7.2) porque no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).



**Figura 7.2.** Mediana de las concentraciones de  $PM_{10}$  en las obras. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras).

Las mediciones se agruparon también de acuerdo a la etapa de la obra en que se tomaron, así se contó con concentraciones de  $PM_{10}$  durante la ejecución (en obra) y posterior a la obra (sin obra). En este caso, las medianas se comparan con la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. La mediana de la obra 2 (en obra) se presenta sólo a manera de ilustración (Figura 7.3).



**Figura 7.3.** Medianas de PM<sub>10</sub> entre sitios, Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras).

El análisis de las medianas de las concentraciones en obra y sin obra, muestra que no hay diferencia significativa estadísticamente entre ellas ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, se observa que las medianas obtenidas en el periodo sin obra tienden a ser menores que durante la obra (Figura 7.3).

## 7.2. Metales en PM<sub>10</sub>

### 7.2.1. Concentraciones atmosféricas de metales asociadas a las PM<sub>10</sub>.

En total se reportan las concentraciones de ocho elementos metálicos (Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd y Pb) en las muestras de PM<sub>10</sub> validas (Tabla 7.4). Una vez obtenidas las concentraciones en disolución (ng l<sup>-1</sup>) por ICP-MS, estas se corrigieron por recobro, blancos de campo y blanco de laboratorio (Anexo 5) y

luego se emplearon para calcular las concentraciones atmosféricas ( $\text{ng m}^{-3}$ ) de metales asociados a las  $\text{PM}_{10}$  (Tabla 7.3).

**Tabla. 7.3.** Concentraciones individuales de metales ( $\text{ng m}^{-3}$ ) en las  $\text{PM}_{10}$ .

| Obra | n | Fe      | Mn    | Co  | Ni     | Cu    | Zn    | Cd  | Pb    |
|------|---|---------|-------|-----|--------|-------|-------|-----|-------|
| 1    | 6 | 1251.2  | 50.9  | 0.6 | -      | 15.9  | 24.2  | 0.2 | 8.3   |
|      |   | 7982.6  | 172.7 | 3.7 | 794.4  | 35.0  | 57.1  | 0.3 | 11.1  |
|      |   | 1347.7  | 51.4  | 0.7 | 8.5    | 28.4  | 55.0  | 1.2 | 17.7  |
|      |   | 10763.7 | 242.0 | 5.7 | 1389.5 | 11.4  | 45.1  | 0.1 | 4.8   |
|      |   | 1823.7  | 59.9  | 0.9 | 55.0   | 44.5  | 56.2  | 0.7 | 17.8  |
|      |   | 2557.5  | 75.0  | 1.4 | 231.0  | 45.7  | 103.2 | 0.7 | 26.8  |
| 2    | 4 | 1653.4  | 57.6  | 1.1 | 216.8  | 1.1   | 10.8  | -   | 1.3   |
|      |   | 2209.5  | 73.5  | 1.2 | 162.7  | 67.5  | 86.0  | 0.1 | 12.6  |
|      |   | 531.6   | 29.1  | 0.3 | -      | 21.5  | 62.4  | 2.5 | 15.5  |
|      |   | 2503.3  | 74.5  | 1.6 | 201.1  | 40.7  | 41.1  | 0.7 | 8.4   |
| 3    | 4 | 578.6   | 43.5  | 0.4 | -      | 31.1  | 86.6  | 1.0 | 21.3  |
|      |   | 481.5   | 28.8  | 0.2 | 16.0   | 8.8   | 28.9  | 0.2 | 5.6   |
|      |   | 388.2   | 35.1  | 0.2 |        | 7.5   | 22.4  | 0.2 | 13.4  |
|      |   | 11438.2 | 662.6 | 6.0 | 137.0  | 375.7 | 836.1 | 4.7 | 289.8 |
|      |   | 3077.9  | 119.9 | 1.6 | 33.4   | 70.9  | 310.9 | 1.0 | 48.5  |

Fuente: elaboración propia (2013). Promedio en negrita y cursiva

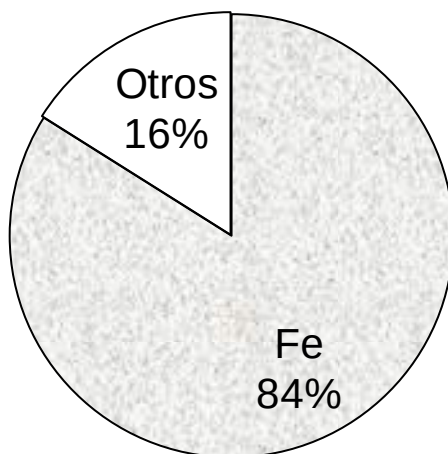
Los resultados obtenidos muestran que Fe es el elemento más abundante con una concentración promedio de  $3077.9 \text{ ng m}^{-3}$  y Cd tiene la menor concentración promedio ( $1.0 \text{ ng m}^{-3}$ ), considerando los tres sitios (Tabla 7.4).

**Tabla 7.4.** Estadística descriptiva de las concentraciones atmosféricas de metales en PM<sub>10</sub> (ng m<sup>-3</sup>).

|           | <i>n</i> | Mediana          | Mínimo | Máximo  | D.E              |
|-----------|----------|------------------|--------|---------|------------------|
| <b>Fe</b> | 14       | 3250.8           | 388.2  | 11438.2 | 3829.0           |
| <b>Mn</b> | 14       | 118.3            | 28.8   | 662.6   | 167.5            |
| <b>Co</b> | 14       | 1.7              | 0.2    | 6.0     | 1.9 <sub>7</sub> |
| <b>Ni</b> | 10       | 321.2            | 8.5    | 1389.5  | 437.1            |
| <b>Cu</b> | 14       | 52.5             | 1.1    | 375.7   | 94.8             |
| <b>Zn</b> | 14       | 108.2            | 10.8   | 836.1   | 211.2            |
| <b>Cd</b> | 13       | 0.9 <sub>6</sub> | 0.1    | 4.7     | 1.3              |
| <b>Pb</b> | 14       | 32.5             | 1.3    | 289.8   | 74.4             |

*n*: número de datos, D.E: una desviación estándar.

En relación a las concentraciones de Fe, estas representan el 84 % del total de las concentraciones de metales (Figura 7.4).



**Figura 7.4.** Abundancia de metales en PM<sub>10</sub>.

### 7.2.2. Variación entre obras de las concentraciones de metales

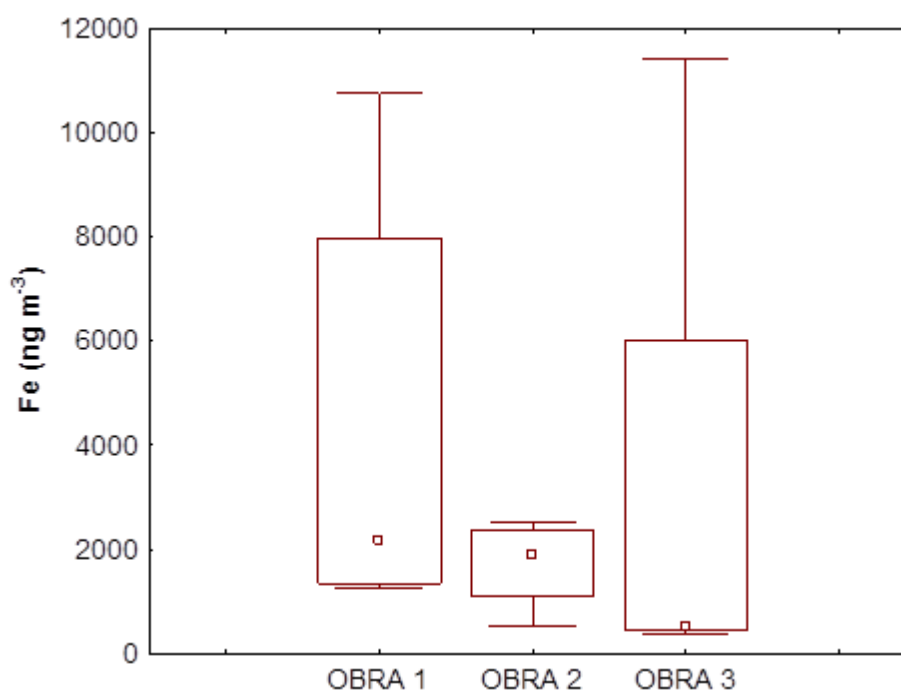
Las medianas de las concentraciones atmosféricas de cada metal por obra (Tabla 7.5) se obtuvieron a partir de los datos individuales (Tabla 7.5) y se compararon estadísticamente. Los resultados muestran que las medianas entre obras para cada elemento son similares (Figura 7.5, 7.6 y 7.7).



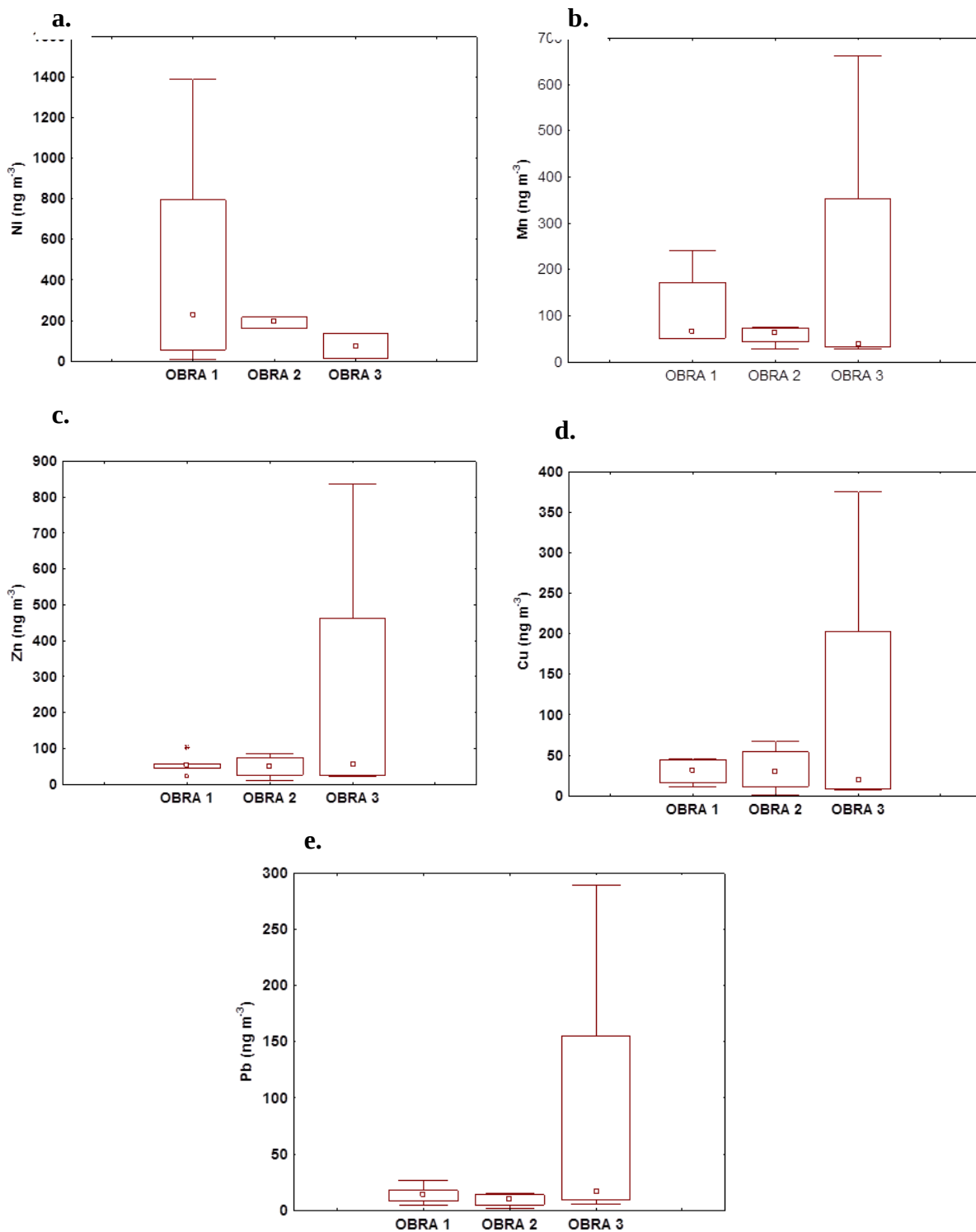
**Tabla 7.5.** Medianas de las concentraciones atmosféricas de metales en PM<sub>10</sub> (ng m<sup>-3</sup>) por obra.

|          | OBRA 1                    | OBRA 2                  | OBRA 3                  |
|----------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Elemento | Mediana (mín-máx)         | Mediana (mín-máx)       | Mediana (mín-máx)       |
| Fe       | 2190.6 (1251.2 - 10763.7) | 1931.4 (531.6 - 2503.3) | 530.1 (388.2 - 11438.2) |
| Ni       | 231.0 (8.5 - 1389.5)      | 201.1 (162.7 - 216.8)   | 57.7 (22.4 - 836.1)     |
| Mn       | 67.4 (50.9 - 242.0)       | 65.5 (29.1 - 74.5)      | 39.3 (28.9 - 662.6)     |
| Zn       | 55.6 (24.2 - 103.2)       | 51.7 (10.8 - 86.0)      | 20.0 (7.6 - 375.7)      |
| Cu       | 31.7 (11.4 - 45.7)        | 31.1 (1.1 - 67.5)       | 17.3 (5.6 - 289.8)      |
| Pb       | 14.4 (4.8 - 26.8)         | 10.5 (1.3 - 15.5)       | 76.5 (16.0 - 137.0)     |
| Co       | 1.1 (0.6 - 5.7)           | 0.7 (0.1 - 2.5)         | 0.3 (0.2 - 6.0)         |
| Cd       | 0.5 (0.1 - 1.2)           | 1.2 (0.3 - 1.6)         | 0.6 (0.2 - 4.7)         |

Fuente: elaboración propia (2013).



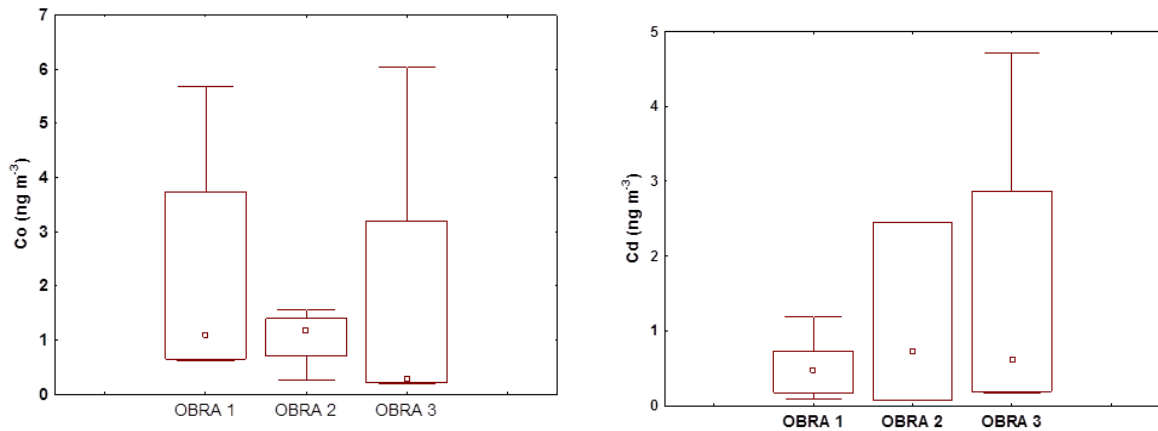
**Figura 7.5.** Mediana de las concentraciones de Fe ( $p = 0.3458$ ) en las tres obras. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras).



