

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN
DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE
TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN
SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES
PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA
ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS
“ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”**

Realizado por:

ANDRÉS DARÍO SALAZAR CHIRIBOGA

Director del proyecto:

ING. ESTEBAN OVIEDO

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Quito, 13 de Septiembre del 2013

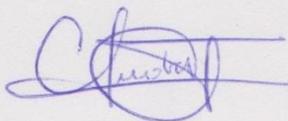
**“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN
DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE
TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”**

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, ANDRÉS DARÍO SALAZAR CHIRIBOGA, con cédula de identidad # 172252452-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Andrés Darío Salazar Chiriboga

C.C.: 172252452-5

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Realizado por:

ANDRÉS DARÍO SALAZAR CHIRIBOGA

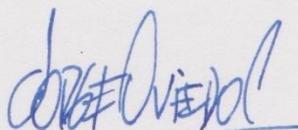
como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por el Profesor

ESTEBAN OVIEDO

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Esteban Oviedo

DIRECTOR

DECLARATORIA PROFESORES TRIBUNALES

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

ESTEBAN OBVIEDO

KATTY CORAL

CARLOS ORDOÑEZ

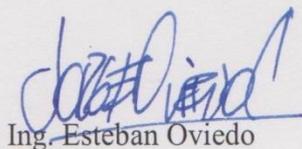
Después de revisar el trabajo presentado, por el alumno ANDRÉS DARÍO SALAZAR
CHIRIBOGA

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

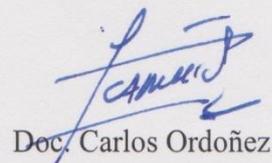
el tribunal examinador



Ing. Katty Coral



Ing. Esteban Oviedo



Doc. Carlos Ordoñez

Quito, 13 de Septiembre del 2013

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres y abuelos quienes supieron inculcarme valores que han encaminado mi vida. Gracias por apoyarme y estar siempre junto a mí.

A mis hermanos y mejores amigos con quien he compartido esta hermosa experiencia universitaria. Gracias por sus mejores consejos y apoyo incondicional.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Esteban Oviedo por su acertada dirección de la tesis. Su colaboración fue indispensable para la realización del presente trabajo.

A la Ing. Katty Coral y el Doc. Carlos Ordoñez quienes aportaron con la mejora de la investigación.

A mis compañeras Andrea Espinosa, Inés Ayala, Andrea Mazzilli y al personal de la estación de transferencia “ET2” de Zámboza quienes facilitaron el trabajo de campo.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la concentración de partículas totales suspendidas en muestras de aire respirable de la estación de transferencia de residuos urbanos “ET2” ubicada en el sector de Zámboza. El muestreo se lo realizó en días aleatorios por un periodo comprendido entre los meses de Febrero a Julio del 2013. Para este fin, se optó por un periodo nominal de muestreo discontinuo de 6 horas, a partir del ingreso de los gestores artesanales (minadores), siendo aproximadamente las 8 am, por lo que, también se pudo obtener medidas dentro de los horarios fijos de la llegada de los camiones recolectores de basura. Para el acopio del material particulado, se utilizó un muestreador de alto volumen (HVS) y filtros de fibra de vidrio, utilizando posteriormente la técnica de espectrofotometría de absorción atómica para comprobar la presencia de siete metales pesados en las muestras de aire respirable.

A pesar de no tener datos estadísticos ya que se necesita de más muestreos, existen muestras que tienen altas concentraciones de material particulado, por lo que la zona de estudio puede ser moderadamente contaminada, sobre todo en días despejados ya que en presencia de lluvia, la humedad del aire interfiere con el peso del material particulado provocando la sedimentación del mismo. Es por eso que existe una relación entre la concentración de partículas en suspensión y las condiciones climáticas, así también entre las características químicas tanto del material particulado como de los residuos que llegan a la estación de transferencia “ET2” de Zámboza.

Palabras clave: Metales Pesados, Partículas Totales Suspendidas, Residuos Sólidos Urbanos, Estación de Transferencia, Contaminación Atmosférica, Minadores.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

ABSTRACT

This work consisted on determining the quantity of total particles suspended on the air of urban waste that are located on the transfer station “ET2” of Zámboza. The Sampling was made on random days between the months of February to July of 2013. Also, the samplings began around 8 am when the handicraft managers (miners) arrived and went through on a discontinuous period of 6 hours. On those hours it was possible to collect samples when the garbage trucks arrive. The equipment used for this purpose was a High Volume Sampler and glass fiber filters. Furthermore, the samples were analyzed using the technique of atomic absorption spectrophotometry in order to determine the concentration of seven metals.

Despite the fact of not having any statistical data since it needs more samples, it is possible to say that there is a moderated contamination because there was found some high concentrations of metals on the total solid particles, especially on sunny days and not on those days that are high moisture or raining because there is a sedimentation of particles. In conclusion, there is a direct relation between the concentration of solid particles and the climatic conditions. But also between the chemical characteristics of the particulate material and the waste that arrive to the transfer station “ET2” of Zámboza.

Keywords: Heavy Metals, Total Suspended Particles, Solid Waste, Transfer Station, Air Pollution, Miners.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

ÍNDICE DEL CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1.1 <i>Planteamiento del Problema.</i>	14
1.1.1.1. Diagnóstico.....	16
1.1.1.2. Pronóstico.....	18
1.1.1.3. Control Pronóstico.....	18
1.1.2. <i>Formulación del Problema</i>	18
1.1.3. <i>Sistematización del Problema</i>	18
1.1.4. <i>Objetivo general</i>	19
1.1.5. <i>Objetivos específicos</i>	19
1.1.6. <i>Justificaciones</i>	20
1.2. MARCO TEÓRICO.....	20
1.2.1. <i>Estado actual del conocimiento sobre el tema</i>	20
1.2.1.1. Medición de material particulado y concentración de metales pesados.....	21
1.2.2. <i>Adopción de una perspectiva teórica</i>	23
1.2.3. <i>Marco conceptual</i>	23
1.2.3.1. Contaminación atmosférica.....	23
1.2.3.2. Calidad de aire.....	24
1.2.3.3. Residuos Urbanos.....	25
1.2.3.4. Material Particulado.....	25
1.2.3.4.1. Partículas Sedimentables y en Suspensión.....	27
1.2.3.4.2. Propiedades físicas.....	27
1.2.3.4.3. Fuentes de material particulado.....	28
1.2.3.4.4. Efectos del material particulado.....	28
1.2.3.5. Filtros de fibra de vidrio.....	29
1.2.3.6. Metales pesados en aire respirable.....	30
1.2.3.6.1. Plomo (Pb).....	30
1.2.3.6.2. Cadmio (Cd).....	31
1.2.3.6.3. Bario (Ba).....	32
1.2.3.6.4. Cobre (Cu).....	32
1.2.3.6.5. Cromo (Cr).....	33
1.2.3.6.6. Níquel (Ni).....	34
1.2.3.6.7. Zinc (Zn).....	35
1.2.3.7. Muestreador de alto Volumen (HVS).....	35
1.2.3.8. Estaciones de Transferencia.....	36
1.2.3.9. Minadores.....	36
1.2.3.10. Normativa Legal Existente.....	37
II. MÉTODO.....	41
2.1. NIVEL DE ESTUDIO.....	41
2.2. MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN.....	41
2.3. MÉTODO.....	42
2.3.1. <i>Medición de las partículas suspendidas totales en el aire (PST)</i>	42
2.3.1.1. Procedimiento de laboratorio previo.....	42
2.3.1.2. Procedimiento de campo.....	43
2.3.1.3. Procedimiento de laboratorio final.....	43
2.3.2. <i>Digestión química de las muestras recolectadas</i>	43
2.3.2.1. Procedimiento de laboratorio (digestión de las muestras).....	44
2.3.3. <i>Medición de metales pesados en las muestras recolectadas</i>	44
2.3.3.1. Procedimiento de preparación del espectrofotómetro de absorción atómica.....	44

**“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”**

2.3.3.2.	Lectura de metales pesados	45
2.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
2.5.	SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	46
2.6.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS	47
2.7.	PROCESAMIENTO DE DATOS	47
III.	RESULTADOS.....	48
3.1.	LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	48
3.2.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
3.2.1.	<i>Partículas totales suspendidas.....</i>	<i>48</i>
3.2.2.	<i>Lectura de metales pesados</i>	<i>67</i>
IV.	DISCUSIÓN	75
4.1.	CONCLUSIONES.	95
4.2.	RECOMENDACIONES.....	102
V.	MATERIALES DE REFERENCIA	107
5.1.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
5.2.	ANEXOS	111