**Figura 7.6.** Mediana de las concentraciones de **a.** Ni ( $p=0.4247$ ), **b.** Mn ( $p=0.3822$ ), **c.** Zn ( $p=0.9070$ ), **d.** Cu ( $p=0.8984$ ) y **e.** Pb ( $p=0.4440$ ) en las tres obras. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras).

**a.**

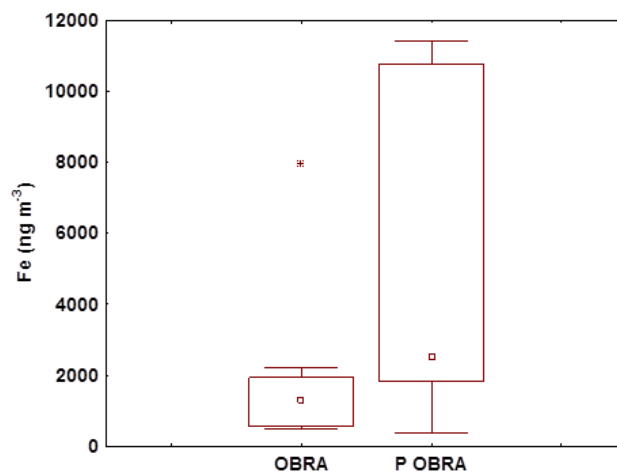
**b.**



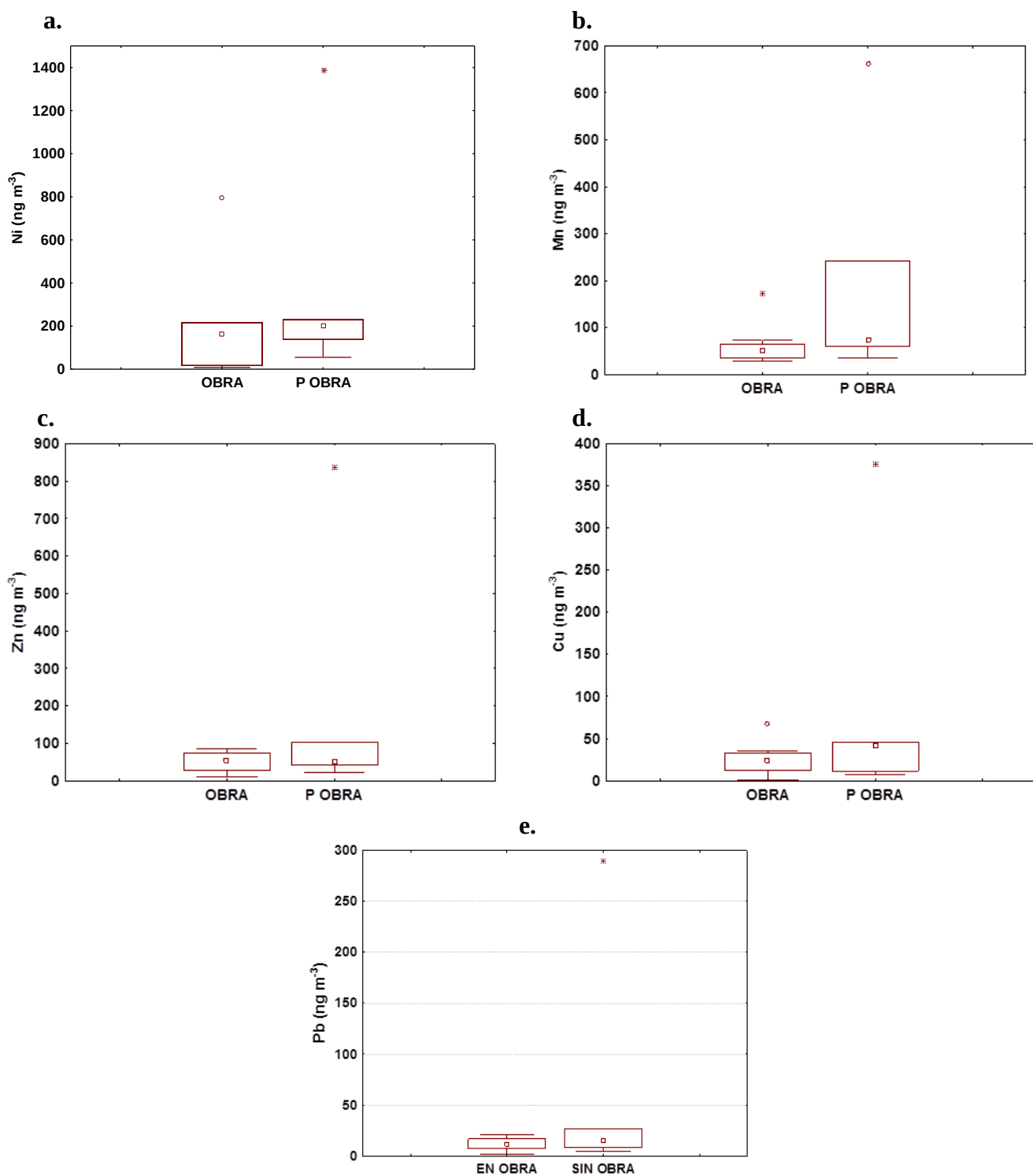
**Figura 7.7.** Mediana de las concentraciones de **a.** Co ( $p=0.4105$ ) y **b.** Cd ( $p=0.8837$ ) en las tres obras. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras).

### 7.2.3 Variación de las concentraciones de metales en dos condiciones.

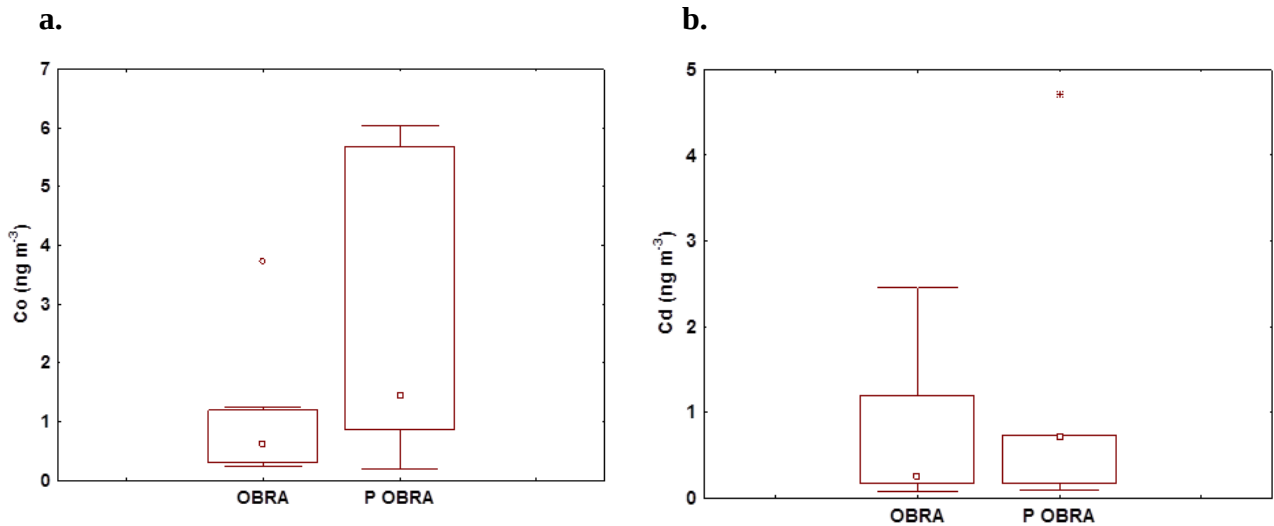
Los muestreos de PM<sub>10</sub> se realizaron durante la ejecución (en obra) y posterior a la finalización de la obra (sin obra) con el propósito de evaluar el impacto de las maniobras en los niveles de partículas y sus componentes elementales. El análisis de las medianas de las concentraciones para todo el estudio mostró que los niveles de metales son semejantes en las dos condiciones (no hubo diferencias significativas entre las medianas,  $p>0.05$ ) ( Figura 7.8, 7.9 y 7.10).



**Figura 7.8.** Mediana de las concentraciones de Fe ( $p= 0.1213$ ) durante y posterior a la obra. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras).



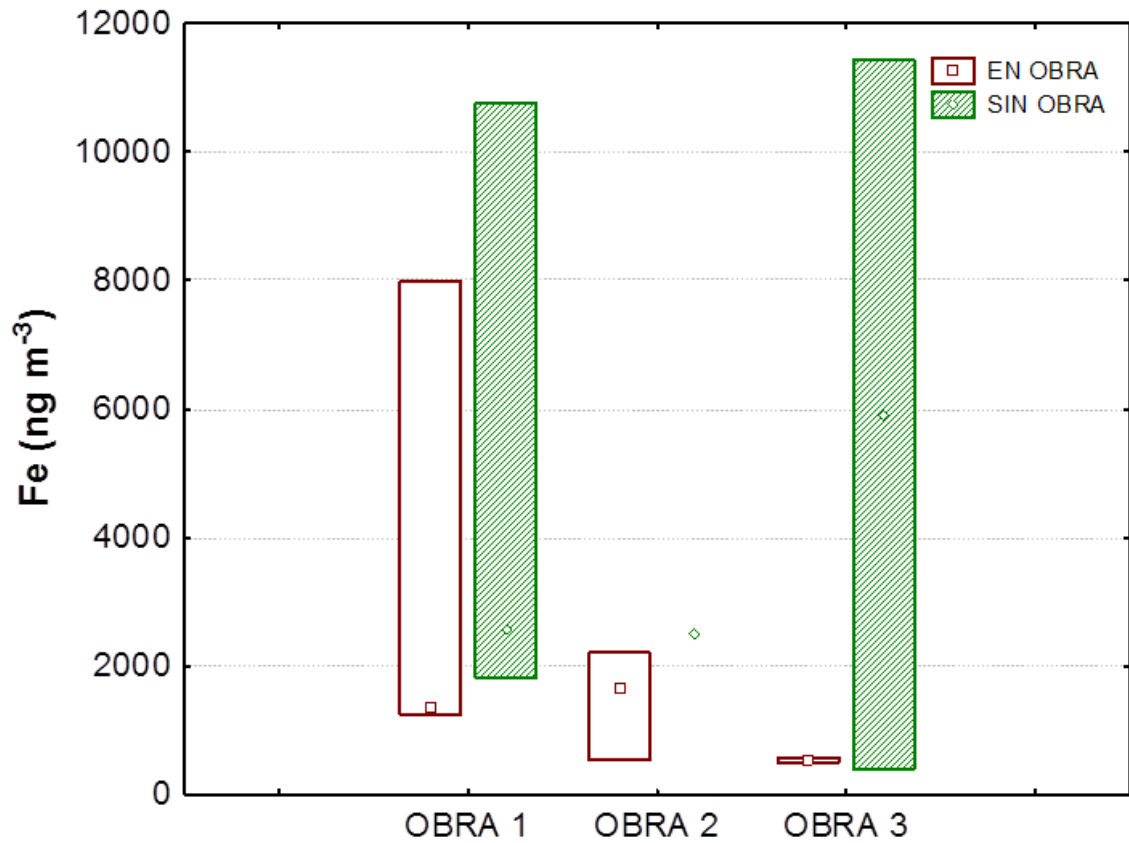
**Figura 7.9.** Mediana de las concentraciones de **a.** Ni ( $p= 0.4647$ ), **b.** Mn ( $p= 0.0707$ ), **c.** Zn ( $p= 0.6985$ ), **d.** Cu ( $p= 0.3017$ ) y **e.** Pb ( $p= 0.3017$ ) durante y posterior a la obra. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras) y asterisco (dato extremo).



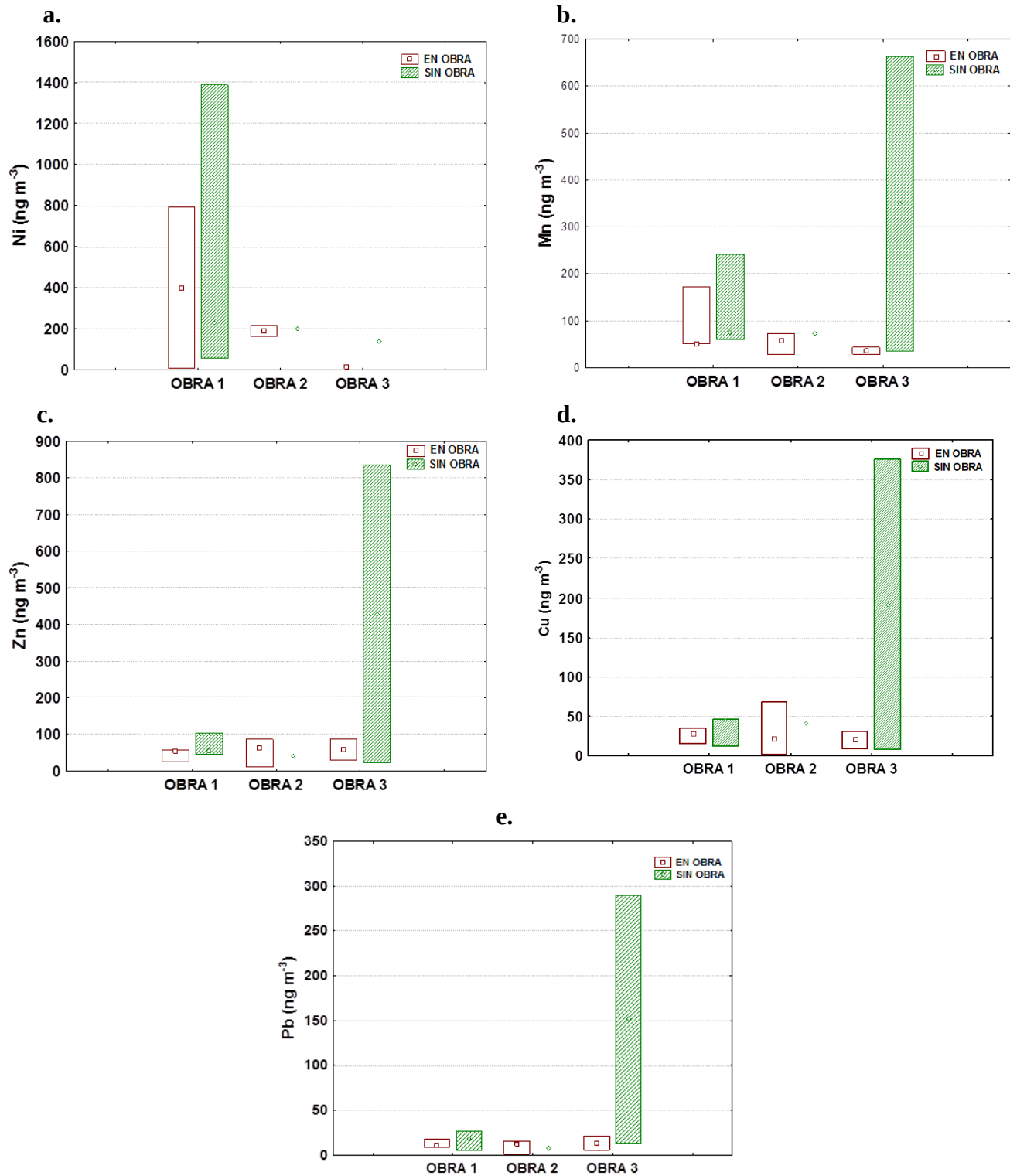
**Figura 7.10.** Mediana de las concentraciones de **a.** Co ( $p= 0.1555$ ) y **b.** Cd ( $p= 1.0000$ ), durante y posterior a la obra. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras), asterisco (dato anómalo).

#### 7.2.4. Variación de las concentraciones de metales dentro de cada obra.

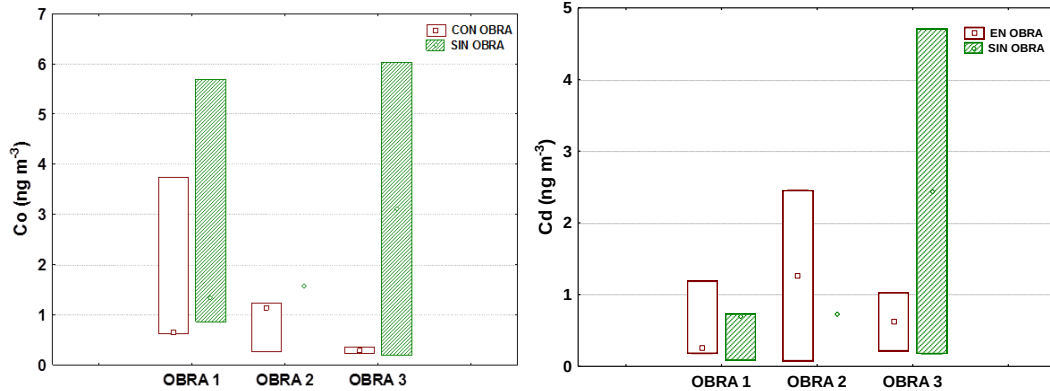
Los muestreos de  $\text{PM}_{10}$  se realizaron durante la ejecución (en obra) y una vez concluida la construcción (sin obra) con el propósito de evaluar el impacto de las maniobras en los niveles de partículas y sus componentes elementales dentro de cada obra. El análisis de las medianas de las concentraciones (obra 1 y 3) mostró que los niveles de metales son semejantes en las dos condiciones (no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las medianas,  $p>0.05$ ). Sin embargo, las medianas obtenidas cuando concluyo la obra muestran tendencia a tener mayores concentraciones. La mediana de la obra 2 (en obra) se presenta sólo a manera de ilustración (Figuras 7.11, 7.12 y 7.13).



**Figura 7.11.** Mediana de las concentraciones de Fe durante y posterior a las obras en los sitios 1 y 3. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras).



**Figura 7.12.** Mediana de las concentraciones de Ni, Mn, Zn, Cu y Pb durante y posterior a las obras en los sitios 1 y 3. Mediana (cuadrado interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras).



**Figura 7.13.** Mediana de las concentraciones de Co y Cd durante y posterior a las obras en los sitios 1 y 3. Mediana (cuadro interno), intercuartiles 25-75% (rectángulo), percentiles 10-90 % (barras).

#### 7.2.5. Posibles fuentes de metales en PM<sub>10</sub>

La contribución por fuentes antrópicas y biogénicas a la presencia de metales en PM<sub>10</sub> se evaluó mediante la determinación del Factor de Enriquecimiento (FE). Este se obtuvo a partir de la concentración geológica de los metales de interés (Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, y Pb) utilizada por García (2007) y Hernández *et al.* (2011) (Tabla 7.6). También se utilizó el promedio de las concentraciones de cada metal determinado por obra (Tablas 7.9, 7.10 y 7.11) y como referencia se utilizó al Fe porque es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre y para Fe se utilizó al Mn.



**Tabla 7.6.** Concentración geológica de los metales de estudio (ppm).

| Valores de referencia de la corteza terrestre |       |
|-----------------------------------------------|-------|
| <b>Fe</b>                                     | 50000 |
| <b>Mn</b>                                     | 950   |
| <b>Co</b>                                     | 25    |
| <b>Ni</b>                                     | 75    |
| <b>Cu</b>                                     | 25    |
| <b>Zn</b>                                     | 65    |
| <b>Cd</b>                                     | 0.2   |
| <b>Pb</b>                                     | 13    |

Fuente: Modificado de García, 2007, y Hernández *et al.* 2011

#### 7.2.5.1. Posibles fuentes de metales en la OBRA 1

Los FE para la Obra 1, señalan que en orden de abundancia, el Fe con FE = 1 es el único metal del que se sugiere es de origen natural, mientras que Co y Mn con FE>1 sugieren que su concentración natural está incrementada antrópicamente, y las concentraciones de Zn, Pb, Cu, Cd y Ni, con FE>5, sugieren que la fuente de emisión de estos metales es posiblemente de origen antrópico (Tabla 7.7).

**Tabla 7.7.** FE calculado para la Obra 1.

| Elemento | Masa (ng)        | Concentración promedio | FE   |
|----------|------------------|------------------------|------|
|          |                  | (mg l <sup>-1</sup> )  |      |
| Fe       | 4287.7           | $2 \times 10^{-1}$     | 0.7  |
| Co       | 2.2              | $8 \times 10^{-5}$     | 1.0  |
| Mn       | 108.7            | $4 \times 10^{-3}$     | 1.3  |
| Zn       | 56.8             | $2 \times 10^{-3}$     | 10.2 |
| Pb       | 14.4             | $1 \times 10^{-3}$     | 12.9 |
| Cu       | 30.1             | $1 \times 10^{-3}$     | 14.1 |
| Cd       | 0.5 <sub>2</sub> | $2 \times 10^{-5}$     | 30.6 |
| Ni       | 495.7            | $1.9 \times 10^{-2}$   | 77.1 |

Fuente: Elaboración propia (2013)

### 7.2.5.2. Posibles fuentes de metales en la OBRA 2.

Las concentraciones calculadas para la Obra 2, sugieren que el Fe, con  $FE < 1$ , es el único metal del que se sugiere es de origen natural, mientras que el FE de Mn y Co, con  $FE > 1$ , sugiere que su concentración natural está incrementada antrópicamente y las concentraciones de Pb, Zn, Cu, Ni y Cd, con  $FE > 5$ , sugiere que su fuente de emisión es de origen antrópico (Tabla 7.8).

**Tabla 7.8.** FE calculado para la Obra 2.

| Elemento | Masa<br>(ng) | Concentración<br>promedio<br>(mg l <sup>-1</sup> ) | FE    |
|----------|--------------|----------------------------------------------------|-------|
| Fe       | 1724.427     | $6.6 \times 10^{-2}$                               | 0.6   |
| Mn       | 58.660       | $2 \times 10^{-3}$                                 | 1.8   |
| Co       | 1.054        | $4 \times 10^{-5}$                                 | 1.2   |
| Pb       | 9.444        | $3.5 \times 10^{-4}$                               | 21.1  |
| Zn       | 50.056       | $2 \times 10^{-3}$                                 | 22.3  |
| Cu)      | 32.701       | $1 \times 10^{-3}$                                 | 37.9  |
| Ni       | 193.511      | $7 \times 10^{-3}$                                 | 74.8  |
| Cd       | 1.087        | $4 \times 10^{-5}$                                 | 157.6 |

Fuente: Elaboración propia (2013)

### 7.2.5.3. Posibles fuentes de metales en la OBRA 3

Las concentraciones calculadas para la Obra 3, señalan que el Fe ( $FE < 1$ ) es el único metal que se sugiere es de origen natural, mientras que Co y Mn, con  $FE > 1$ , sugiere que su concentración natural está incrementada antrópicamente, y las concentraciones de Ni, Zn, Cu, Pb y Cd, con  $FE > 5$ , sugieren que la fuente de emisión de estos es de origen antrópico (Tabla 7.9).

**Tabla 7.9.** FE calculado para la Obra 3.

| <b>Elemento</b> | <b>Masa<br/>(ng)</b> | <b>Concentración<br/>promedio<br/>(mg l<sup>-1</sup>)</b> | <b>FE</b> |
|-----------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| Fe              | 3221.6               | $1.1 \times 10^{-1}$                                      | 0.3       |
| Co              | 1.7                  | $6 \times 10^{-5}$                                        | 1.1       |
| Mn              | 192.5                | $7 \times 10^{-3}$                                        | 3.1       |
| Ni              | 76.5                 | $3 \times 10^{-3}$                                        | 15.8      |
| Zn              | 243.5                | $8 \times 10^{-3}$                                        | 58.1      |
| Cu              | 105.8                | $4 \times 10^{-3}$                                        | 65.7      |
| Pb              | 82.5                 | $3 \times 10^{-3}$                                        | 98.5      |
| Cd              | 1.5                  | $5 \times 10^{-5}$                                        | 118.8     |

Fuente: Elaboración propia (2013)

### **7.3 Determinación de niveles de presión sonora**

Las mediciones realizadas del Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq) en la ponderación A, se llevaron a cabo dentro de las tres obras en los horarios diurnos de trabajo, habiendo sido tomadas aquellas actividades en las que el trabajador se exponía a algún nivel de presión sonora, siempre y cuando esto no representara un riesgo tanto para el trabajador, el sonómetro y la persona que lo operó, es decir de las actividades realizadas en las obras no fue posible por seguridad, medir todas las actividades ahí realizadas.

Las mediciones realizadas en las tres obras, están divididas por tres tipos de actividades, donde los trabajadores operan algún tipo de maquinaria, donde se hay una exposición a vialidades y actividades realizadas con herramientas manuales.

#### **Obra 1**

Las mediciones realizadas en la obra 1, arrojan resultados entre los 63 dB para una medición por exposición a ruido ambiental ocasionado por tráfico vehicular, hasta 100.4 dB (A) obtenidos de la medición realizada a una actividad con taladro.

La tabla 7.10 muestra dentro de la obra 1 los niveles de presión sonora continuo equivalente (LAT), el máximo y mínimo, así como las actividades registradas.

Con los resultados obtenidos también se realizaron comparaciones con la normatividad nacional como es el caso de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, la cual señala que se deben utilizar equipo de protección personal a niveles mayores a 85 dB (A), así como la OMS señala que ya hay un daño auditivo una exposición mayor a 65 dB.

Se encontró que el 100 % de los trabajadores no contaban con equipo de protección auditiva. Con relación a la NOM-011-STPS-2001, el 33% de ellos además de estar expuestos a niveles mayores a los señalados por la misma, por los niveles de exposición debieron contar con equipos de protección contra el ruido; así como el 93% de las mediciones hechas registraron niveles por encima de la recomendación de la OMS como nivel donde se presenta un daño auditivo imperceptible.

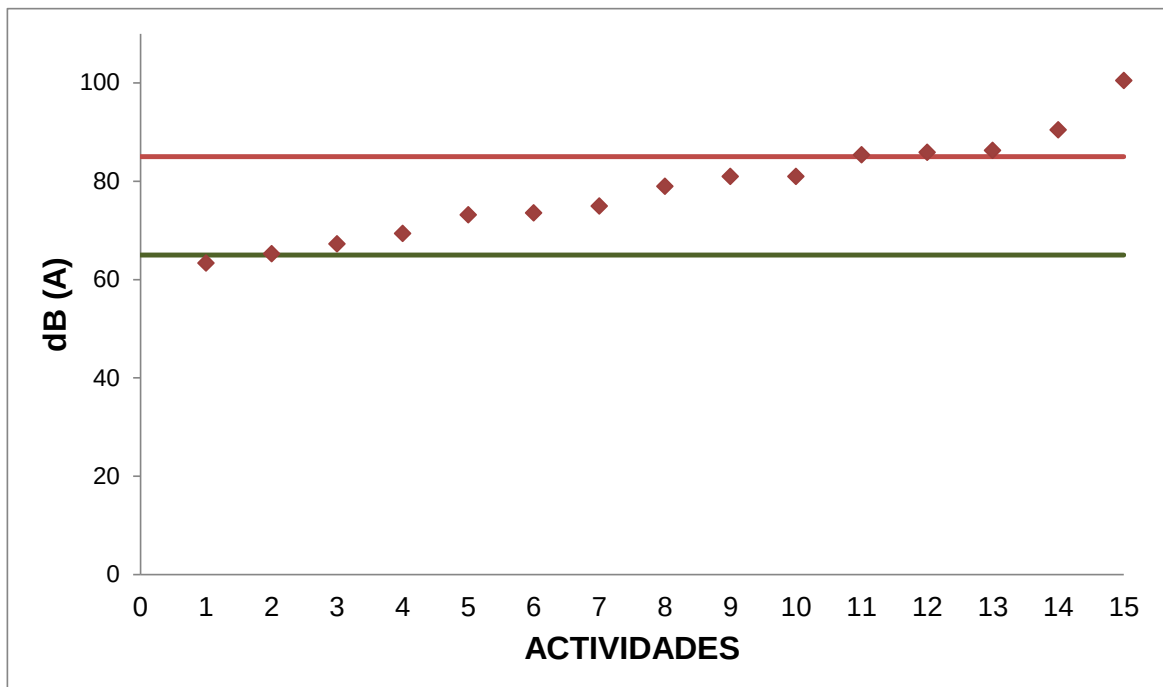
**Tabla 7.10.** Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq) registrado en la obra 1.

| OBRA | LAT<br>dB (A) | LAT max<br>dB (A) | LAT<br>min<br>dB (A) | ACTIVIDAD MEDIDA                              |
|------|---------------|-------------------|----------------------|-----------------------------------------------|
| 1    | 63.3          | 77.3              | 60                   | Ambiental                                     |
| 1    | 65.2          | 92.2              | 63.1                 | Fierreros cierra de mesa                      |
| 1    | 67.2          | 84.8              | 61.1                 | Retroexcavadora, camión de arena, carpinteros |
| 1    | 69.3          | 94                | 64.9                 | Rotomartillo de impacto                       |
| 1    | 73.1          | 89                | 66.6                 | Ambiental                                     |
| 1    | 73.5          | 85.2              | 67.9                 | Ambiental                                     |
| 1    | 74.9          | 100.8             | 72.1                 | Rotomartillo                                  |
| 1    | 78.9          | 87                | 72.1                 | Rotomartillo de impacto                       |
| 1    | 80.9          | 87.8              | 79.1                 | Generador de luz                              |
| 1    | 80.9          | 104.2             | 80.5                 | Cortadora de piso                             |
| 1    | 85.3          | 88.4              | 69.5                 | Trabajadores a 20 mts de taladro q no         |

|   |       |       |      |                                            |
|---|-------|-------|------|--------------------------------------------|
|   |       |       |      | generan ruido en su actividad              |
| 1 | 85.8  | 95.2  | 67.8 | Esmeril                                    |
| 1 | 86.2  | 88.2  | 75.7 | Rotomartillo de impacto y generador de luz |
| 1 | 90.4  | 98.9  | 81.6 | Cortadora de piso                          |
| 1 | 100.4 | 101.2 | 79.2 | Taladro grande                             |

Fuente: Elaboración propia (2013)

La figura 7.14 muestra el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq) registrado en la obra 1, donde se puede apreciar que 14 de las mediciones hechas superan los 65 dB que la OMS señala donde ya se presenta daño auditivo imperceptible, así como 5 mediciones hechas sobresalen de los 85 dB que la NOM-011-STPS-2001, señala como máximo para trabajar sin uso de equipo de protección personal.