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. GRUPO DE LA SUSTANCIA SEGÚN EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA.....	26
TABLA 2. CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO QUE DEFINEN LOS NIVELES DE ALARMA, ALERTA Y EMERGENCIA EN LA CALIDAD DE AIRE.....	38
TABLA 3. MÉTODOS DE MEDICIÓN Y CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.....	39
TABLA 4. PATRONES INTERNACIONALES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO Y METALES PESADOS	40
TABLA 5. CONDICIONES U OBSERVACIONES DE LAS NUEVE MUESTRAS RECOLECTADAS EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA EN UN PERIODO DE 3 HORAS DE MUESTREO	49
TABLA 6. CONDICIONES U OBSERVACIONES DE LAS NUEVE MUESTRAS RECOLECTADAS EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA EN UN PERIODO DE 6 HORAS DE MUESTREO.....	51
TABLA 7. MATERIAL PARTICULADO REGISTRADO EN LAS NUEVE MUESTRAS DE AIRE EN UN PERIODO DE 3 HORAS DE MUESTREO	54
TABLA 8. MATERIAL PARTICULADO REGISTRADO EN LAS NUEVE MUESTRAS DE AIRE EN UN PERIODO DE 6 HORAS DE MUESTREO	56
TABLA 9. CÁLCULOS DE LA CONCENTRACIÓN OBSERVADA O CONCENTRACIÓN CORREGIDA DE LAS PARTÍCULAS TOTALES SUSPENDIDAS (TPS) EN UN PERIODO DE 3 HORAS DE MUESTREO.....	62
TABLA 10. CÁLCULOS DE LA CONCENTRACIÓN OBSERVADA O CONCENTRACIÓN CORREGIDA DE LAS PARTÍCULAS TOTALES SUSPENDIDAS (TPS) EN UN PERIODO DE 6 HORAS DE MUESTREO.....	64
TABLA 11. LECTURA DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS MUESTRAS OBTENIDAS EN 3 Y 6 HORAS, EN PPM (MG/L).....	68
TABLA 12. CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES DE LAS MUESTRAS REALIZADAS EN 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.....	71
TABLA 13. CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN CORREGIDA DE LAS MUESTRAS REALIZADAS EN 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.....	73
TABLA 14. DETERMINACIÓN DE LAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS CONCENTRACIONES DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y METALES PESADOS EN LAS MUESTRAS DE AIRE EN 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.....	78

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. RELACIÓN ENTRE LAS PARTÍCULAS TOTALES SUSPENDIDAS (PTS) EN $\mu\text{G}/\text{M}^3$ DE LAS MUESTRAS DE AIRE OBTENIDAS EN 3 HORAS DE MUESTREO, LAS CONDICIONES DE CLIMA Y LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA (ET2)-----	75
GRÁFICO 2. RELACIÓN ENTRE LAS PARTÍCULAS TOTALES SUSPENDIDAS (PTS) EN $\mu\text{G}/\text{M}^3$ DE LAS MUESTRAS DE AIRE OBTENIDAS EN 6 HORAS DE MUESTREO, LAS CONDICIONES DE CLIMA Y LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA (ET2)-----	76
GRÁFICO 3. CONCENTRACIÓN DE NÍQUEL EN LAS MUESTRAS DE 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.-----	81
GRÁFICO 4. CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN LAS MUESTRAS DE 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.-----	82
GRÁFICO 5. CONCENTRACIÓN DE ZINC EN LAS MUESTRAS DE 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.-----	83
GRÁFICO 6. CONCENTRACIÓN DE ZINC EN LAS MUESTRAS DE 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.-----	84
GRÁFICO 7. CONCENTRACIÓN DE COBRE EN LAS MUESTRAS DE 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.-----	86
GRÁFICO 8. CONCENTRACIÓN DE BARIO EN LAS MUESTRAS DE 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.-----	88
GRÁFICO 9. CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS MUESTRAS DE 3 Y 6 HORAS DE MUESTREO.-----	90
GRÁFICO 10. CONCENTRACIÓN DE PTS EN UN PERIODO DE TIEMPO DE 1 HORA. -----	92
GRÁFICO 11. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN UN PERIODO DE TIEMPO DE 1 HORA -----	94

I. INTRODUCCIÓN

1.1. El Problema de Investigación.

La Atmósfera es un componente primordial de nuestro planeta, que ha ido evolucionando a través del tiempo, formando ciertas sustancias indispensables para la vida. Estas sustancias formadas por largos procesos de cambio, se han visto alteradas por las actividades humanas en cuestión de segundos, tomando en cuenta que los aspectos meteorológicos de la atmósfera como el viento, humedad, temperatura y precipitación, también intervienen en el aumento o disminución de la contaminación atmosférica, continuando su alteración en el suelo, el agua y sobre todo la salud humana.

1.1.1 Planteamiento del Problema.

La contaminación atmosférica ha sido un problema que ha venido tomando fuerza a medida que ha transcurrido el tiempo. Se empezó a tomar interés sobre el tema a partir de algunos acontecimientos a nivel global. Kiely (1999) menciona uno de los más importantes como fue la famosa niebla de Londres, que cobró la vida de cuatro mil personas en el año de 1952. Este evento desafortunado permitió la elaboración de ciertas leyes de calidad atmosférica, como la Ley de Aire Limpio en el Reino Unido y la Ley de Control de la Contaminación Atmosférica en Estados Unidos.

Hace algún tiempo atrás, la quema de carbón como combustible, era necesaria para realizar las actividades domésticas así como las industriales, pero su uso frecuente contribuyó a que sea considerado un problema de contaminación atmosférica, debido al excesivo humo y partículas presentes en ella. El avance tecnológico ha permitido que ésta fuente de energía sea reemplazada, pero lamentablemente no lo ha sido en su totalidad, ya que sigue siendo esencial

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

para algunos procesos actuales. A más de eso, no es la única actividad que aporta a la contaminación atmosférica, ya que en nuestros días no existe actividad alguna que se exima de afectar la atmósfera.

La contaminación atmosférica abarca una variedad de sustancias nocivas tanto para el ambiente como para la salud humana, que ahora son determinados, mediante procesos físico-químicos. Sin embargo, Henry & Heinke (1999) mencionan que dentro de los primeros episodios de contaminación, no se necesitaba la ayuda de instrumentos que la determinasen, ya que podían ser detectables con claridad por medio de los sentidos, como por ejemplo la generación de partículas a la atmósfera que reducían la visibilidad y eran estéticamente desagradables. Éste problema, las partículas, que desde hace tiempo ha sido considerado un inconveniente estético y ambiental, no ha dejado de ser tomado en cuenta, ya que se ha convertido en un contaminante de toda actividad, ya sea ésta industrial, agrícola o doméstica, siendo también perjudicial para la salud humana debido al desconocimiento de su contenido (características físico-químicas). Debe ser tomada en cuenta la actividad que se realiza para conocer parcialmente la composición de las partículas, mucho más si se generan residuos que pueden juntarse de varias actividades, potencializando los efectos nocivos. Comúnmente se culpabiliza de la contaminación ambiental a la industria, pero la mayoría de ellas tienen sistemas de gestión ambiental, mientras que a nivel doméstico se tiene la costumbre de entregar los residuos (basura), sin que exista un aporte previo como la preclasificación de los mismos, convirtiéndonos en colaboradores de la contaminación atmosférica. A más de esto cabe recalcar que a medida que el crecimiento poblacional y desarrollo tecnológico e industrial avanza, mayor es la generación de residuos. Los mismos que con el avance mencionado anteriormente, originan más combinaciones de sustancias desconocidas, de difícil identificación y degradación.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

1.1.1.1. Diagnóstico.

En el Ecuador la producción de residuos es alta, pero la gestión realizada sobre ellos sigue siendo muy primitiva en comparación de otros países. Según estudios realizados por el MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda del Ecuador) descritos en el Protocolo “Prevención y Erradicación del Trabajo Infantil en Botaderos de Basura” (2011), mencionan que en el país se generan alrededor de 9.470 toneladas de residuos diarios, alcanzando un total de 3’500.000 toneladas al año, siendo Quito una de las ciudades que aporta en gran manera parte de los residuos urbanos en el Ecuador, para ser exactos, Alegría (2012) sostiene que, sólo en el DMQ, se producen alrededor de 1600 toneladas de basura al día que se distribuyen a las diferentes estaciones de transferencia para luego ser transportadas a su disposición final. A más del material particulado generado por los propios residuos, dentro de las estaciones de transferencia se realizan actividades como la clasificación, movimiento de residuos, llegada y partida de los vehículos contenedores, que de una u otra forma contribuyen con la generación del material particulado. Sin embargo, a pesar de la contaminación generada, estas actividades logran con los residuos generados a nivel nacional el depósito del 59% y confinamiento del 37% en rellenos controlados y sanitarios, evitando la contaminación de quebradas y ríos que comúnmente se observaba (MIDUVI, 2011). Estas actividades son realizadas por personas denominadas “minadores” o “gestores artesanales”; aún no se sabe con exactitud el número de minadores en el DMQ, debido a que el número de personas dedicadas a esta actividad aumenta con el pasar del tiempo, sin embargo, una gran parte de ellos trabajan en la estación de transferencia “ET2¹” de Zámiza. Tomando en cuenta el crecimiento de estas actividades, se puede decir que existen más personas que se exponen directamente al material particulado generado por los residuos urbanos. Al ser una

¹ ET2: Estación de transferencia No. 2 llamada Porotohuaico

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

actividad reciente, no se registran datos sobre la composición del material particulado, en especial sobre la concentración de metales pesados que por ciertos efectos (lixiviación, volatización, adsorción, transporte, arrastre, etc.) forman parte de éste (Scudelati & Asociados, s.f., Situación habitual de los RSU, s.f.) y pueden ser causantes de enfermedades, tanto en el presente como en el futuro. Ecuador empezó, con una gestión de los residuos sólidos urbanos, alrededor de los años 70, sin embargo el MINA (actual MAE), MSP & MIDUVI (2002), mencionan que hasta los años 90, el Ecuador no poseía una cobertura amplia sobre la recolección de residuos, difiriendo de gran manera en las distintas zonas del país, de hecho, la cobertura de la recolección alcanzaba el 54% mientras que el porcentaje restante se encontraba en el mar, ríos, terrenos baldíos y quebradas aledañas de los cantones del país. Al encontrarse el Ecuador con aquella situación precaria sobre los residuos, se empezó con la implementación de rellenos sanitarios y posteriormente la creación de zonas de transferencia. Todos los residuos considerados como comunes o domésticos que se generan en Quito pasan por dos estaciones de transferencia, donde como se mencionó con anterioridad se realizan actividades de almacenamiento temporal y preclasificación para finalmente ser confinados en el relleno sanitario de El Inga. A pesar de haber mejorado el sistema de recolección y disposición final de los desechos, contribuyendo de forma positiva con el factor paisajístico del lugar, no se descarta el aporte a la contaminación ambiental, ya que por las actividades realizadas en las estaciones de transferencia se genera por una parte emisiones gaseosas por la llegada de los camiones recolectores y el uso de tractores de pala, y partículas totales en suspensión por los procesos de recolección, preclasificación y hurgamiento de residuos.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

1.1.1.2. Pronóstico

En caso de seguir con la falta de información sobre la presencia de ciertos contaminantes, como metales pesados en el aire respirable de un medio laboral, puede impedir que exista una mejora en la calidad de vida del sector social, tal es el caso de los minadores de Zámboza, de hecho, se verían afectadas las capacidades individuales de los mismos, como consecuencia de trabajar en un medio que no está considerado como ambiente sano.

1.1.1.3. Control Pronóstico

Es ineludible evaluar la composición del material particulado, identificando la mayor parte de sustancias que puedan ser parte de él, como es el caso de los metales pesados, ya que existen personas que están trabajando dentro de un potencial medio contaminado, pudiendo verse afectadas sus condiciones físicas, biológicas y psicológicas en un futuro.

1.1.2. Formulación del Problema

¿Qué concentración de partículas totales suspendidas y de metales pesados se encuentran en muestras de aire respirable en la estación de transferencia de residuos urbanos “ET2”, ubicada en el sector de Zámboza?

1.1.3. Sistematización del Problema

- ✓ ¿Cómo se realizará el muestreo para determinar la concentración de partículas totales suspendidas en aire respirable en la estación de transferencia de residuos urbanos “ET2” del sector de Zámboza?
- ✓ ¿Cuántas muestras son las adecuadas para obtener datos representativos?
- ✓ ¿Qué concentración de metales pesados tiene el material particulado de la estación de transferencia “ET2” de Zámboza?

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ ¿Qué concentración de partículas totales suspendidas (PTS) se emite en la estación de transferencia “ET2” en las diferentes horas de funcionamiento de la misma?

1.1.4. Objetivo general

- ✓ Determinar la concentración de partículas totales suspendidas (PTS) y metales pesados que se encuentra en muestras de aire respirable en la estación de transferencia de residuos urbanos “ET2” del sector de Zámboza.

1.1.5. Objetivos específicos

- ✓ Establecer una metodología adecuada para la recolección de partículas totales suspendidas en muestras de aire respirable en la estación de transferencia de residuos urbanos “ET2” del sector de Zámboza, así como de la determinación de la concentración de metales pesados.
- ✓ Establecer el tamaño óptimo de la muestra.
- ✓ Establecer una metodología para determinar la concentración de partículas totales suspendidas emitidas en la estación de transferencia “ET2” en las diferentes horas de funcionamiento de la misma.
- ✓ Determinar si la concentración de partículas totales suspendidas sobrepasa los límites permisibles que establece el Libro VI, Anexo 4, Numeral 4.1.2.1 del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).
- ✓ Determinar si la concentración de metales pesados sobrepasa los límites permisibles que establecen los Patrones Internacionales de concentración de Material particulado y metales pesados (Tabla 4) establecidos por la Guía de la OMS (Organización Mundial de la Salud) y la USEPA (United States Environmental Protection Agency).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Proporcionar información para futuros estudios sobre la toma de medidas correctivas con respecto al tiempo de exposición de los trabajadores como del equipo de protección individual.

1.1.6. Justificaciones

La investigación técnica y científica, servirá para conocer la presencia de metales pesados y concentración de partículas totales en suspensión (PTS) que pueda generarse a partir del manejo de los residuos urbanos en la estación de transferencia “ET2” en el sector de Zámboza. Propone dar a conocer una idea de la calidad de aire que respiran los minadores del sector, ya que se encuentran directamente relacionados con los residuos, poniendo en riesgo su salud. Incluso nos puede proporcionar información, sobre la necesidad de tomar medidas correctivas con respecto al tiempo de exposición de los trabajadores y del equipo de protección individual, ya que no existe ningún análisis sobre lo mencionado. Así también nos permitirá conocer la necesidad de analizar la calidad de aire respirable, estableciendo metodologías que faciliten el análisis tanto de partículas totales en suspensión como de metales pesados para poder establecer límites permisibles, sobre todo de metales pesados, ya que existe una escasa información sobre su concentración permisible en el aire.

1.2. Marco teórico

1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema

Como se ha mencionado, los residuos urbanos en Quito tienen un gran peso sobre la producción a nivel nacional, y las actividades relacionadas con estos contribuyen con la contaminación ambiental y el perjuicio a la salud humana, como es el caso del material particulado. Es necesario realizar un estudio de caracterización e identificación de sustancias del material particulado con algún método como los que se describen a continuación, con la

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

finalidad de prevenir sobre los problemas al ambiente y salud humana, sobre todo de las personas relacionadas directamente con la gestión de los residuos.

1.2.1.1. Medición de material particulado y concentración de metales pesados.

Se han realizado varios estudios tanto en el Ecuador como en otros países que han determinado la concentración de material particulado y sus componentes peligrosos para la salud.

- Gómez (2010) sostiene que la CORPAIRE en el 2006, realizó un proyecto llamado “Análisis de metales pesados (Cd, Pb V, Zn y Hg) en muestras de material particulado PM10, de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ)”, en el cual se analizaban metales pesados en 116 muestras que se recogían con un muestreador de alto volumen en cinco estaciones durante 24 horas. Ésta técnica sirvió como base para el trabajo de fin de carrera: “Medidas de inmisión para partículas totales suspendidas y metales pesados en muestra de aire en el sector de las canteras de Pomasqui, DMQ” realizada por Gómez en el 2010, la cual consistía en la utilización de filtros de microfibra de cuarzo que debían ser acondicionados y pesados para que después de su uso, sean pesados nuevamente y así, poder determinar la cantidad de material particulado. La captación de la materia particulada se lograba mediante un muestreador de alto volumen durante 12 horas y la concentración de metales pesados era efectuada por espectroscopia de absorción atómica. Para ello fue necesaria realizar la digestión metálica de los filtros de las siete muestras de aire que se logró recolectar y las curvas de calibración que requiere el equipo de absorción atómica para los distintos metales.

- Según Sanfeliu, et al. En el periodo del 2000 al 2001, la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile, realizó un proyecto en el cual se medía material particulado en tres

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

zonas de la ciudad de Santiago, tomando como zona de control a la región de Curacaví ubicada a 45 km de la ciudad de Santiago, debido a sus buenos índices de calidad de aire, mientras que los monitoreos fueron realizados en la zona urbana y rural de la ciudad y en las plantas de revisión vehicular de buses que funcionan a diésel. Para las muestras recogidas tanto de PM10 como de PM2.5, se utilizaron dos equipos RASS 2.5-100 (Andersen Instruments, Inc.), los cuales acopiaban el materia particulado por 24 horas seguidas diariamente (basándose en la norma chilena). De igual manera recomiendan para la determinación de metales pesados en aire respirable, la utilización de un equipo de alto volumen, y mencionan que muchos autores prefieren el uso de filtros de vidrio, sin embargo no ofrecen la fiabilidad deseada aun así recomiendan para la determinación de metales la técnica de difracción de Rayos X.