Fuente: Elaboración propia (2013).

**Figura 7.14.** Niveles de ruido (Leq) registrados en la obra 1. Línea verde, 65 dB, línea Roja 85 dB.

## Obra 2

Las mediciones realizadas en la obra 1, arrojan resultados entre los 52 dB(A) para una medición por exposición a esmeril, hasta 96.5 dB (A) obtenidos de la medición realizada a una actividad con rotomartillo.

La tabla 7.11 muestra dentro de la obra 2 los niveles de presión sonora continuo equivalente (LAT), el máximo y mínimo, así como las actividades registradas.

Con los resultados obtenidos también se realizaron comparaciones con la normatividad nacional como es el caso de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, la cual señala que se deben utilizar equipo de protección personal a niveles mayores a 85 dB (A), así como la OMS señala que ya hay un daño auditivo una exposición mayor a 65 dB (A).

Habiendo encontrado que el 100 % de los trabajadores expuestos (contando solo a un trabajador por actividad medida), no contaban con equipo de protección auditiva, y con relación a la NOM-011-STPS-2001, el 7 % de ellos además de estar expuestos a niveles mayores a los señalados por la misma, por los niveles de exposición debieron contar con equipos de protección contra el ruido; así como el 59 % de las mediciones hechas registraron niveles por encima de la recomendación de la OMS como nivel donde se presenta un daño auditivo imperceptible.

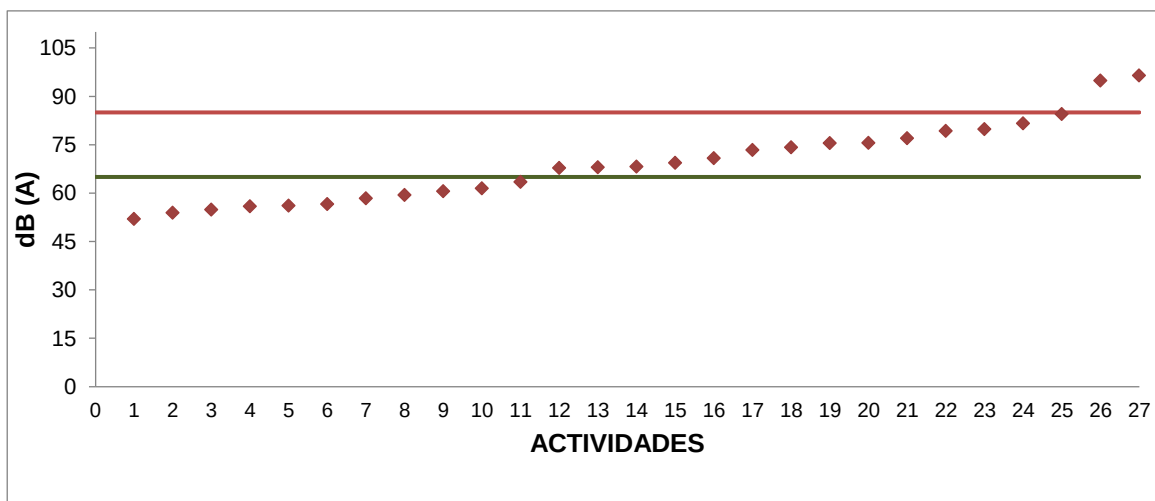
**Tabla 7.11.** Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq) registrado en la obra 2.

| OBRA | LAT<br>dB (A) | LAT max<br>dB (A) | LAT min<br>dB (A) | ACTIVIDAD MEDIDA                                |
|------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------|
| 2    | 52            | 94.4              | 49.1              | Esmeril                                         |
| 2    | 53.9          | 68.6              | 47.3              | Sin actividad laboral dentro de paso a desnivel |
| 2    | 54.9          | 73                | 53.6              | Martillo manual                                 |
| 2    | 55.9          | 67                | 47.7              | Sin actividad laboral dentro de paso a desnivel |
| 2    | 56.1          | 66.6              | 55.3              | Ambiental en periférico                         |
| 2    | 56.6          | 65.7              | 52                | Ambiental en periférico                         |

|   |      |       |      |                                  |
|---|------|-------|------|----------------------------------|
| 2 | 58.4 | 82.5  | 51.3 | Motor de revolvedora             |
| 2 | 59.4 | 87.1  | 55.8 | Movimiento de piedra             |
| 2 | 60.6 | 92.2  | 54.4 | Ruido de motor de camión         |
| 2 | 61.5 | 69.5  | 52.3 | Ambiental en periférico          |
| 2 | 63.5 | 69.5  | 52.3 | Mano de chango                   |
| 2 | 67.8 | 84.9  | 62.3 | Vertido de cemento               |
| 2 | 68   | 77.2  | 54.5 | Excavadora                       |
| 2 | 68.2 | 81.8  | 50.6 | Rotomartillo                     |
| 2 | 69.4 | 100   | 70.5 | Revolvedora                      |
| 2 | 70.8 | 105.7 | 73.4 | Cinzel y martillo                |
| 2 | 73.4 | 73.4  | 53.5 | Albañil en andamio de 1.5 metros |
| 2 | 74.2 | 96.6  | 70.1 | Ambiental en periférico          |
| 2 | 75.5 | 90.6  | 68.1 | Rodillo en movimiento            |
| 2 | 75.6 | 92.4  | 65.8 | Ambiental en periférico          |
| 2 | 77   | 87.2  | 68.7 | Mano de chango                   |
| 2 | 79.3 | 92.9  | 62.1 | Compresor                        |
| 2 | 79.8 | 89.4  | 68.5 | Ambiental en periférico          |
| 2 | 81.6 | 84.1  | 63.5 | Vertido de cemento               |
| 2 | 84.5 | 101.3 | 53.2 | Rotomartillo                     |
| 2 | 94.9 | 96.6  | 59.1 | Taladro                          |
| 2 | 96.5 | 102.3 | 52.7 | Rotomartillo                     |

Fuente: Elaboración propia (2013)

La figura 7.15 muestra el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq) registrado en la obra 1, donde se puede apreciar que 14 de las mediciones hechas superan los 65 dB que la OMS señala donde ya se presenta daño auditivo imperceptible, así como 5 mediciones hechas sobresalen de los 85 dB que la NOM-011-STPS-2001, señala como máximo para trabajar sin uso de equipo de protección personal.



**Figura 7.15.** Niveles de ruido ( $Leq$ ) registrados en la obra 2. Línea verde, 65 dB, línea Roja 85 dB.

Fuente: Elaboración propia (2013).

### Obra 3

Las mediciones realizadas en la obra 3, arrojan resultados entre los 77.5 dB hasta 95.4 dB, las cuales en su mayoría corresponden a mediciones hechas a ruido ambiental.

La tabla 7.12 muestra dentro de la obra 3 los niveles de presión sonora continuo equivalente (LAT), el máximo y mínimo, así como las actividades registradas.

Con los resultados obtenidos también se realizaron comparaciones con la normatividad nacional como es el caso de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, la cual señala que se deben utilizar equipo de protección personal a niveles mayores a 85 dB (A), así como la OMS señala que ya hay un daño auditivo una exposición mayor a 65 dB.

Se encontró que el 100 % de los trabajadores no contaban con equipo de protección auditiva. Con relación a la NOM-011-STPS-2001, el 23 % de ellos además de estar expuestos a niveles mayores a los señalados por la misma,



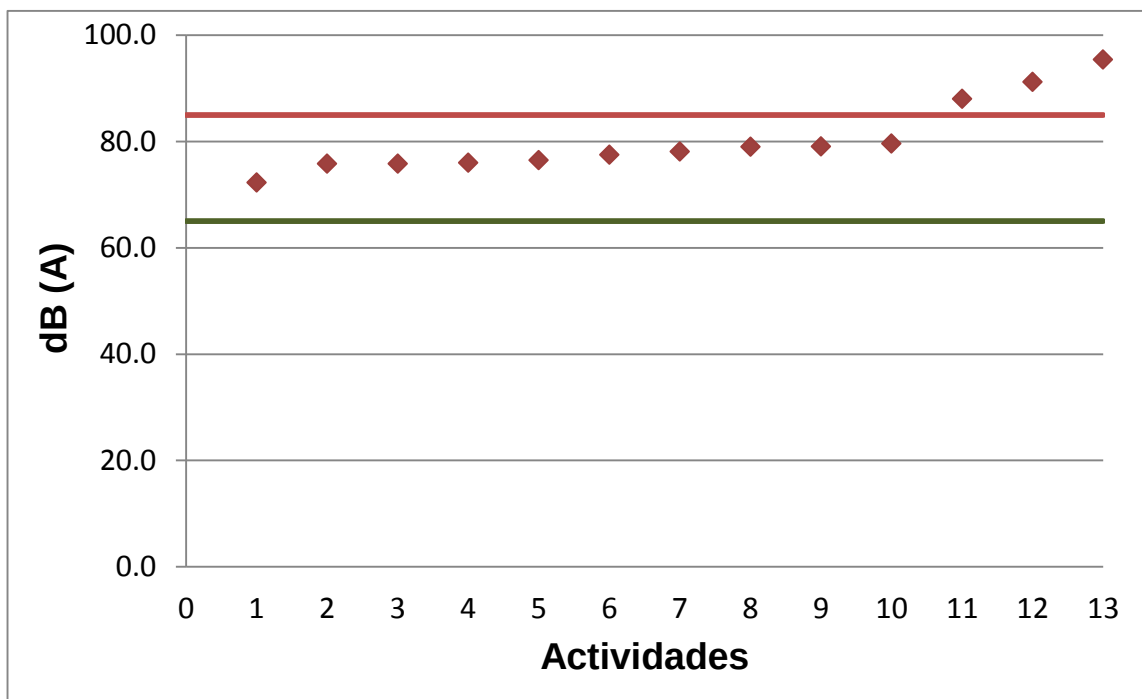
por los niveles de exposición debieron contar con equipos de protección contra el ruido; así como el 100 % de las mediciones hechas registraron niveles por encima de la recomendación de la OMS como nivel donde se presenta un daño auditivo imperceptible.

**Tabla 7.12.** Nivel Sonoro Continuo Equivalente registrado (Leq), en la obra 3.

| OBRA | LAT<br>dB (A) | LAT<br>max<br>dB (A) | LAT min<br>dB (A) | ACTIVIDAD MEDIDA |
|------|---------------|----------------------|-------------------|------------------|
| 3    | 72.3          | 88.9                 | 67.6              | Ruido ambiental  |
|      | 75.8          | 91.5                 | 68.7              | Ruido ambiental  |
|      | 75.8          | 92.4                 | 68.1              | Retroexcavadora  |
|      | 76.0          | 88.8                 | 68.2              | Ruido ambiental  |
|      | 76.5          | 88.0                 | 75.0              | Rodillo grande   |
|      | 77.5          | 98.3                 | 73.5              | Ruido ambiental  |
|      | 78.1          | 91.1                 | 71.2              | Ruido ambiental  |
|      | 79.0          | 91.9                 | 74.3              | Ruido ambiental  |
|      | 79.1          | 92.0                 | 70.7              | Ruido ambiental  |
|      | 79.6          | 88.1                 | 71.3              | Ruido ambiental  |
|      | 88.0          | 75.9                 | 76.5              | Ruido ambiental  |
|      | 91.2          | 91.2                 | 73.0              | Ruido ambiental  |
|      | 95.4          | 98.4                 | 73.5              | Ruido ambiental  |

Fuente: Elaboración propia (2013)

La figura 7.16 muestra el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq) registrado en la obra 3, donde se puede apreciar que el total de las mediciones hechas superan los 65 dB (Leq), que la OMS señala donde ya se presenta daño auditivo imperceptible, así como 3 de las 13 mediciones hechas superan los 85 dB que la NOM-011-STPS-2001, señala como máximo para trabajar sin uso de equipo de protección personal.



Fuente: Elaboración propia (2013).

**Figura 7.16.** Niveles de ruido ( $L_{eq}$ ) registrados en la obra 3. Línea verde, 65 dB, línea Roja 85 dB.

#### 7.4 Aplicación de encuestas a trabajadores

Las encuestas se aplicaron, durante momentos en los que los trabajadores se encontraban fuera del espacio laboral, evitando con ello posibles accidentes por interrupción de su actividad. Se aplicaron 39 encuestas, de las cuales se muestran los resultados en base a estadística descriptiva.

El 100% de las encuestas aplicadas fueron contestadas por hombres; las edades de los encuestados oscilaron entre 15 y 60 años de edad, con un nivel de estudios predominante de secundaria.

El 36 % de los encuestados tenían entre 15 a 25 años, el 26 % entre 18 a 24 años, el 20% entre 36 y 45 años, el 5 % entre 46 a 60 años, y el 13 % eran menores de edad (Figura 7.17).



Fuente: Elaboración propia (2013).