- Balcarce (2009) sugiere la utilización de filtros de microfibra de cuarzo, los cuales son previamente pesados a su uso en un equipo de alto volumen, se registran los datos y se procede a su uso. El método consiste en recolectar el aire durante 24 horas, pesar los filtros después de la recolección y almacenarlos de forma adecuada para posteriores análisis de interés. El tiempo entre el muestreo y el análisis gravimétrico, no debe sobrepasar los 10 días.

- Herrera & Rodríguez (2009) validaron un método de análisis para la determinación de metales pesados en partículas PM10 colectadas en aire ambiente, el cual trataba sobre la utilización de dos muestreadores de alto volumen con filtros de cuarzo, durante 24 horas en dos sectores de la Ciudad de San José (Costa Rica). Para la determinación de metales se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. El análisis químico se realizó cortando tiras de los filtros de cuarzo previamente pesados y se las colocó en un vaso de precipitación agregando 25 mL de agua desionizada y 2,5 mL de ácido nítrico concentrado, con la finalidad de llevar las muestras a sequedad en una plantilla de calentamiento y el

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

remanente fue trasvasado a un matraz aforado, para luego seguir con la técnica de espectrofotometría.

1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica.

Se escogerá el método de Gómez, ya que se ajusta al problema planteado; el cual detalla claramente paso a paso las técnicas a seguir, además fue validado con los equipos y materiales de la Universidad Internacional SEK.

Se debe tomar en cuenta el tiempo de muestreo, ya que los minadores, no permanecen las 24 horas en contacto con los residuos urbanos; se necesita conocer si tienen puestos rotativos, las horas de exposición y/o turnos rotativos. De igual manera, se tomará en cuenta el número de muestras óptimas para obtener resultados precisos en la investigación.

1.2.3. Marco conceptual

Para entender el proyecto, es necesario profundizar sobre algunos conceptos que se involucran con la concentración de partículas en suspensión y metales pesados en muestras de aire respirable, obtenidos en la estación de transferencia de residuos urbanos “ET2” ubicada en el sector de Zámbez

1.2.3.1. Contaminación atmosférica.-

La contaminación atmosférica es el producto de eventos naturales o antrópicos que a causa de los mismos, ha modificado las condiciones naturales del medio, teniendo repercusiones sobre la salud humana. Según Kiely (1999) la contaminación atmosférica es aquella atmósfera en la que se encuentran sustancias que sobrepasan los límites de los niveles normales del ambiente, pudiendo ser medidos sus efectos sobre el ser humano, animales, flora o el factor abiótico. Según ESA (2010), existe una definición por parte de la OMS, donde establece que la

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

contaminación atmosférica es un estado limitado en el que la atmósfera contiene una gran cantidad de sustancias y/o materiales, que por sus características son perjudiciales para el ser humano y su medio.

De una u otra forma, según las definiciones, se puede establecer que cualquier perturbación que conlleve a un cambio de las condiciones normales atmosféricas, es considerada como contaminación; la misma que debe ser tomada en cuenta debido a sus efectos, primordialmente sobre los seres vivos, así como también hacia otros factores ambientales.

1.2.3.2. Calidad de aire

También conocido como INMISIÓN, es el aire aprovechable para la respiración, es por eso que cuando se realizan mediciones de inmisión se refiere a tener un conocimiento de la calidad del aire de cierta zona o sector, para lo cual se debe tomar en consideración ciertos parámetros meteorológicos que pueden intervenir en las mediciones.

Es necesaria la medición de la inmisión, o el conocer los niveles de inmisión, ya que según Palacios (2010):

“los niveles de inmisión son aquellos que determinan el efecto de un contaminante sobre la salud o el medio ambiente”

Para la toma de muestras se usan varios equipos, tanto para la absorción de gases como para la recolección de partículas sólidas o líquidas (material particulado) y para conocer los posibles efectos sobre la salud humana y el ambiente, se debe realizar un control y medición de los contaminantes atmosféricos en varios puntos receptores (niveles de inmisión); la medición puede ser considerada como válida, mucho más si se toman como referencia los procedimientos y el uso de equipos establecidos en la legislación vigente.

1.2.3.3. Residuos Urbanos

Martínez & Capri (2006) dan a conocer que existe una mínima cantidad de residuos generados por los ecosistemas vivos en la naturaleza. El ser humano contribuye con esta generación de residuos de manera descontrolada con la realización de sus actividades, lo que ha conllevado a la contaminación ambiental. Estos residuos pueden dividirse en urbanos, peligrosos, industriales no peligrosos e inertes, entre otros. Sin embargo el concepto de interés son los residuos urbanos, los cuales Bertolino, et al. (2007) define como aquellos objetos o residuos que pierden utilidad o valor para el ser humano y que han sido generados por actividades humanas dentro del núcleo urbano, tomando en cuenta los de carácter doméstico como los que provienen de cualquier otra actividad, pero son considerados como residuos comunes. Estos residuos, independientemente de su origen, deben tener un sistema de gestión con la finalidad de evitar efectos potenciales contra el ser humano y su entorno.

1.2.3.4. Material Particulado.

Ayora (2004), citado por Gómez (2010) sostiene que “El material particulado atmosférico se define como un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera. Generalmente el término aerosol atmosférico se utiliza como sinónimo de partículas atmosféricas” (p. 10). De igual manera Gómez (2010), Maya & Echeverri (2008) mencionan que las partículas más pequeñas “inhalables o PM_{2.5}” ($\geq 0,1\mu\text{m}$) son formadas por procesos de condensación, convirtiéndose en las más agresivas debido a que son respiradas en un 100%, mientras que las partículas de mayor tamaño “respirables o PM₁₀” pueden originarse por procesos de pulveración y combustión, siendo común en las actividades humanas, como también provenir de la desintegración de la materia.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Para tener más claro el origen del material particulado, Kiely (1999) realiza la siguiente descripción:

Tabla 1. Grupo de la sustancia según el tamaño de la partícula.

Descripción del Grupo	Composición	Tamaño de partícula	
		OMS (Organización Mundial de la Salud)	USEPA (United States Environmental Protection Agency)
Gruesas	Polvo, tierra, depósitos.	> 2.5 μm	$\geq 10 \mu\text{m}$
Finas	Aerosoles, partículas de combustión, vapores de compuestos orgánicos condensados y metales (contaminantes primarios y secundarios)	< 2.5 μm	$\leq 10 \mu\text{m}$

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013)

Como se puede observar en la tabla 1, la materia particulada en suspensión, humo negro, inhalables por el sistema respiratorio y el PM10 son sustancias que mediante métodos gravimétricos pueden ser determinados con el objetivo de fijar su composición, para tener una idea de los posibles efectos sobre la salud humana y su entorno.

Dentro de la contaminación atmosférica, es de vital importancia considerar el origen de toda partícula, tanto las que surgen por actividades comunes como las generadas a través de un gas por fuentes de combustión, ya que cualquiera que fuese su procedencia, puede afectar a la salud humana.

1.2.3.4.1. Partículas Sedimentables y en Suspensión

Palacios (2010), sostiene que las partículas que poseen un diámetro de 25 a 100 micras y llegan a depositarse por acción de la gravedad son consideradas partículas sedimentables, sin embargo también pueden provenir de los contaminantes gaseosos o del arrastre por la lluvia de las partículas no sedimentables. Debido a su origen diverso, pueden ser catalogados como contaminantes tóxicos potenciales para la salud humana, afectando de igual manera a los bienes y a la calidad visual del entorno. Sin embargo existen partículas que no son tan pesadas como para depositarse con facilidad por acción de la gravedad, estas son llamadas partículas en suspensión, alcanzan un diámetro entre 0.005 hasta 100 micras, las mismas que residen en el aire por largo tiempo debido a su falta de sedimentación. Al igual que las sedimentables, estas partículas tienen diversa procedencia o incluso pueden surgir de la transformación de otros contaminantes y debido a su tamaño pueden penetrar fácilmente en los alvéolos pulmonares o afectar a los órganos por su toxicidad.

La mayoría de los estudios realizados son concretamente para el PM₁₀ ($\leq 10 \mu\text{m}$) y PM_{2.5} ($\leq 2.5 \mu\text{m}$), que por su tamaño son catalogadas como partículas en suspensión, perjudicando altamente la salud humana.

1.2.3.4.2. Propiedades físicas

El material particulado tiene distintas propiedades físicas, Palacios (2010) las clasifica según su origen de la siguiente manera:

Polvo: proviene de la fractura de materiales sólidos, sobre todo por la manipulación de granos, cemento, carbón, pudiendo mantenerse suspendido temporalmente ya que llega a sedimentarse por el tamaño de su partícula (1 a 100 micras).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Humo: proviene de la combustión incompleta de materiales orgánicos, por lo que su composición es plenamente orgánica, teniendo de un diámetro entre 0.5 y 1 micras.

Fumos: también conocido como vapores; proviene por la condensación de los mismos que contienen partículas sólidas, siendo por lo general óxidos de metálicos como el Zn (Zinc) y Pb (Plomo). Su tamaño de partícula se encuentra entre 0.03 y 0.3 micras.

Cenizas volantes: son partículas sólidas inorgánicas que se originan al combustionar carbón u óxidos de calcio, silicio aluminio, etc. Su tamaño de partícula es similar al polvo.

Niebla: al condensarse un vapor se generan partículas líquidas formando la niebla, su tamaño de partícula es menor a 10 micras.

Aerosol: Proviene de la atomización de líquidos (pesticidas a herbicidas), por lo que son partículas con el mismo estado físico. Su tamaño varía lo general de 10 a 100 micras.

1.2.3.4.3. Fuentes de material particulado

Se considera en su mayoría como fuentes de material particulado a las actividades que generen gases de combustión como los vehículos, procesos industriales, etc. Sin embargo las actividades relacionadas con la generación, clasificación y disposición final de los residuos sólidos, son capaces de generar material particulado como también el movimiento de los residuos y el flujo vehicular de los contenedores y camiones recolectores que transportan los residuos.

1.2.3.4.4. Efectos del material particulado

Mientras más fino sea el material particulado, más peligroso es, debido a su fácil acceso a los alveolos pulmonares; afectan a la respiración y pueden tener consecuencias de afectaciones cardiovasculares. A más de eso, debido al desconocimiento de su composición física, estas

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

partículas pueden ingresar al organismo produciendo irritaciones y daños al sistema digestivo, gastrointestinal y piel. Los animales y plantas también son susceptibles a los distintos componentes del material particulado, sin embargo sus efectos pueden ser vistos en las hojas por el taponamiento de los estomas como también en frutos, mientras que en los animales se reduce el nivel de supervivencia debido al ingreso de sustancias a los distintos órganos del animal (Coral, 2012).

El material particulado puede afectar a los bienes y servicios dependiendo de su composición química, atacando las superficies metálicas y estructuras de piedra. Henry & Heinke (1999), mencionan que existen sustancias que pueden llegar a corroer el vidrio y contribuyen con el envejecimiento acelerado de los materiales, llegando a inversiones costosas para la recuperación del material o simplemente hacerse a la idea de la pérdida total del mismo, sobre todo en lo que respecta a las edificaciones históricas. Cabe tomar en consideración que el deterioro de las infraestructuras influye sobre la calidad paisajística, a más del material particulado que contribuye con la reducción de visibilidad, ya que el contaminante altera la visibilidad por dispersión de luz, reduciendo de esta manera la radiación del sol captada por la Tierra.

1.2.3.5. Filtros de fibra de vidrio

Los filtros de fibra de vidrio son utilizados en análisis gravimétricos, trabajando a un alto caudal con un poder de retención elevado, siendo de estructura inertes. Según Palacios (2010) los filtros de vidrio Ederol MGA/l de 203mm x 254 mm y grosor de 0.22mm, pueden recolectar partículas muy mínimas hasta 50 μ m de diámetro, junto a la ayuda del muestreador de alto volumen. Debido a la variación de partículas recolectadas por la metodología no se

puede especificar el tipo de material particulado, sin embargo se conoce que colecta partículas totales suspendidas.

1.2.3.6. Metales pesados en aire respirable.

Stanley (2007) señala que los metales pesados en la atmósfera forman parte de la composición química de la materia particulada originada por actividades humanas, como la quema de combustibles, petróleo, carbón, desechos entre otros. Son de mucha importancia ya que pueden agredir a la salud humana y transformarse en compuestos con mayor grado de peligrosidad, como menciona Baird (2004), por lo general su disposición final es el suelo o el agua, sin embargo una gran parte de estos elementos son respirados por el ser humano. Dentro de estas sustancias tóxicas son considerados el plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As), metales que debido a su uso extensivo en la industria, toxicidad y distribución muestran mayor peligro ambiental. Palacios (2010), menciona que la EPA añadió al berilio (Be) a la lista de las sustancias más tóxicas. Sin embargo debido a su diferente nivel de toxicidad en el cuerpo humano y afectación al medio ambiente, es necesario que sean estudiados y analizados individualmente.

1.2.3.6.1. Plomo (Pb).

Generación

El plomo antiguamente era utilizado como antidetonante para la gasolina, sin embargo debido al control que se ha dado con respecto al uso de éste metal, se ha logrado disminuir su concentración ambiental. Baird (2004), sostiene que también era utilizado como impermeabilizador de edificios, utensilios, etc., llegando a las máximas concentraciones, siendo demostrado en los estudios realizados sobre el hielo de Groenlandia. Sin embargo su

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

uso se ha limitado para ciertas actividades como es la construcción, fabricación de balas, pinturas y sobre todo en procesos industriales y tecnológicos.

Efectos

El plomo se encuentra fácilmente a lo largo de la cadena alimenticia como también en la atmósfera, por lo que puede ingresar al organismo por inhalación o ingesta, y puede llegar a acumularse en varias partes del cuerpo como las encías y la sangre, tejidos, huesos u órganos, generando anemia o enfermedades graves como el “saturismo”. Los animales y plantas son susceptibles al plomo; las plantas pueden bioacumularlo si se encuentra en forma soluble para las mismas (Coral, 2012).

1.2.3.6.2. Cadmio (Cd).

Generación

Es un metal que proviene de la fundición del zinc, plomo y cobre, como también de la incineración de residuos. Baird (2004) sostiene que es comúnmente utilizado como electrodo de baterías recargables de níquel-cadmio, por lo que es necesaria que sean separadas del resto de pilas o baterías, con la finalidad de que no se emitan partículas de cadmio hacia la atmósfera al momento de incinerar este tipo de residuos.

Productos comúnmente usados o consumidos poseen este metal como es el caso de la mayor parte de los equipos electrónicos y el tabaco; su ingesta puede ser por vía oral o inhalación.

Efectos

En el cuerpo humano puede producir tanto necrosis testicular como ovárica, afectando también a órganos diana como el hígado, riñones y bazo (Coral, 2012). Al igual que el plomo,

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

el cadmio ingresa a lo largo de la cadena alimenticia, afectando tanto a plantas como animales, sobre todo cuando se encuentra en su forma soluble. Pudiendo ser eliminada por la orina o vía intestinal. Palacios (2010) menciona que los efectos tóxicos de este metal son irritante local y tóxico general y puede permanecer en el organismo por más de 10 años.

1.2.3.6.3. Bario (Ba).

Generación

Es un metal que puede encontrarse en la naturaleza, sobre todo en las tierras alcalinas pero no en cantidades excesivas. Ciertas sustancias que contienen el metal pueden ser muy o poco solubles en agua. Es comúnmente utilizado en la fabricación de aleaciones, producción de luces, señales luminosas, pinturas, contraste en los exámenes médicos con rayos X, ya que este absorbe gran cantidad de estos rayos, así también puede contaminar la atmósfera por ser un componente de los gases originados en la industria de la cerámica, vidrio, pesticidas, etc. (OMS, 1995).

Efectos

Los compuestos de Bario son generalmente absorbidos por los pulmones, torrente sanguíneo y huesos, atacando principalmente a los niños, otros órganos en ser afectados por este contaminante son el estómago, intestino y riñones, pudiendo ocasionar hemorragias y náuseas en lo que se refiera a la ingesta de este metal. su excreción es lenta y es eliminada casi en su totalidad después de 224 horas (OMS, 1995)

1.2.3.6.4. Cobre (Cu).

Generación

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Este metal se encuentra generalmente en actividades relacionadas con la minería y la industria metalúrgica, también está relacionado con procesos de refinado, centrales térmicas y procesos que impliquen la quema de combustibles fósiles. Actualmente, a más de ser considerado como un elemento propio de la extracción de minerales, está siendo estudiado debido a sus funciones antimicrobianas y aplicaciones potenciales como material genético con la finalidad de reducir la exposición a patógenos (Al Lewis, 2005).

Efectos

El cobre es un oligoelemento necesario para los seres humanos que puede ser perjudicial cuando se encuentra en concentraciones elevadas. Según Uauy & Santa Ana (2005), la contaminación del cuerpo humano por cobre ha generado destrucción de las células también conocido como necrosis, así también fibrosis en el hígado de algunos animales, sin embargo debido a sus efectos en ciertos individuos, no se puede estimar que estos sean los efectos ya que es necesario un estudio a nivel poblacional. Aun así, los principales síntomas al estar en contacto con el cobre son afectaciones a las vías respiratorias, náuseas y vómitos al ser inhalado y diarrea a través de la ingestión, siguiendo al torrente sanguíneo y afectando generalmente al hígado y riñones, siendo capaz de producir hasta la muerte.