**Figura 17.** Grupos de edades de los trabajadores encuestados.

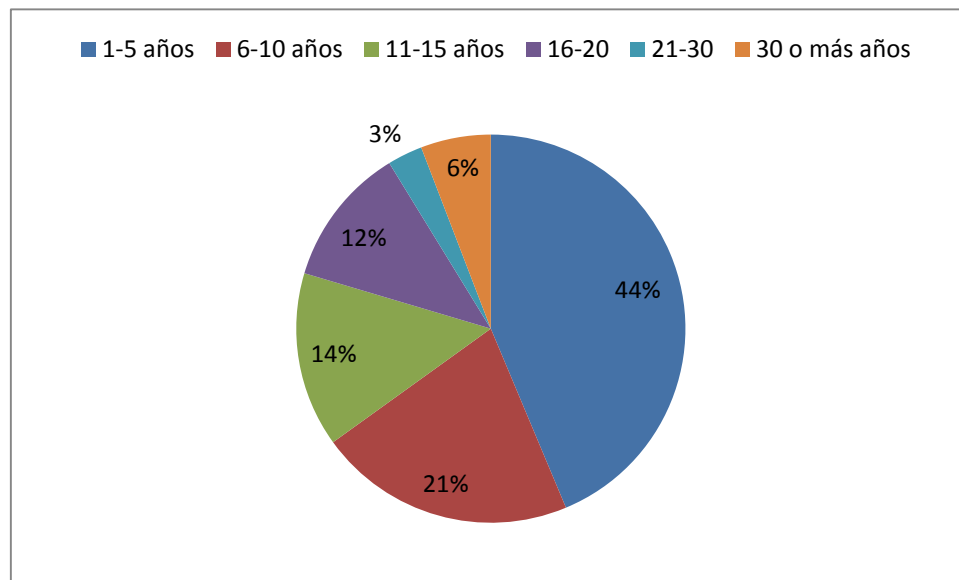
El nivel de estudios de los encuestados fue, 41 % secundaria, seguido por 31 % secundaria, 18 % preparatoria, 5 % licenciatura y 5 % sin estudios (Figura 7.18).



Fuente: Elaboración propia (2013).

**Figura 7.18.** Nivel de estudios de los trabajadores encuestados.

En cuanto al tiempo laborando en el sector de la construcción, el 45% de los encuestados refirieron tener entre 1 y 5 años, el 22 % entre 6 y 10 años, el 15% entre 11 y 15 años, el 12 % entre 16 y 20 años, el 3% entre 21 y 30 años y el 6 % 30 años o más (Figura 7.19).



Fuente: Elaboración propia (2013).

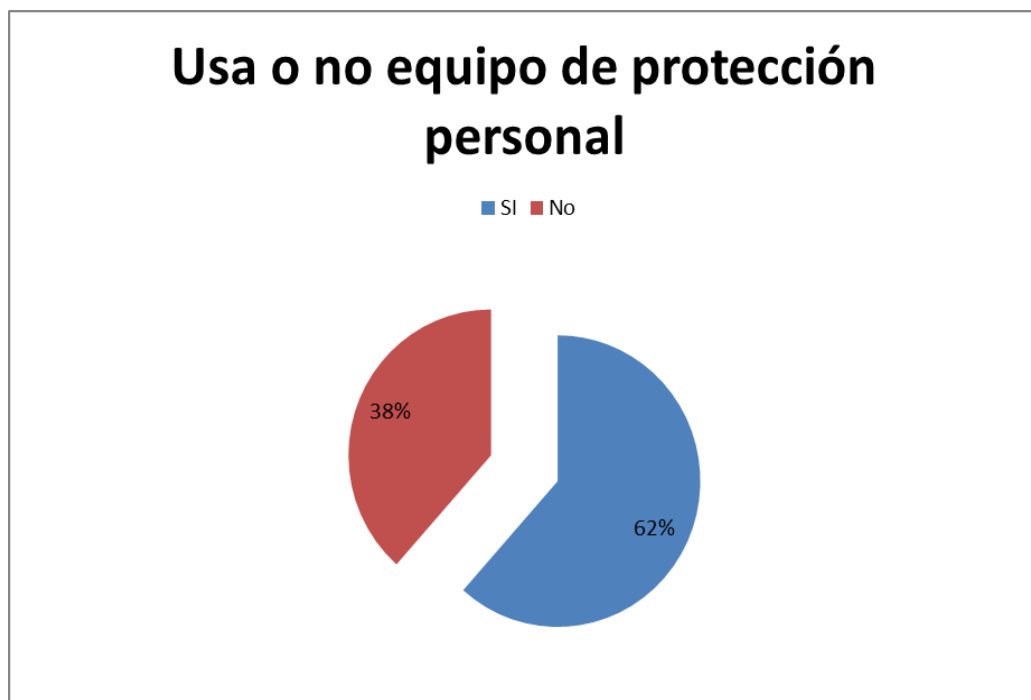
**Figura 7.19.** Tiempo laborando en el sector de la construcción.

En cuanto a las actividades que realizan dentro de la obra, el 23 % refirió ser operador de maquinaria, 15 % topógrafo, 8% albañil, 8 % operador de camiones, 8 % ayudante, 5 % fierrero, 3 % electricista, 3 % en mantenimiento, y el resto (21 %) otras actividades.

De las molestias que identifican en su entorno, la mayoría de los encuestados señaló la exposición al sol en un 38 %, y un 31 % de los encuestados señaló que no tienen ninguna molestia en su entorno para la realización de su actividad y el resto de los encuestados señaló al tráfico vehicular y la contaminación por el mismo en un 15 y 13 % respectivamente.

Sin embargo una vez que se les pregunta algún malestar que considerara relacionada con su actividad laboral, 28% refiere irritación de ojos, 26 % dolor de cabeza, 15 % tos, 8 %, dolor de garganta, 5 % congestión nasal, 5 % alergia, el 3 % disminución de la audición y zumbido otro 3 %.

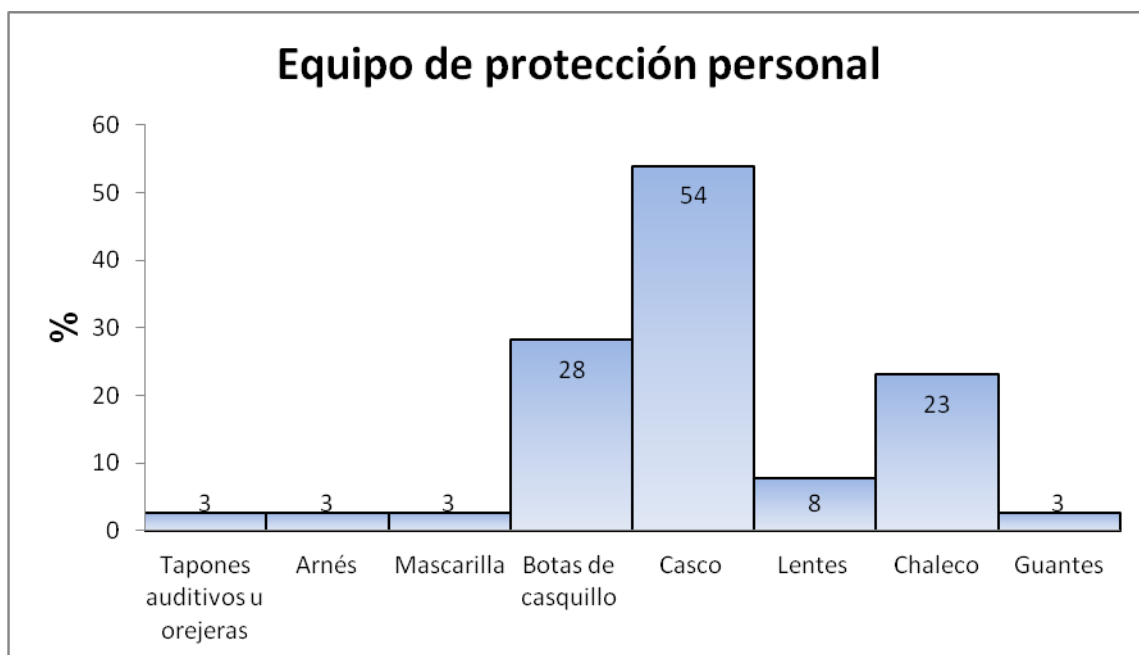
En cuanto al uso de equipo de protección personal, la mayoría de ellos refieren que no se les aporta (62%) y dentro de los que refieren que si se les aporta solo el 3 % refiere equipo de protección auditiva y protección nasal (figura 7.20).



Fuente: Elaboración propia (2013).

**Figura 7.20.** Uso de equipo de protección personal.

En relación a aquellos que se les aporta equipo de protección personal, la mayoría refirió casco (54 %), botas de casquillo (28 %) y chaleco (23 %) (Figura 7.21).



Fuente: Elaboración propia (2013).

**Figura 7.21.** Equipo de protección personal que refirió se le provee.

En cuanto a la opinión que tienen con respecto al uso de equipo de protección personal, la mayoría señaló que le protege (64 %), 21 % considera que es incómodo, el 5 % considera que no sirve de nada, el 3 % refiere que le previene de afectaciones a la salud.

## 8. Discusión

La construcción como actividad laboral, es una de las que mayor cantidad de riesgos de accidentes y enfermedades ocasiona, por lo que evaluar la exposición de los trabajadores es, dentro de la salud ambiental, una importante área de investigación; de manera particular, la propia OIT señala que la medición de la exposición en esta actividad, puede basarse en tareas mejor que en turnos de trabajo (Ringén, 2001), siendo esto efectivamente aplicado en el presente trabajo donde se pudo determinar la concentración de partículas  $PM_{10}$ , metales y ruido a partir de dicha recomendación.

Los resultados para  $PM_{10}$  indican que los trabajadores estuvieron expuestos a concentraciones de partículas respirables, en los días de medición, que podrían ser nocivas para su salud, ya que en el 73 % de las ocasiones se superó los máximos permisibles establecidos por la normatividad nacional y es de mayor preocupación que en el 93 % de las mediciones se sobrepasó el límite recomendado por la OMS para 24 h, siendo hasta 7 y 17 veces mayores, respectivamente. El estudio también indica que los niveles de partículas son independientes de la obra y mostró que la ejecución de la obra tuvo contribuciones importantes a los niveles de  $PM_{10}$ , aunque no significativas, porque las medianas más altas coinciden con el periodo de construcción. Otra posible explicación es que la dispersión de los datos, debido probablemente al espaciado entre toma de muestras haya dificultado encontrar diferencias entre obras. Por lo tanto, se demostró la necesidad de extremar precauciones relacionadas con la protección de los trabajadores y se encontró consistencia con los reportes de inventarios de emisiones que ubican a la construcción como la segunda actividad responsable de las emisiones de partículas  $PM_{10}$  en Jalisco.

El análisis elemental de  $PM_{10}$  demuestra que es necesario ir más allá con la normatividad nacional relacionada a contaminantes del aire ya que la presencia de estos componentes amplía la información sobre el aspecto toxicológico asociado a la exposición a partículas y brinda pistas que podrían apoyar en la identificación de fuentes, tan necesarias para sustentar la implementación de acciones de control de contaminantes del aire. En ese contexto, este estudio reporta la presencia de ocho elementos metálicos en  $PM_{10}$ , en la mayoría de los casos sin norma y con propiedades toxicológicas demostradas que sugiere que su presencia podría ser de riesgo para la salud de trabajadores expuestos en extensas jornadas laborales. Los resultados muestran que el plomo, único metal normado, en ningún caso superó los límites máximos permisibles, lo que indica que el control de emisiones ha sido efectivo para este contaminante, sin embargo se cuantificó en el 93 % de las muestras colectadas válidas, lo que demuestra que su emisión persiste muy probablemente por fuentes antrópicas porque se obtuvo un FE (factor de enriquecimiento)  $> 5$  que sugiere la actividad humana como principal contribuyente.

Cabe hacer mención que si bien la gasolina con plomo se dejó de utilizar desde la década de los 80s en México, es probable que este resultado se deba a las emisiones por desgaste de las piezas en los automotores hechas con aleaciones que contienen plomo como la cámara de combustión y los embragues (Referencia). Los metales restantes, aunque no se encuentran normados, demuestran el potencial riesgo que representan estas partículas porque en todos los casos han sido asociados con diversos padecimientos. Así mismo, el FE para estos últimos indica que la formación de las  $PM_{10}$  se debe tanto a procesos naturales con antrópicos ya que el FE para hierro, indicó posible origen geológico, los FE para Mn y Co sugieren que su concentración natural está incrementada antrópicamente, mientras que los FE para Zn, Cu, Cd y Ni sugieren que la actividad humana contribuye significativamente a su presencia, entre otras fuentes se podrían sugerir los bancos de material geológico, obras privadas así como las fuentes móviles y fijas de la Zona



Metropolitana, sin embargo la asignación más específica de fuentes requiere considerar otro tipo de contaminantes como otros componentes inorgánicos y orgánicos.

Autores como Zamoranto, *et al.* (2010), han realizado estudios de exposición laboral a ruido en la industria metalmecánica, donde a diferencia del presente estudio, el personal ocupado que es sometido a niveles de presión sonora mayor a 85 dB y que no utiliza equipo de protección especial apenas es el 4.26% del total de los trabajadores, mientras en el trabajo realizado, se detectó solo un trabajador dentro de las obras monitoreadas con equipo de protección auditiva mientras se exponía a altos niveles de ruido.

Como bien señala Cozzi *et al.* (2008), actualmente, ya no es suficiente llevar a cabo estudios de calidad del aire, donde se determinen las concentraciones de material particulado, si no que se debe tener un nivel de determinación de las especies que contiene dicho material particulado, y así poder hacer una relación más cercana entre las afectaciones a la salud y aquellas especies que se asocian con dichas afectaciones. Agregando a ello que en los estudios de exposición laboral, es de gran relevancia conocer las especies químicas a que se someten los trabajadores, con la finalidad de tomar las adecuadas medidas correctivas, sobre todo si estos elementos están debidamente estudiados, así como sus daños potenciales a la salud humana.

En relación al señalamiento anterior, podemos encontrar de manera particular que para el Área Urbana de Guadalajara, se han llevado a cabo trabajos de determinación y caracterización de PM<sub>2.5</sub> por autores como Saldarriaga *et al.* (2010), Hernández *et al.* (2008), Limón (2008), Hernández *et al.* (2010), y Hernández *et al.* (2011), no habiendo encontrado lo mismo para las PM<sub>10</sub> en esta Área Urbana.

Para el caso particular de la caracterización de metales, Cozzi *et al.* (2008), reporta la presencia de metales en una zona urbana y una industrial en Trieste,

Italia, donde encuentra la presencia de Fe como elemento más abundante en ambas condiciones, seguido de Mn, seguido de Pb, señalando que el Fe de igual manera en el presente trabajo se encontró como el más abundante en las tres obras muestreadas.

El presente trabajo aborda, a diferencia de otros estudios cuyo enfoque está en los riesgos de accidentes, ergonomía, o cuestiones de estrés por convivencia laboral, aquellos aspectos que tienen que ver con los elementos contaminantes del ambiente a que se expone el trabajador, pero haciendo énfasis, que la exposición laboral en este sector, sobre todo enfocado a la realización de obra pública en zonas urbanas, difícilmente se puede pensar en un ambiente confinado, o que la exposición sea exclusivamente a la contaminación generada dentro de la obra, si no que por tratarse de espacios abiertos, la exposición suele ser la suma de la exposición de los contaminantes que se generan por la obra y los aledaños a la misma.

El presente estudio hace referencia a la normativa existente a nivel nacional y que protege al personal ocupado en este sector productivo, por lo que es importante hacer un adecuado seguimiento a dicha normativa; en apego a ella, es importante establecer la manera en que se reduzca el nivel de exposición a dichos niveles tanto de  $PM_{10}$ , como de ruido, generados en las obras públicas.

La caracterización y concentración de metales, en general ayuda a tomar decisiones y acciones que no signifiquen un riesgo a la salud, por lo que el aporte principal de este trabajo es el presentar la evidencia de la exposición a  $PM_{10}$  y ruido, a que se someten los trabajadores de la obra pública, sumada la carencia de equipo de protección adecuado que proteja ante estos contaminantes, y de forma general, aporta una metodología integral en el análisis de salud ambiental de la obra pública, dadas sus posibilidades de fundamentar proyectos futuros para proporcionar medidas de atención para el bienestar de los trabajadores de la construcción.

## 9. Conclusiones

Los resultados encontrados para  $PM_{10}$  y ruido, indican que los trabajadores de la construcción, en el periodo y obras seleccionadas, estuvieron expuestos a niveles que pueden ser nocivos para la salud porque rebasan los límites permitidos tanto por la normativa nacional, como por las recomendaciones internacionales que sugieren la máxima protección a la salud humana.

El análisis de composición elemental de las  $PM_{10}$  sugiere que tanto fuentes naturales como antrópicas contribuyen a su formación y señala que en las partículas respirables hay sustancias que representan riesgo para salud de los trabajadores de la construcción quienes se encuentran expuestos de forma directa y durante extensas jornadas a la fuente de emisión.

El análisis elemental que se realizó mostró la necesidad de contemplar otras clases de componentes químicos de las partículas que brinden mayor información sobre los procesos de generación y comportamiento en el aire.

En los análisis de niveles de ruido, se encontró que existen variaciones entre las diversas actividades y las etapas de la obra, donde el uso de maquinaria mostró los mayores niveles con los más altos correspondiendo al ruido emitido por el taladro, rotomartillo y cortadora.

Los niveles de ruido y la forma de medición (sonómetro ambiental), indican que muy probablemente los operarios se encuentran expuestos a mayores decibeles ya que se encuentran más cerca a la fuente de emisión.

Los niveles encontrados de  $PM_{10}$  y ruido determinados mediante este estudio son útiles como línea base para la realización de futuros estudios sobre exposición y efectos a la salud.

El uso del equipo de protección personal para partículas y ruido, es obligatorio en la obra pública y en cualquier otra actividad laboral, sin embargo el desconocimiento por parte de los trabajadores debido a su nivel de escolaridad y costumbre y la falta de compromiso del contratista para proveerlo y exigir su uso, ha provocado que este tipo de protección no se utilice con regularidad.

Las condiciones laborales observadas sugieren que los trabajadores son probablemente más vulnerables a desarrollar afectaciones a la salud relacionadas con la exposición a ruido y partículas porque en ninguna de las visitas se presencié el uso de equipo de protección personal contra estos contaminantes.

En nuestro País, los estudios ambientales, de salud y de exposición laboral en su mayoría se encuentran disociados, por lo que realizar estudios donde se integren los tres, resulta novedoso, sobre todo en actividades laborales, como es el caso de la construcción en obra pública, ya que los trabajadores se exponen tanto a factores ambientales externos como a los propios generados durante su actividad laboral.

A partir de los resultados globales de  $PM_{10}$  que en promedio alcanzaron niveles de  $274 \mu g m^{-3}$ , se puede sugerir que los trabajadores de la construcción pueden estar de manera constante en condiciones extremas de exposición, lo que incrementa la posibilidad de afectaciones a su salud por exposición a diversos contaminantes en el aire. En cuanto a las concentraciones de metales obtenidos, se puede suponer que si se realizaran monitoreos periódicos se podría tener una aproximación de las concentraciones a que están sometidos los trabajadores, señalando que no son los únicos compuestos químicos a los que se someten, lo que representa importantes riesgos a la salud.

En cuanto a ruido se registraron niveles mayores a los límites permitidos en la normativa nacional y la recomendación de la OMS, teniendo niveles de hasta

100 dB(A), lo que permite comprender el riesgo potencial a la pérdida de la audición en diversos oficios como se registró en los puntos estudiados, donde se comprobó la ausencia en el uso de equipo de protección personal, se percibió la necesidad de crear conciencia en los trabajadores de la importancia del uso de protección personal y se somete a juicio la nula aplicación de la normatividad existente al respecto.

## **10. Recomendaciones**

El apoyo de los empresarios de la construcción es esencial para el desarrollo de estudios relacionados con exposición laboral a contaminantes porque esto facilitaría el acceso a las instalaciones y el contacto con los trabajadores para conocer su percepción sobre las condiciones laborales.

En futuros estudios se recomienda el uso de sistemas de monitoreo personal tanto de material particulado como de ruido, que representen mediciones directas de exposición a estos contaminantes para disminuir el sesgo o la incertidumbre de los niveles determinados.

Es de suma importancia hacer valer la normatividad en materia de protección a la salud ambiental, salud humana, particularmente la salud laboral, ya que existiendo los instrumentos normativos que protegen la integridad de la salud, estos no son aplicados de manera adecuada, ni se supervisa su cumplimiento.

La exposición de los trabajadores de la actividad de la construcción debe ser monitoreada de manera regular, así como se debe tener enfática atención a la normatividad aplicable y a las recomendaciones internacionales en cuanto a la exposición laboral se refiere, ofreciendo la posibilidad de un mejor entorno laboral, donde se proteja la salud de los trabajadores y la propia población que radica, trabaja y/o transita por los espacios donde se realicen las obras realizadas por este sector laboral.

Siendo esta actividad laboral, una de las de mayor riesgo a la salud del trabajador, se debe poner mayor énfasis en el cumplimiento del marco regulador ya existente, siendo necesaria tanto la capacitación como la real obligatoriedad de hacer el uso recomendado de equipo de protección personal, el adecuado mantenimiento de las herramientas, equipos de trabajo y

maquinaria, que disminuyan los riesgos de exposición, no solo de los trabajadores como principales receptores de los contaminantes señalados, si no la protección de aquellos que circulan y viven en las inmediaciones a las obras realizadas.

La realización de los monitoreos de exposición a Partículas  $PM_{10}$  puede ser más periódico, frente a la posibilidad de obtener datos confiables sobre la concentración de material a que se somete el personal de las obras tanto públicas como privadas que se realizan en nuestro país, así como también, se puede señalar la aportación de las obras públicas a las concentraciones de material particulado al ambiente.

En cuanto a la exposición por material particulado  $PM_{10}$  y ruido, es necesaria la capacitación de los trabajadores para laborar con protección especial, ya que se pudo constatar la poca o nula asociación de los trabajadores, entre dichos contaminantes y afectaciones tanto padecidas en el presente como posibles afectaciones futuras.

La autorización de la construcción de la obra debería incluir un estudio antes durante y posterior a su ejecución, con el propósito de evaluar el impacto al ambiente y a la salud que sirvan como base para la proposición de estrategias y acciones de control de emisiones.

Sobre estas bases es recomendable que las diferentes instancias y autoridades organicen toda una estrategia de gestión que regularice el monitoreo, el análisis, la supervisión, las sanciones y en general las estrategias en beneficio de una mejora en las condiciones ambientales y de salud de los trabajadores de la obra pública en Guadalajara metrópoli.

## 11. Bibliografía

- Allena A.G., Nemitzb E., Shia J.P., Harrisona R.M., Greenwood J.C.. (2001) Size distributions of trace metals in atmospheric aerosols in the United Kingdom *Atmospheric Environment* 35, pp. 4581–4591
- Aldunate P., Paz O., Halvorsen Kjetil. (2006). Los efectos de la contaminación atmosférica por PM<sub>10</sub> sobre la salud ciudad de La Paz-Bolivia (3650 m.s.n.m.). En: Acta Nova 3, 2, pp. 422-442.
- Amato F.; Pandolfi, M.; *et al.* (2009) Spatial and chemical patterns of PM<sub>10</sub> in road dust deposited in urban environment. En *Atmospheric Environment*, 43, pp. 1650–1659
- Angulo, L.C.; Huerta, J.I.; Restrepo, G.M. (2011). Caracterización de Partículas Suspending (PST) y Partículas Respirables (PM<sub>10</sub>) producidas en áreas de explotación Carbonífera a Cielo Abierto. En: *Información Tecnológica* 22 (4), pp 23-34.
- Arias W, (2011). Uso y Desuso de los Equipos de Protección Personal en Trabajadores de Construcción. En: Cienc Trab. Abr-Jun; 13, pp 119- 124
- Binková, B. B.; Cerná; M.; Pastorková, A.; *et al.* (2003). Biological activities of organic compounds adsorbed onto ambient air particles: comparison between the cities of Teplice and Prague during the summer and winter seasons 2000–2001. En *Mutation Research*, 525, pp. 43–59.
- Campos T.A. (2006). *Evaluación de partículas atmosféricas PST y PM<sub>10</sub> en la ciudad de Chihuahua, México: niveles de concentración, composición elemental e identificación de fuentes emisoras*. Tesis para obtener el grado de Doctor. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Catalán V. M. (2006). *Estudio de la percepción pública de la contaminación del aire y sus riesgos para la salud: perspectivas teóricas y metodológicas*. En: Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. Segunda época 12, 1. pp. 28-37.
- Cheng S., Zhou a Y., Li J., Lang J., Wang H. (2012). A new statistical modeling and optimization framework for establishing high-resolution PM<sub>10</sub> emission inventory e I. Stepwise regression model development and application. En *Atmospheric Environment*, 60, pp. 613-622.



- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. (1917). Diario Oficial de la Federación (5 de feb. 1917) Recuperado el 6 de junio de 2012 desde <http://info4.juridicas.unam.mx/ijure/fed/9/124.htm>
- Cozzi F, Adami G, Barbieri P, Reisenhofer E, Bovenzi M. (2008) Is PM(10) mass measurement a reliable index for air quality assessment? An environmental study in a geographical area of north-eastern Italy. *Environ Monit Assess*. Sep;144(1-3):389-401. Epub 2007 Nov 27.
- Criado H. R., Hernández B. B. (2005). *Técnicas, tendencias y aspectos de actividad en medio ambiente*. España. Dykinson.
- Cruz. H. A. G. (2005). *Evaluación del Riesgo la salud, por la emisión del polvo generado al triturar roca, estudio de caso en Tonalá, Jalisco 200-2005*. Tesis de maestría. Universidad de Guadalajara. Zapopan Jalisco, México.
- CPWR. (2003). Ruido en la construcción, Advertencia de peligro. En CPWR. Consultado el 2 de marzo de 2012. Disponible en <http://www.cpwr.com/hazpdfs/Kfspanno.pdf>
- Curiel. B.A., Garibay CH. G., Hernández T. V. (2007). Partículas suspendidas en el aire de Guadalajara. En: *Ciencia*. 58, pp 40-50.
- Chow J.C., Watsona G.J., Edgertonb A.S., Vegace E. (2002). Chemical composition of PM and PM in Mexico City during winter 1997. *The Science of the Total Environment*, 287 Ž2002. 177\_ 201.
- De Kok, T. M.; Droeece H. A. L.; Hogervorst J. G. F.; Briedé J. J. (2006). Toxicological assessment of ambient and traffic-related particulate matter: A review of recent studies. En *Mutation Research*, 613, (2–3), pp. 103–122
- Dellinger B.; Pryor, W.A.; Cueto, R.; *et al.* (2001) , Role of free radicals in the toxicity of airborne fine particulate matter. En *Chem. Res. Toxicol*, 14, pp. 1371–1377.
- Durant, J. L.; Busby, W.F.; Lafleur, A. L.; *et al.* (1996). Human cell mutagenicity of oxygenated, nitrated and unsubstituted polycyclic aromatic hydrocarbons associated with urban aerosols. En *Mutation Research*, 371, pp. 123-157.
- Echegoyen, J. (2013). Percepción. Torre de Babel Ediciones. Recuperado de: <http://www.e-torredebabel.com/Psicologia/Vocabulario/Percepcion.htm>
- Fenoglio, I.; Martra, G.; Coluccia, S.; Fubini, B.; (2000). Possible role of ascorbic acid in the oxidative damage induced by inhaled crystalline silica particles. En *Chem. Res. Toxicol*, 13, pp. 971–975.

- Gao, Y.; Nelson, E. D.; Field, M. P. et al. (2002). *Characterization of atmospheric trace elements on PM<sub>2.5</sub> particulate matter over the New York–New Jersey harbor estuary*. En: *Atmos Environ*; 36, pp. 1077–86.
- García M. R. (2007). *Determinación de metales pesados en la precipitación pluvial de una zona urbana (ciudad de México) y de una zona rural (rancho viejo, edo. de México)*. Tesis para obtener el grado de doctor en ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García V.J.; González B.A.X.; Orozco M. M.; et al. (2009). Calidad bacteriológica del aire en el centro histórico de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México. M. G. Garibay (comp.) En *Aire y salud*. México: Universidad de Guadalajara.
- Garibay Ch. M.G., Curiel, B. A. (2006). Salud Ambiental, Campo de la Complejidad Ambiental. En: *Ideas Ambientales*. Consultado el 30 de septiembre de 2011 Disponible en [http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev\\_ideasAmb/documentos/IAedic ion2Art15.pdf](http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev_ideasAmb/documentos/IAedic ion2Art15.pdf)
- Garibay CH M.G. (2008). La investigación en percepción del riesgo para una construcción de resiliencia social. En: Curiel B. A. (comp.), *Investigación Socioambiental, Paradigmas aplicados en Salud Ambiental y Educación Ambiental*. (pp 161-182) México: Universidad de Guadalajara.
- Gobierno del estado de Jalisco. (2011). Programa para mejorar la calidad del aire Jalisco 2011-2020. Jalisco, México
- Gobierno del Estado de Jalisco (2012). Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco En Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. Consultado el 19 de noviembre 2011. Disponible en <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/>
- Handler, M., Puls, C., Zbiral, J., Marr, I., Puxbaum, H., Limbeck, A., 2008. Size and composition of particulate emissions from motor vehicles in the Kaisermühlentunnel, Vienna. *Atmospheric Environment* 42, 2173–2186.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernández G.S.I. et al. (2000). Prevalencia de la pérdida auditiva y factores correlacionados en una industria cementera. En: *Salud pública de México*. 42, pp. 106-111.
- Hernández-M L., Tovar M. M., Ramírez N.M., Colunga U. E. De la Garza R. L., Saldarriaga N H. (2011). Enrichment Factor and Profiles of Elemental

Composition of PM 2.5 in the City of Guadalajara, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol*, 87:545–549

Hewitt C.N; Jackson, V.A. (2003). *Sources of Air Pollution. Handbook of Atmospheric Science Principles and Applications*. USA: Blackwell Publishing company.