1.2.3.6.5. Cromo (Cr).

Generación

El cromo se encuentra en el aire, suelo y agua, siendo resultado de procesos naturales pero también de actividades humanas como la industria de cromado, fabricación del acero y curtido de cuero. Muchos productos como catalizadores oxidantes, medicinas, vidrios, pinturas, lácteos, conservadores de alimentos, esmaltes, pirotecnia, fotografía, entre otros,

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

usan sustancias químicas que contienen cromo hexavalente, contribuyendo con la contaminación del medio ambiente (Garófalo, M. & Ramírez, J, 2002).

Efectos

Según Garófalo & Ramírez (2002), el cromo VI es admitido por el cuerpo con mayor facilidad que el cromo III, sin embargo sufre una rápida reducción al estado trivalente. Pueden verse afectados los pulmones a causa de la inhalación provocando posteriormente cáncer. Así también existen irritaciones en la piel y es eliminado mediante las heces y la orina, ya que pasa por el riñón, también puede generar afecciones e inflamaciones respiratorias, perforaciones del tabique nasal, broncoespasmos, úlceras estomacales, convulsiones, daños al hígado, siendo capaz de originar tumores malignos. A pesar de la oxidación que sufre el elemento, las consecuencias que trae hacia el ser humano y el ambiente son perjudiciales siempre y cuando se tome en cuenta los factores que indiquen el nivel de perjuicio como la dosis, duración y en el caso del ser humano, la vía de contacto.

1.2.3.6.6. Níquel (Ni).

Generación

Palacios (2010), sostiene que este elemento puede encontrarse en la naturaleza en gran cantidad, combinándose para crear aleaciones con varios metales como el cobre, zinc, cromo, hierro, etc. Es comúnmente usado en la fabricación del acero inoxidable, como también para joyas, intercambiadores de calor, monedas, etc. Pude ser encontrado originalmente en la naturaleza como producto de las erupciones volcánicas, estando disponible en el suelo.

Efectos

Palacios (2010) establece que el níquel es un elemento de suma importancia debido a la necesidad del cuerpo humano como micronutriente, sin embargo cuando excede las concentraciones límites en el cuerpo, puede generar efectos adversos como cáncer pulmonar y de fosas nasales.

1.2.3.6.7. Zinc (Zn).

Generación

El Zinc puede encontrarse naturalmente en las rocas y es un elemento químico esencial para la vida de varios organismos e incluso el ser humano, sin embargo a pesar de ser esencial, este es un oligoelemento, es decir que debe estar presente en la dieta diaria en pequeñas concentraciones, ya que su exceso puede ser perjudicial para el organismo. En la industria del acero se utiliza el Zinc para evitar problemas de corrosión, pero también es utilizado en la elaboración de baterías, mezcla con otros metales, aleaciones, pinturas, cauchos, preservantes de madera, ungüentos, etc. (IZA, 2010).

Efectos

Según Gómez (2010) algunos síntomas que puede producir el Zinc son: fiebre, náuseas y escalofríos, cuando se da la exposición de la persona directa a vapores, estos síntomas son conocidos comúnmente como la fiebre del zinc.

1.2.3.7. Muestreador de alto Volumen (HVS)

Palacios (2010) menciona que existen dos tipos de mediciones. La medición continua que consiste en la captación y análisis en el punto de muestreo, mientras que la discontinua se

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

encarga de la recolección de la muestra y su transporte, para poder ser analizada en el laboratorio. Uno de los equipos usados en la toma de muestra en lo que se refiere a inmisión es el muestreador de alto volumen que generalmente tienen un caudal de 10 – 60 m³/h y pueden ser separadores de partículas según sea su diámetro (PM10 y PM2.5), atravesando por un filtro del muestreador, o simplemente recolectar la muestra para ser analizada posteriormente en el laboratorio o en el punto de muestreo.

1.2.3.8. Estaciones de Transferencia

Se debe tomar en consideración la disponibilidad de los rellenos sanitarios a lo largo del tiempo, para ello se crearon las estaciones de transferencia de residuos que permiten realizar actividades previas para disminuir la cantidad de residuos sólidos urbanos que llega a los rellenos sanitarios, siendo una de ellas la clasificación de los residuos y el empacamiento de los reciclables. Estas actividades son realizadas por personal autorizado, llamados también minadores o gestores artesanales, ya que obtienen ganancia dependiendo de la cantidad de residuos recolectados, empacados y confinados.

Henry & Heinke (1999), sostienen que puede ser más económico transportar los residuos en vehículos que lleguen a las estaciones de transferencia, para que los mismos residuos sean colocados en camiones de mayor tamaño que puedan recorrer distancias más largas.

1.2.3.9. Minadores.

También llamados chamberos o gestores artesanales, son individuos que se encargan de la recolección y clasificación de basura dentro de una estación de transferencia de residuos.

En Zámbez se formó un grupo de minadores, llamado “Asociación de gestores artesanales Nueva Vida”, Guerrero (2009) confirma la existencia de 225 personas que forman la

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

asociación, dedicándose al reciclaje de papel, cartón, plástico y vidrio en la estación de transferencia de residuos “ET2” por cuatro años seguidos, ganando alrededor de 80 dólares semanales y aportando 0.02 centavos a la asociación por kilo recogido.

1.2.3.10. Normativa Legal Existente

El Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), da una definición de los contaminantes atmosféricos como también los métodos de medición.

La Norma ecuatoriana de calidad de aire, libro VI, Anexo 4. Del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Numeral 4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes comunes en el aire ambiente. Sostiene que:

4.1.2.1 Para los contaminantes comunes del aire, definidos en 4.1.1, se establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas. El Ministerio del Ambiente establecerá la frecuencia de revisión de los valores descritos en la presente norma de calidad de aire ambiente. La Entidad Ambiental de Control utilizará los valores de concentraciones máximas de contaminantes del aire ambiente aquí definidos, para fines de elaborar su respectiva ordenanza o norma sectorial. La Entidad Ambiental de Control podrá establecer normas de calidad de aire ambiente de mayor exigencia que los valores descritos en esta norma nacional, esto si los resultados de las evaluaciones de calidad de aire que efectúe dicha Autoridad indicaren esta necesidad.

- Material particulado menor a 10 micrones (PM10).- El promedio aritmético de la concentración muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

4.1.2.2 Los valores de concentración de contaminantes comunes del aire, establecidos en esta norma, así como los que sean determinados en los programas públicos de medición, están sujetos a las condiciones de referencia de 25 °C y 760 mm Hg.

4.1.2.3 Las mediciones observadas de concentraciones de contaminantes comunes del aire deberán corregirse de acuerdo a las condiciones de la localidad en que se efectúen dichas mediciones, para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

$$C_c = C_o * \left(\frac{760 \text{ mmHg}}{P_{bl} \text{ mmHg}} \right) * \frac{(273 + T^{\circ}C)^{\circ}K}{298^{\circ}K}$$

Dónde:
C_c: concentración corregida
C_o: concentración observada
P_{bl}: presión atmosférica local, en milímetros de mercurio.
T[°]C: temperatura local, en grados centígrados.

Tabla 2. Concentraciones de material particulado que definen los niveles de alarma, alerta y emergencia en la calidad de aire.

Contaminante y Periodo de tiempo	Alerta	Alarma	Emergencia
Material Particulado PM10 (concentración en 24h)	250	400	500

Todos los valores están expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25°C y 760 mmHg

(Elaborado por: TULAS, 2012 - Última modificación: Tabla 1. Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire).

4.1.4 De los métodos de medición de los contaminantes comunes del aire ambiente. Los métodos a usarse serán los descritos en la legislación ambiental de EE.UU. y su determinación y estudio recaerá sobre la entidad de control. Los métodos se presentan a continuación:

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Tabla 3. Métodos de medición y concentraciones de contaminantes atmosféricos.