IARC (2010) Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures Monographs on the Carcinogenic Risks to Humans. En *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. volume 92. Lyon, France: Ediciones WHO-IARC

INEGI (2012). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). En *INEGI*. Consultado el 1 de abril de 2012. Disponible en <http://gaia.inegi.org.mx/denue/viewer.html>

INEGI (2010). Encuesta Nacional de Empresas Constructoras 2010. En *INEGI*. Consultado el 21 de mayo de 2012. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/default.aspx?idserPadre=116013700160#D116013700160>

INEGI. (2011). *Información oportuna sobre la actividad industrial en México. Boletín de prensa Núm. 439/11*. En *INEGI*. Consultado el 14 de noviembre de 2011. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2011/Noviembre/comunica9.pdf>

INEGI. (2007). Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, SCIAN, 2007. En *INEGI*. Consultado el 11 de noviembre de 2011. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/scian/metadato.aspx?s=clasifica&ct=&c=361&cod=23>

Instituto Mexicano Del Seguro Social. (2012) Memoria estadística 2011. Disponible en: <http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/Pages/memoriaestadistica.aspx>

Instituto Nacional de Ecología. (2011). Métodos, procedimientos y criterios para analizar la calidad del aire en México. Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009). ISBN: 978-607-790-858-6.

Jiménez C.B.E. (2001). *La contaminación ambiental en México, causas, efectos y tecnología*. México: Limusa.

Jacobson M.Z. (2002) *Atmospheric Pollution. History science and regulation*. Reino Unido: Cambridge.

- Laboratorio de Producción. (2007). *Niveles de ruido. Protocolo Laboratorio de condiciones de trabajo*. Colombia. Facultad de ingeniería.
- LaDou J., (2005). *Diagnóstico y tratamiento en medicina laboral y ambiental*. México: Manual moderno.
- Ladji R., Noureddine Yassaa N. Balducci C., Cecinato A., Meklati B.Y. (2009). Annual variation of particulate organic compounds in PM10 in the urban atmosphere of Algiers. *Atmospheric Research* 92, 258–269
- Ley Federal del Trabajo. (1970). Diario Oficial de la Federación (17 ene. 2006), Recuperado el 20 de julio de 2011 desde [http://www.yucatan.gob.mx/gobierno/orden\\_juridico/Federal/Leyes/nr51rf2.pdf](http://www.yucatan.gob.mx/gobierno/orden_juridico/Federal/Leyes/nr51rf2.pdf)
- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas (2000), Diario Oficial de la Federación (4 ene. de 2000). Recuperada el 19 de septiembre de 2011 desde [http://www.metro.df.gob.mx/transparencia/imagenes/fr1/normaplicable/2013/lop\\_srm14012013.pdf](http://www.metro.df.gob.mx/transparencia/imagenes/fr1/normaplicable/2013/lop_srm14012013.pdf)
- Li W., Bi X., Sheng G., Peng P., Zhang Z., Fu J.J. (2002). The Extractable organic matter in PM10. *Science of the Total Environment*, 300 213–228 district of Guangzhou City PR China
- Lough, G.C., Schauer, J.J., Park, J.-S., Shafer, M.M., Deminter, J.T., Weinstein, J.P., (2005). Emissions of Metals Associated with Motor Vehicle Roadways. *Environmental Science and Technology* 39, 826–836.
- Machado A., García N., García C, *et al* (2008). Contaminación por metales (pb, zn, ni y cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. En *Rev. Int. Contam. Ambient.* 24, (4), pp. 171-182.
- Mena Y.M. (2010). *Análisis de estudios de percepción pública de la ciencia y la tecnología para organizaciones costarricenses*. Tesis de Maestría, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- México, Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación. (2013). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Mohamed, S. Ali T.H., Tam W.Y.V.. (2009). National culture and safe work behaviour of construction workers in Pakistan. *Safety Science* 47 (2009) 29–35
- Nieto H.A. (1999). Salud laboral. En Mazzàfero V.E. y col. *Medicina y Salud Pública*. (pp. 1-37) Argentina: Eudeba.
- Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales

- en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación. México. (23 de abr. 2003) Recuperado el 19 de noviembre de 2013 desde <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1215/1/nom-035-semarnat-1993.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Diario Oficial de la Federación. México. (23 de abr. 2003) Recuperado el 19 de noviembre de 2013 desde <http://www.aguascalientes.gob.mx/proespa/pdf/NOM-SEMARNAT-081%20RUIDO.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas totales (PST). Diario Oficial de la Federación. México. (26 de septiembre de 2005) Recuperado el 19 de noviembre de 2013 desde <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/025ssa193.html>
- Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiental, con respecto a las partículas menores de 10 micras (PM<sub>10</sub>). Diario Oficial de la Federación. México. (23 de dic. 1994) Recuperado el 19 de noviembre de 2013 desde <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/025ssa13.html>
- Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. (2003). Diario Oficial de la Federación. México. (27 de dic. 2001) Recuperado el 19 de noviembre de 2013 desde <http://www.ucol.mx/dgrh/uploads/media/NOM-011-STPS-2001.pdf>
- Norma Oficial Mexicana. NOM-031-STPS-2011, Construcción-condiciones de seguridad y salud en el trabajo (2011). Diario Oficial de la Federación. México. (4 de may. De 2011) Recuperado el 19 de noviembre de 2013 desde <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/NOM-031.pdf>
- Núñez G.A.E., Orozco, M.M.G., García V.J., *et al.* (2006). Diagnóstico de Contaminación ambiental de un área crítica del Centro de la Ciudad de Guadalajara. En Carvaja, S.; Pimienta E. (eds) *Avances en la investigación Científica en el CUCBA. XVII Semana de la investigación científica*. pp. 485-507. México: Universidad de Guadalajara.
- OMS. (1946). Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948.

- OMS. (1993) Global Strategy: Health, Environment and Development: Approaches to Drafting Country-Level Strategies for Human Well-Being Under Agenda 21. Geneva: World Health Organization.
- OMS. (2005). “El número de accidentes y enfermedades relacionados con el trabajo sigue aumentando” En OMS. Consultado el 30 de octubre de 2011. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr18/es/>
- OMS. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005 Resumen de evaluación de los riesgos. Suiza.
- OMS. (2007). Salud de los trabajadores: proyecto de plan de acción mundial. Reunión 120.
- OMS. (1948). Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948.
- OMS. (1993) Global Strategy: Health, Environment and Development: Approaches to Drafting Country-Level Strategies for Human Well-Being Under Agenda 21. Geneva: World Health Organization.
- Organización Internacional del Trabajo. (1964). Recomendación sobre las prestaciones en caso de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales núm. 121, párrafo 6, 1. Normas del trabajo. Disponible en: [http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_INSTRUMENT\\_ID:312459](http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_INSTRUMENT_ID:312459)
- ONU. (2009). Clasificación industrial Internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIIU). Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. División de Estadística. Informe estadístico Serie M No. 4 / Rev.4. Nueva York USA.
- OTI. (2010). Lista de enfermedades profesionales (revisada en 2010). Identificación y reconocimiento de las enfermedades profesionales: Criterios para incluir enfermedades en la lista de enfermedades profesionales de la OIT. En ilo. Consultado el 26 de enero de 2012. Disponible en [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/--safework/documents/publication/wcms\\_150327.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/--safework/documents/publication/wcms_150327.pdf)
- OIT. (1981). C155 - Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155). *Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo (Entrada en vigor: 11 agosto 1983)Adopción: Ginebra, 67ª*

*reunión CIT (22 junio 1981) - Estatus: Instrumento actualizado (Convenios Técnicos).*

OIT. (1964). Recomendación sobre las prestaciones en caso de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales núm. 121, párrafo 6, 1. Normas del trabajo. Disponible en: [http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_INSTRUMENT\\_ID:312459](http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_INSTRUMENT_ID:312459)

Orozco M.M.G. (2004). *El ruido en el centro histórico de Zapopan. Identificación y análisis*. México. Universidad de Guadalajara.

Orozco M. M. G. (2008). Elementos clave para la realización de estudios de Ruido Urbano. El Análisis del Ruido en Guadalajara. En Curiel B. A. (comp.) *Investigación Socioambiental, Paradigmas aplicados en Salud Ambiental y Educación Ambiental* (pp 161-182). México: Universidad de Guadalajara

Orozco M.M.G., Figueroa M. A., García V: J., Bañelos M. (2008). Análisis de los niveles de ruido por tráfico vehicular en puntos conflictivos de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Ponencia presentada en el 15vo Congreso Internacional Mexicano de Acústica. Taxco Guerrero, México; 2008.

Orozco M. M. G. et al. (2009). *Análisis de ruido ambiental como condición de riesgo relacionada con la obra pública en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México*. Ponencia presentada en el 16° Congreso Internacional Mexicano de Acústica. Uruapan, Michoacán, México, 2009.

Otárola M.F., Otárola Z. F., Finkelstein, K. A. (2006). Ruido Laboral y su Impacto en Salud. *Ciencia & Trabajo* 20 (8) 47-51.

Oviedo G. (2004). La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt. *Revista de estudios sociales*, n. 18, 89-96.

Parra M. (2003). *Conceptos básicos en salud laboral*. Santiago. Central Oficina Internacional del Trabajo.

Peña J.A. (2010). Obras públicas, daño público y desastre (urbano). En *wordpress*. Consultado el 10 de diciembre de 2012. Disponible en <http://blogcrystalroto.wordpress.com/2010/12/10/obras-publicas-dano-publico-y-desastre-urbano/>

Pierre G.; Furgal C.; Ruiz A. (2001). Programa Frontera XXI México-Estados Unidos. En *infofrontera*. Consultado el 29 de enero de 2012. Disponible en <http://www.infofrontera.org/lildbi/docsonline/fep002116.pdf>

Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, (1997) Diario Oficial de la Federación, el 21 de enero de 1997.

Ringén K.; Seegal J.L.; Weeks J.L. (2001). *Construcción*. Madrid. OTI

Sienra, M., del, R., Rosazza, N.G., Préndez, M., 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons and their molecular diagnostic ratios in urban atmospheric respirable particulate matter. *Atmos. Res.* 75, 267–281

Sienra M.R., Rosazza G.N. (2006) Occurrence of nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in urban particulate matter PM<sub>10</sub>. *Atmospheric Research* 81, 265–276

Querol, X., Alastuey, A., Viana, M.M., *et al.* (2004) Speciation and origin of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Spain. En *Journal of Aerosol Science* 35, (9), pp. 1151–1172.

Saldarriaga M.J.C.; Echeverri L.C.A.; Molina P.F.J. (2004). Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM<sub>10</sub>) en el Valle de Aburrá, Colombia. En: *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía*, 32, pp. 7-16.

Santos B.; Rojas L.; Linker F. *et al.* (1993). *La salud ambiental*. Perspectivas en salud pública. México: Instituto nacional en salud pública.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y RETC (2013). Inventario Nacional de Emisiones de México 2008, México.

SEDEUR Jalisco. (2012). *Presupuesto de Egresos 2012. Programa Operativo Anual de Inversión Pública*. México. Gobierno del Estado de Jalisco.

Sternbeck, J., Sjödin, A., Andreasson, K., (2002). Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension—results from two tunnel studies. *Atmospheric Environment* 36, 4735–4744.

STPS. (2011). Guía para la evaluación del cumplimiento de la normatividad en seguridad y salud en el trabajo. En STPS. Consultado el 29 de febrero de 2012. Disponible en <http://autogestion.stps.gob.mx:8162/pdf/Gu%C3%ADa%20ECNSST.pdf>

STPS. (2012). Misión, visión, Objetivos. En STPS. Consultado el 2 de marzo de 2012. Disponible en [http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/mision\\_vision.html](http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/mision_vision.html)

Sosa E. R.; Bravo A. H.; Sánchez-A. P.; *et al* (2007). Determinación de partículas suspendidas totales durante cinco cruces de investigación en la plataforma continental del Golfo de México. En: *Ingeniería Investigación y Tecnología* VIII. (2), pp 71-83



- Sinfeld J. H.; Pandis S. N. (2006). *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate changes*. New York, EUA: Jhon Wiley y Sons.
- Tong Y., Ni X., Zhang Y., Chen F., Zhang G., Ye S. (2002). Study of the toxicological mechanism of acidified aerosols. En *Biological Trace Element Research*, 85, pp. 149–156
- Tzintzun G.; Rojas L.; Fernández A. (2005). Las Partículas suspendidas en tres grandes ciudades Mexicanas. En *Gaceta Ecología*. Consultado el 19 de marzo 2012. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/539/53907402.pdf>
- Vargas, L. (1994). Sobre el concepto de percepción. *Alteridades*, 4 (8), 47-53
- Vecchi, R.; Marcazzan, G.; Valli, G. (2007). A study on nighttime–daytime PM10 concentration and elemental composition in relation to atmospheric dispersion in the urban area of Milan (Italy). En: *Atmospheric Environment*, 41, pp. 2136–2144
- Yassi A., Kjellström T., deKok T., Guidotti T.(1998) Basic Environmental Health. Ginebra: WHO/UNEP/UNESCO/CRE

## **Anexos**

# ANEXO 1

FICHA PARA VACIAR MEDICIONES DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS PM<sub>10</sub>

| MUESTREO DE PARTÍCULAS PM <sub>10</sub>    |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|--------------------------------------------|--------|---------|-----------|-------------|-------------------------|------------|---------------|---------------------|
| LUGAR                                      |        | FECHA   |           | HORA INICIO |                         | HORA FINAL |               |                     |
| CONDICIONES AMBIENTALES<br>MULTIPARAMETROS |        |         |           |             | DATOS BOMBA MICROVOL    |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             | CONDICIONES AMBIENTALES |            | REGISTRO AIRE |                     |
| H (hh:min)                                 | T (°C) | P (KPa) | H. R. (%) | V.V (Km/h)  | T (°C)                  | P. (mmHg)  | F (lpm)       | V (m <sup>3</sup> ) |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |
|                                            |        |         |           |             |                         |            |               |                     |

H: hora, P: presión barométrica , H.R: humedad relativa, V.V: velocidad del viento, T: temperatura, F: flujo, V: volumen de aire

## ANEXO 2

. Valores certificados para el contenido de los elementos seleccionados en SRM 1648.

| Elemento | Proporción en masa mg/kg, a menos que se indique en % |
|----------|-------------------------------------------------------|
| Fe       | 3.92 %                                                |
| Mn       | 790                                                   |
| Co       | 17.93                                                 |
| Ni       | 81.1                                                  |
| Cu       | 610                                                   |
| Zn       | 4800                                                  |
| Cd       | 73.7                                                  |
| Pb       | 0.655 %                                               |

Fuente: National Institute of Standards & Technology, 2008

## ANEXO 3

FICHA PARA VACIAR MEDICIONES DE NIVELES DE PRESIÓN SONORA

|                                                |  |               |
|------------------------------------------------|--|---------------|
| <b>Reporte de mediciones de presión sonora</b> |  |               |
| <b>No. De Registro</b>                         |  | <b>Fecha:</b> |
| <b>OBRA MONITOREADA:</b>                       |  |               |
| <b>UBICACIÓN:</b>                              |  |               |
| <b>Tiempo medición:</b>                        |  |               |
| <b>LAT</b>                                     |  | <b>dB</b>     |
| <b>LAT mínima</b>                              |  | <b>dB</b>     |
| <b>LAT máxima</b>                              |  | <b>dB</b>     |

## ANEXO 4



### UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL ENCUESTA OPINIÓN DE TRABAJADORES



NOMBRE DE LA OBRA: \_\_\_\_\_  
 UBICACIÓN: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

#### I. Datos generales

**1. Sexo**

|           |          |
|-----------|----------|
| a) Hombre | b) Mujer |
|-----------|----------|

**2. Edad**

|          |         |           |
|----------|---------|-----------|
| 18 – 24  | 36 – 45 | 56 – 60   |
| 25 -- 35 | 46 – 55 | Más de 60 |

**3. Nivel de estudios**

|            |          |            |              |              |            |
|------------|----------|------------|--------------|--------------|------------|
| S/estudios | Primaria | Secundaria | Preparatoria | Licenciatura | Otro, cual |
|------------|----------|------------|--------------|--------------|------------|

**4. Tiempo laborando en la actividad de la construcción**

|              |              |         |
|--------------|--------------|---------|
| 1 -- 5 años  | 6 -- 10 años | 16 – 20 |
| 11 – 15 años | 21– 30       | 30 más  |

**5. ¿Ha trabajado usted en alguna de las siguientes actividades ruidosas?**

|                            |             |              |
|----------------------------|-------------|--------------|
| Vía pública                | Industria:  | Otro ¿Cuál?: |
| Sector de la construcción  | Manufactura |              |
| Centro de entretenimientos | Extractiva  |              |
| Centro escolar             | Eléctrica   |              |

**6. ¿En los trabajos anteriores se exponía a altos niveles de polvo? si ó no**

**7. ¿Qué tipo de actividad realizaba?**

**8. ¿Qué actividad realiza actualmente en esta obra?**

|            |                        |               |
|------------|------------------------|---------------|
| Albañil    | Operador de maquinaria | Fontanero     |
| Soldador   | Operador de camiones   | Plomero       |
| Carpintero | Electricista           | Barrenador    |
| Mecánico   | Pintor                 | Mantenimiento |

|  |         |  |            |  |          |
|--|---------|--|------------|--|----------|
|  | Velador |  | Supervisor |  | Fierrero |
|  |         |  |            |  | Otra:    |

**9. Además de polvo y ruido que otra molestia identifica en su entorno de trabajo?**

|  |                                |  |                   |
|--|--------------------------------|--|-------------------|
|  | Exposición al sol directamente |  | Tráfico vehicular |
|  | Contaminación por automóviles  |  | Otra ¿Cuál?:      |

**10. ¿Cuál de los siguientes síntomas relaciona con la realización de su trabajo?**

|  |                            |  |                        |  |                  |
|--|----------------------------|--|------------------------|--|------------------|
|  | Dolor de cabeza            |  | Irritación de ojos     |  | Congestión nasal |
|  | Disminución de la audición |  | Irritación de garganta |  | Tos              |
|  | Mareos                     |  | Dolor de oídos         |  | Alta presión     |
|  | Zumbido                    |  | Alergia                |  | Otro ¿Cuál?:     |
|  | Problemas de la piel       |  |                        |  |                  |

**11. ¿Utiliza equipo de protección personal?**

|                          |    |                          |    |
|--------------------------|----|--------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> | Si | <input type="checkbox"/> | No |
|--------------------------|----|--------------------------|----|

**12. ¿Cuál?**

|  |                              |  |                              |  |              |
|--|------------------------------|--|------------------------------|--|--------------|
|  | Tapones auditivos u orejeras |  | Botas de casquillo           |  | Lentes       |
|  | Arnés                        |  | Casco                        |  | Otro ¿Cuál?: |
|  | Mascarilla                   |  | Ropa especial de manga larga |  |              |

**13. ¿Cuál es su opinión en cuanto al uso del equipo de protección personal?**

|                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Es incomodo                         |
| <input type="checkbox"/> | Me protégé                          |
| <input type="checkbox"/> | No sirven de nada                   |
| <input type="checkbox"/> | Me previene afectaciones a la salud |
| <input type="checkbox"/> | Otra cual:                          |

**14. ¿Identifica algún tipo de riesgo en su actividad laboral?**

|                          |    |                          |    |
|--------------------------|----|--------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> | Si | <input type="checkbox"/> | No |
|--------------------------|----|--------------------------|----|

**15. ¿Cuál?**

|  |                                   |  |                      |
|--|-----------------------------------|--|----------------------|
|  | Caídas y fracturas                |  | Accidentes viales    |
|  | Afectaciones a la piel            |  | Afectaciones al oído |
|  | Afectaciones respiratorias        |  | Otra ¿Cuál?:         |
|  | Exposición a químicos y solventes |  |                      |

**16. Con relación a condiciones de exposición, personal o hereditarias, Hábitos y costumbres**

| ANTECEDENTES | SI | NO |                           | SI | NO |
|--------------|----|----|---------------------------|----|----|
| Fuma         |    |    | Enfermedades hereditarias |    |    |

|                                                                        |  |  |                                                          |  |  |
|------------------------------------------------------------------------|--|--|----------------------------------------------------------|--|--|
|                                                                        |  |  | como Asma, Hipertensión arterial, Otra                   |  |  |
| Asiste a lugares de entretenimiento con exposición a ruido             |  |  | Consume bebidas alcohólicas:                             |  |  |
| Infección al Oído                                                      |  |  | Cuántas copas consume a la semana de bebidas alcohólicas |  |  |
| Uso de medicamentos que afecten el oído como Amikacina y/o Gentamicina |  |  |                                                          |  |  |

**17. . Cuál de los siguientes enunciados se apega a lo que su actividad laboral le representa:**

|  |                                         |  |                             |
|--|-----------------------------------------|--|-----------------------------|
|  | Resolver necesidades económicas         |  | Satisfacción                |
|  | Posibilidad de desarrollo y crecimiento |  | Riesgo, peligro, enfermedad |
|  | Insatisfacción y frustración            |  | Otra, cual:                 |

**18. Desea agregar algún comentario:**



## Anexo 5

### Concentraciones de PM<sub>10</sub>, del total de los muestreos realizados

| Filtro   | Fecha de muestreo | Sitio de muestreo | Condiciones | Peso promedio Inicial, sin muestra (mg) | Peso promedio final con muestra (mg) | Masa PM <sub>10</sub> (mg) | Masa PM <sub>10</sub> (µg) | Volumen de aire (l) | Volumen de Aire (m <sup>3</sup> ) | PM <sub>10</sub> µg m <sup>-3</sup> |
|----------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| P0520505 | 13/02/2013        | PERIFERICO        | 2A          | 143.063                                 | 143.165                              | 0.1019                     | 101.9                      | 1081                | 1.081                             | 94                                  |
| P0520506 | 14/12/2012        | ITESO             | 3           | 141.4391                                | 141.632                              | 0.1933                     | 193.3                      | 1082                | 1.082                             | 179                                 |
| P0520507 | 12/12/2012        | PERIFERICO        | 2           | 143.419                                 | 143.594                              | 0.1751                     | 175.0667                   | 1104                | 1.104                             | 159                                 |
| P0520508 | 13/12/2012        | ITESO             | 3           | 142.3308                                | 142.623                              | 0.2921                     | 292.1                      | 1092                | 1.092                             | 268                                 |
| P0520509 | 30/11/2012        | VALLARTA          | 1A          | 142.1967                                | 142.37                               | 0.1734                     | 173.4                      | 1087                | 1.087                             | 160                                 |
| P0520510 | 28/11/2012        | VALLARTA          | 1A          | 142.277                                 | 142.396                              | 0.1186                     | 118.5667                   | 1097                | 1.097                             | 108                                 |
| P0520511 | 11/11/2012        | PERIFERICO        | 2           | 142.4279                                | 142.586                              | 0.1576                     | 157.6333                   | 1079                | 1.079                             | 146                                 |
| P0520512 | 24/11/2012        | VALLARTA          | 1A          | 142.5692                                | 143.393                              | 0.8237                     | 823.7333                   | 1130                | 1.13                              | 729                                 |
| P0520513 | 21/11/2012        | PERIFERICO        | 2           | 143.4727                                | 143.554                              | 0.0811                     | 81.1                       | 887                 | 0.887                             | 91                                  |
| P0520515 | 07/11/2012        | PERIFERICO        | 2           | 142.4749                                | 142.566                              | 0.2076                     | 207.5667                   | 1146                | 1.146                             | 181                                 |
| P0520516 | 17/10/2012        | VALLARTA          | 1           | 142.5106                                | 142.867                              | 0.3563                     | 356.2667                   | 1073                | 1.073                             | 332                                 |
| P0520517 | 13/10/2012        | PERIFERICO        | 2           | 143.0805                                | 143.203                              | 0.1229                     | 122.8667                   | 879                 | 0.879                             | 140                                 |
| P0520519 | 06/10/2012        | VALLARTA          | 1           | 143.2247                                | 143.355                              | 0.1304                     | 130.3667                   | 1093                | 1.093                             | 119                                 |
| P0520520 | 05/10/2012        | VALLARTA          | 1           | 143.664                                 | 143.97                               | 0.3058                     | 305.7833                   | 1440                | 1.44                              | 212                                 |
| P0520523 | 03/10/2012        | VALLARTA          | 1           | 141.3434                                | 141.621                              | 0.2778                     | 277.7667                   | 1248                | 1.248                             | 223                                 |
| W5003451 | 03/04/2013        | ITESO             | 3A          | 144.355867                              | 144.595667                           | 0.2398                     | 239.8                      | 1080                | 1.08                              | 222                                 |
| W5003475 | 23/03/2013        | ITESO             | 3A          | 142.5869                                | 142.6                                | 0.0129                     | 12.9                       | 1081                | 1.081                             | 12                                  |

.....continuación

| <b>Presión<br/>atmosférica mmHg</b> | <b>Temperatura<br/>( °C)</b> | <b>Presión<br/>atmosférica<br/>estándar mmHg</b> | <b>Temperatura<br/>estándar ( °C)</b> | <b>(Patm/Pstd)</b> | <b>(Tstd/Tatm)</b> | <b>Vstd=(Vs)(Pat<br/>m/Pstd)(Tstd/T<br/>atm)</b> | <b>PM10 (µg m<sup>-3</sup>)</b> |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|
| 628.9                               | 27.5                         | 760                                              | 25                                    | 0.827              | 0.908              | 0.812                                            | <b>125</b>                      |
| 629.8                               | 29.0                         | 760                                              | 25                                    | 0.829              | 0.862              | 0.773                                            | <b>250</b>                      |
| 632.0                               | 24.3                         | 760                                              | 25                                    | 0.832              | 1.027              | 0.943                                            | <b>186</b>                      |
| 630.3                               | 29.3                         | 760                                              | 25                                    | 0.829              | 0.854              | 0.774                                            | <b>377</b>                      |
| 633.4                               | 29.7                         | 760                                              | 25                                    | 0.833              | 0.841              | 0.762                                            | <b>228</b>                      |
| 632.6                               | 28.7                         | 760                                              | 25                                    | 0.832              | 0.872              | 0.796                                            | <b>149</b>                      |
| 630.2                               | 27.5                         | 760                                              | 25                                    | 0.829              | 0.911              | 0.815                                            | <b>194</b>                      |
| 633.7                               | 25.3                         | 760                                              | 25                                    | 0.834              | 0.987              | 0.930                                            | <b>885</b>                      |
| 632.8                               | 25.4                         | 760                                              | 25                                    | 0.833              | 0.985              | 0.727                                            | <b>111</b>                      |
| 632.4                               | 26.1                         | 760                                              | 25                                    | 0.832              | 0.959              | 0.914                                            | <b>227</b>                      |
| 633.6                               | 27.6                         | 760                                              | 25                                    | 0.834              | 0.904              | 0.809                                            | <b>440</b>                      |
| 628.1                               | 31.5                         | 760                                              | 25                                    | 0.826              | 0.795              | 0.577                                            | <b>213</b>                      |
| 580.3                               | 27.7                         | 760                                              | 25                                    | 0.764              | 0.902              | 0.753                                            | <b>173</b>                      |
| 630.0                               | 31.2                         | 760                                              | 25                                    | 0.829              | 0.801              | 0.956                                            | <b>320</b>                      |
| 631.6                               | 29.1                         | 760                                              | 25                                    | 0.831              | 0.860              | 0.892                                            | <b>311</b>                      |
| 630.4                               | 28.9                         | 760                                              | 25                                    | 0.829              | 0.865              | 0.775                                            | <b>309</b>                      |
| 633.5                               | 26.2                         | 760                                              | 25                                    | 0.834              | 0.954              | 0.860                                            | <b>15</b>                       |

## ANEXO FOTOGRÁFICO



MICROBALANZA PARA PESAJE DE FILTROS



EQUIPO DE MONITOREO DE PARTÍCULAS PM<sub>10</sub> EN OBRA 1



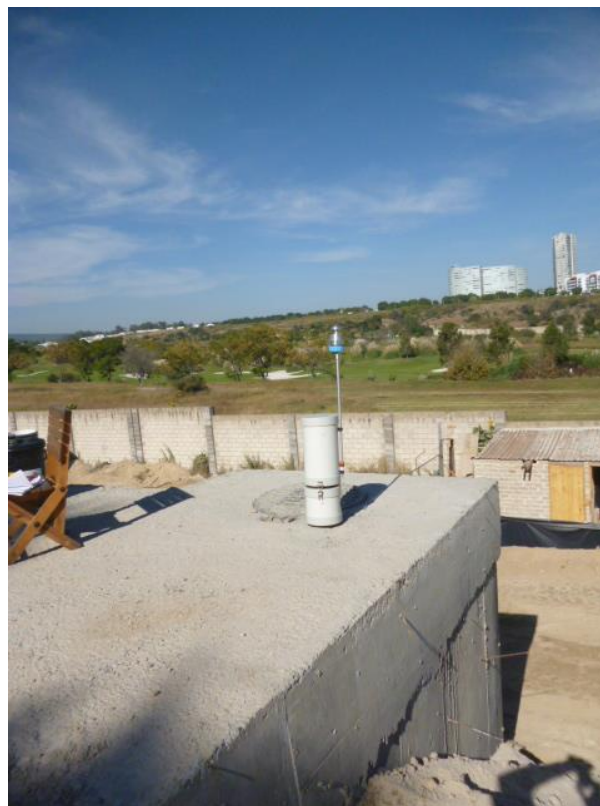
MEDICIÓN DE NIVELES DE PRESION SONORA EN OBRA 1



MEDICIÓN DE NIVELES DE PRESIÓN SONORA EN OBRA 1



SEÑALAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE OBRA 2



EQUIPO DE MONITOEEO DE PARTÍCULAS PM<sub>10</sub> EN OBRA 2





MEDICIÓN DE NIVELES DE PRESION SONORA EN OBRA 2



EQUIPO DE MONITOEEO DE PARTÍCULAS PM<sub>10</sub> EN OBRA 3