Contaminante	Nombre, Referencia y Descripción del Método
Material Particulado PM10	<p>Nombre: Método Gravimétrico, mediante muestreador de alto caudal o de bajo caudal.</p> <p>Referencia: 40 CFR Part 50, Appendix J o Appendix M.</p> <p>Descripción: el equipo muestreador, de alto caudal o de bajo caudal, estará equipado con una entrada aerodinámica capaz de separar aquellas partículas de tamaño superior a 10 micrones de diámetro aerodinámico. Las partículas menores a 10 micrones serán captadas en un filtro, de alta eficiencia, y la concentración se determinará mediante el peso ganado por el filtro, dividido para el volumen total de aire muestreado en un período de 24 horas.</p> <p>Métodos Alternos: podrán ser también utilizados los denominados métodos de medición continua, tanto del tipo Microbalanza Oscilante como el tipo Atenuación Beta. En el primer caso, el equipo muestreador, equipado con entrada aerodinámica PM10, posee un transductor de masa de las oscilaciones inducidas por el material particulado. En el segundo tipo, el equipo muestreador, con entrada PM10, contiene una fuente de radiación beta que determina la ganancia de peso en un filtro, a medida que este experimenta acumulación de partículas.</p>

(Elaborado por: TULAS, 2012 – Última modificación: Tabla 2. Métodos de medición de concentraciones de contaminantes comunes del aire).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Tabla 4. Patrones Internacionales de concentración de Material particulado y metales pesados

Contaminante	Periodo de muestreo	Guía de la OMS (Organización Mundial de la Salud)	USEPA (United States Environmental Protection Agency)	Norma Técnica Ecuatoriana de Calidad de Aire
PM10	24 horas Anual	125 µg/m ³ 50 µg/m ³	150 µg/m ³ 50 µg/m ³	150 µg/m ³ 50 µg/m ³
Plomo (Pb)	1 mes	-	-	-
	3 meses	-	1.5 µg/m ³	-
	Anual	0.5 – 1 µg/m ³	-	-
Cadmio (Cd)	-	<20 mg/m ³	-	-
Cromo (Cr)	-	Sin nivel de Seguridad	-	-
Níquel	-	Sin nivel de Seguridad	-	-

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013 - Relación con las tablas 8.4 y 8.24 del libro “Ingeniería Ambiental – Fundamentos, Entornos, Tecnologías y sistemas de gestión” elaborado por: Gerard Kiely, 1999).

II. MÉTODO

2.1. Nivel de Estudio

La naturaleza del estudio realizado es la siguiente:

Es de carácter exploratorio debido a la investigación en campo, que en este caso es la toma de muestras de aire respirable con la finalidad de determinar material particulado y concentración de metales pesados en la estación de transferencia de residuos urbanos “ET2” ubicada en el sector de Zámbez al norte de Quito.

Es de carácter descriptivo, ya que se debe seguir ciertos pasos para los diferentes procesos como la determinación de material particulado y digestión de metales pesados. Además, a lo que se desea llegar, es la caracterización del material particulado, identificando exclusivamente la presencia de metales pesados.

Finalmente es de carácter explicativo por la manera de generar información acerca de la presencia de metales pesados en el material particulado.

2.2. Modalidad de investigación

Ya que se conoce el comportamiento de la investigación con respecto al tipo de estudio, se puede concretar que la misma tendrá una modalidad de campo debido a la toma de muestras mencionadas anteriormente y una modalidad documental, ya que se utilizaron documentos tanto impresos como electrónicos para mejorar el conocimiento sobre los conceptos de material particulado y metales pesados, así también sobre las técnicas a seguir para su determinación.

2.3. Método

La información que se adquiere para realizar la siguiente investigación, se relaciona con un método Inductivo-Deductivo, ya que permite que el estudio tenga una perspectiva global de lo que la contaminación atmosférica acarrea, teniendo conocimiento sobre los impactos a nivel mundial y lo que podría ocurrir a menor escala, es decir a nivel local. Permite detallar las diferencias entre respirar aire contaminado que se encuentra disperso y respirar directamente de una de las fuentes originarias del material particulado como es la actividad de los minadores con los residuos urbanos.

2.3.1. Medición de las partículas suspendidas totales en el aire (PST)

Para la medición de partículas suspendidas totales en el aire, se utilizó la técnica de muestreo de alto volumen mediante la aplicación de un muestreador (High – volume air sampler) “Thermo Andersen”, el cual opera mediante una bomba que succiona flujos de aire entre 1.0 y 1.3 m³/min durante 6 horas, a condiciones normales (1 atmósfera y 25°C), siendo previamente calibrado por la Secretaría de Ambiente (Anexo 1) con la finalidad de obtener un flujo de aire entre los rangos mencionados con anterioridad. El muestreador consta adicionalmente de un contador de tiempo, un dispositivo en el cual es ubicado el filtro de fibra de vidrio y un manómetro que mediante la columna de agua regula la diferencia de presión (Anexo 2).

Se ha establecido un periodo de muestreo de seis horas ya que dentro de este intervalo los minadores realizan actividades de recolección mientras la estación de transferencia se encuentra en funcionamiento (transporte de desechos).

2.3.1.1. Procedimiento de laboratorio previo.

- ✓ Observar el buen estado de los filtros de fibra de vidrio.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Acondicionar los filtros de vidrio durante 24 horas previo a su uso, con la finalidad de eliminar la humedad ambiente que hizo contacto con el filtro, ya que puede interferir con el peso inicial del mismo.
- ✓ Pesar el filtro a usarse.
- ✓ Registrar el valor inicial pesado.

2.3.1.2. Procedimiento de campo.

- ✓ Instalar y conectar adecuadamente el High volume air sampler.
- ✓ Ubicar el filtro en el dispositivo exclusivo para el mismo.
- ✓ Realizar el muestreo durante 6 horas.
- ✓ Registrar información de campo (fecha, número de filtro, valor inicial y final del contador, condiciones atmosféricas y de la estación de transferencia).
- ✓ Retirar el filtro al cabo de 6 horas y transportarlo en una funda herméticamente cerrada.
- ✓ Desconectar y desinstalar el muestreador de alto volumen.

2.3.1.3. Procedimiento de laboratorio final.

- ✓ Acondicionar por 24 horas los filtros usados para evitar que la humedad ambiente interfiera en el peso final del filtro.
- ✓ Registrar el peso final del filtro de fibra de vidrio.

2.3.2. Digestión química de las muestras recolectadas.

Este procedimiento permite mantener los metales encontrados solubilizando los cationes independientemente de la forma en la que se encuentren y oxidando la materia orgánica.

2.3.2.1. Procedimiento de laboratorio (digestión de las muestras).

- ✓ Tomar la mitad del filtro que contiene la muestra de material particulado.
- ✓ Cortar la mitad del filtro en pedazos de aproximadamente de 1cm².
- ✓ Trasladar los pedazos de filtro a un vaso de precipitación de 60mL.
- ✓ Añadir una mezcla ácida de ácido nítrico más ácido perclórico (HNO₃- HClO₄) relación 3:1.
- ✓ Calentar la mezcla ácida y su contenido a 140°C en una plancha térmica, hasta que su volumen se reduzca hasta 10mL aproximadamente.

2.3.3. Medición de metales pesados en las muestras recolectadas.

Para la lectura de la presencia y concentraciones de metales pesados en el extracto ácido de las muestras, se usó el espectrofotómetro de absorción atómica (EAA), previamente realizando las respectivas curvas de calibración que corresponden a cada metal que se determinó.

2.3.3.1. Procedimiento de preparación del espectrofotómetro de absorción atómica.

- ✓ Prender el espectrofotómetro de absorción atómica.
- ✓ Colocar la lámpara del metal a determinar.
- ✓ Observar si el quemador se encuentra en la posición correcta con respecto a la fuente de radiación.
- ✓ Configurar el elemento e instalar la lámpara del metal a determinar para que realice la lectura.
- ✓ Prender la campana de extracción de gases y depurar gases.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Colocar en autocero la gráfica de absorbancia vs concentración.
- ✓ Observar las condiciones estándar del metal y realizar las diluciones correspondientes.
- ✓ Abrir la válvula de Óxido nitroso (N_2O) o Acetileno (C_2H_2) según el metal a determinar.
- ✓ Verificar que el compresor de aire este encendido.
- ✓ Observar que estén activados el quemador y el flujo de gases en el equipo, caso contrario pulsar en actualizar.
- ✓ Colocar en la pestaña “calibración” el número de decimales deseados para la lectura y la concentración de las diluciones realizadas de la anterior viñeta.
- ✓ Realizar el procedimiento de lectura de metales pesados (1.5.3.3).
- ✓ Terminado el proceso anterior, se cierran las válvulas de los gases utilizados y se depura gases.
- ✓ Se apaga la campana de extracción de gases.
- ✓ Se desinstala y se retira la lámpara usada y finalmente se apaga el espectrofotómetro de absorción atómica.

2.3.3.2. Lectura de metales pesados

- ✓ Analizar el blanco, colocando el capilar sobre agua destilada.
- ✓ Analizar las diluciones estándar establecidas y colocar nuevamente el capilar en el blanco sin volver a analizar (realizar este procedimiento con cada una de las diluciones).
- ✓ Mostrar la curva de calibración (Anexo 3).
- ✓ Analizar las 29 muestras de aire recolectadas y colocar nuevamente el capilar en el blanco sin volver a analizar (realizar este procedimiento con cada una de las

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

diluciones). Este procedimiento se lo realiza para no dejar ningún residuo de la muestra analizada.

- ✓ Transcribir los datos obtenidos por el espectrofotómetro de absorción atómica.

2.4. Población y Muestra

- ✓ **Población:** Estación de transferencia de residuos “ET2” en el sector de Zámiza
- ✓ **Muestra:** Aire respirable de la “ET2”. El tamaño de la muestra se lo obtuvo de la siguiente manera:

$$n = \frac{z^2 \pi^2 N}{e^2 (N - 1) + z^2 \pi^2}$$

Dónde:

Z: 1.96 (Constante del nivel de confianza a 95%)

Π: 0.5 (nivel de la población que poseen o no poseen dicha característica 50%)

N: 365 días (tamaño de la población)

e: 0.10 (error muestral deseado)

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)^2 (365)}{(0.10)^2 (365 - 1) + (1.96)^2 (0.5)^2}$$

$$n = 76.20 \text{ muestras}$$

2.5. Selección de instrumentos de investigación

Registro del tiempo de trabajo. Se tomó en consideración el registro del turno laboral en la estación de transferencia “ET2” con la finalidad de conocer el tiempo de exposición y su forma de trabajar, es decir si tienen puestos rotativos en su trabajo.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Experimentación. Se usaron los laboratorios de Química y Procesos de la UISEK, con la finalidad de alcanzar nuestro objetivo, es decir la determinación de material particulado y concentración de metales pesados.

2.6. Validez y confiabilidad de instrumentos

Antes de la utilización de los instrumentos implicados en la investigación, se validó la confiabilidad de los mismos. Se aseguró que tanto los niveles estadísticos como los instrumentos midan de manera confiable, para esto se utilizó equipos previamente calibrados que cumplan con el comportamiento lineal de la calibración. Se tomó un blanco (Filtro sin material particulado) como base para los análisis a realizar. Además los datos obtenidos tanto en los análisis como en los muestreos se los realizó personalmente sin la intervención de terceros.

2.7. Procesamiento de datos

Los datos recogidos fueron procesados mediante una base de datos en hojas electrónicas del programa Excel de Microsoft Office. De igual manera se tiene respaldos impresos, los mismos que son obtenidos en la investigación de campo y registros fotográficos mediante una cámara celular.

III. RESULTADOS

3.1. Levantamiento de datos

Para el levantamiento de datos se usaron hojas con un formato elaborado específicamente para identificar el número de filtro, fecha, peso inicial, peso final, tiempo de muestreo y condiciones u observaciones a tomar en cuenta, como lo muestra el siguiente ejemplo:

Muestreos de partículas totales suspendidas ² (3 o 6 Horas) *										
(#Muestra)	# Filtro	8294.....	fecha	28/06/2013	Peso inicial	4,343	material particulado	0.007	condiciones	(Lluvia, escasa basura, existencia de basura, ausencia de basura, etc.)
					Peso final	4,350				

El formato permitió registrar datos de campo (fecha y condiciones u observaciones) como datos de laboratorio (número de filtro, número de muestra, peso inicial, peso final), siendo transcritos posteriormente a una hoja de cálculo electrónica (Microsoft Excel) y un cuadernillo de datos para poder contar con algunos respaldos de la información obtenida.

3.2. Presentación y análisis de resultados

Las tablas de resultados y su cálculo se presentan divididas en partículas totales suspendidas y metales pesados de la siguiente manera:

3.2.1. Partículas totales suspendidas

² 3 o 6 Horas: Existen dos formatos señalando si se va a muestrear por 3 o 6 horas. Se debe escoger el formato adecuado

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

3.2.1.1. Registros de campo y laboratorio

En la recolección de las muestras se tomaron los datos necesarios para el cálculo de material particulado como muestran las siguientes tablas (5, 6, 7, 8):

Tabla 5. Condiciones u observaciones de las nueve muestras recolectadas en la estación de transferencia en un periodo de 3 horas de muestreo

Muestreos de Partículas totales suspendidas (3 Horas)						
B ³	# Filtro	8294795	fecha		condiciones	Blanco
1	# Filtro	8294796	fecha	29/01/2013	condiciones	Existencia de Basura
2	# Filtro	8294797	fecha	11/02/2013	condiciones	Existencia de Basura
3	# Filtro	8294798	fecha	14/03/2013	condiciones	Ausencia de basura

³ B (Blanco): muestra de referencia del filtro sin material particulado

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

4	# Filtro	8294790	fecha	15/03/2013	condiciones	Ausencia de basura
5	# Filtro	8294789	fecha	20/03/2013	condiciones	Ausencia de basura
6	# Filtro	8294791	fecha	26/02/2013	condiciones	Ausencia de basura
7	# Filtro	8294788	fecha	04/03/2013	condiciones	Existencia de Basura
8	# Filtro	8294787	fecha	05/03/2013	condiciones	Existencia de Basura
9	# Filtro	8294786	fecha	08/03/2013	condiciones	Existencia de Basura

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013)

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Tabla 6. Condiciones u observaciones de las nueve muestras recolectadas en la estación de transferencia en un periodo de 6 horas de muestreo.

Muestreos de Partículas totales suspendidas (6 horas)						
1	# Filtro	8294784	fecha	12/03/2013	condiciones	Lluvia por la mañana
2	# Filtro	8294783	fecha	14/03/2013	condiciones	Existencia de Basura
3	# Filtro	8294781	fecha	18/03/2013	condiciones	Existencia de Basura
4	# Filtro	8294782	fecha	21/03/2013	condiciones	Lluvia & escasa basura (22/03/2013)
5	# Filtro	8294180	fecha	07/06/2013	condiciones	Escasa Basura

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

6	# Filtro	8294785	fecha	11/06/2013	condiciones	Existencia de Basura
7	# Filtro	8294766	fecha	12/06/2013	condiciones	Existencia de Basura
8	# Filtro	8294770	fecha	13/06/2013	condiciones	Existencia de Basura
9	# Filtro	8294767	fecha	14/06/2013	condiciones	Escasa Basura
10	# Filtro	8294757	fecha	10/07/2013	condiciones	Existencia de Basura
11	# Filtro	8294764	fecha	11/07/2013	condiciones	Existencia de Basura

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

12	# Filtro	8294762	fecha	12/07/2013	condiciones	Escasa basura
13	# Filtro	8294768	fecha	15/07/2013	condiciones	Escasa basura
14	# Filtro	8294769	fecha	16/07/2013	condiciones	Existencia de Basura
15	# Filtro	8294765	fecha	17/07/2013	condiciones	Existencia de Basura
16	# Filtro	8294763	fecha	18/07/2013	condiciones	Existencia de Basura
17	# Filtro	8294758	fecha	19/07/2013	condiciones	Escasa basura
18	# Filtro	8294761	fecha	22/07/2013	condiciones	Existencia de Basura

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

19	# Filtro	8294760	fecha	23/07/2013	condiciones	Escasa basura
----	----------	---------	-------	------------	-------------	---------------

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013)

Tabla 7. Material particulado registrado en las nueve muestras de aire en un periodo de 3 horas de muestreo

Muestreos de Partículas totales suspendidas (3 Horas)								
B	# Filtro	8294795	fecha		Peso inicial (g)	4,343	Material Particulado (g)	0
					Peso final (g)	4,343		
1	# Filtro	8294796	fecha	29/01/2013	Peso inicial (g)	4,3371	Material Particulado (g)	0,1767
					Peso final (g)	4,5138		
2	# Filtro	8294797	fecha	11/02/2013	Peso inicial (g)	4,325	Material Particulado (g)	0,0745
					Peso final (g)	4,3995		
3	# Filtro	8294798	fecha	14/03/2013	Peso inicial (g)	4,305	Material Particulado (g)	0,0286
					Peso final (g)	4,3336		

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

4	# Filtro	8294790	fecha	15/03/2013	Peso inicial (g)	4,2805	Material Particulado (g)	0,0267
					Peso final (g)	4,3072		
5	# Filtro	8294789	fecha	20/03/2013	Peso inicial (g)	4,3225	Material Particulado (g)	0,0445
					Peso final (g)	4,367		
6	# Filtro	8294791	fecha	26/02/2013	Peso inicial (g)	4,326	Material Particulado (g)	0,0503
					Peso final (g)	4,3763		
7	# Filtro	8294788	fecha	04/03/2013	Peso inicial (g)	4,251	Material Particulado (g)	0,0887
					Peso final (g)	4,3397		
8	# Filtro	8294787	fecha	05/03/2013	Peso inicial (g)	4,3886	Material Particulado (g)	0,1096
					Peso final (g)	4,4982		
9	# Filtro	8294786	fecha	08/03/2013	Peso inicial (g)	4,4024	Material Particulado (g)	0,1018
					Peso final (g)	4,5042		

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013)

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Tabla 8. Material particulado registrado en las nueve muestras de aire en un periodo de 6 horas de muestreo

Muestreos de Partículas totales suspendidas (6 horas)								
1	# Filtro	8294784	fecha	12/03/2013	Peso inicial (g)	4,2557	Material Particulado (g)	0,1434
					Peso final (g)	4,3991		
2	# Filtro	8294783	fecha	14/03/2013	Peso inicial (g)	4,6325	Material Particulado (g)	0,2298
					Peso final (g)	4,8623		
3	# Filtro	8294781	fecha	18/3/2013	Peso inicial (g)	4,271	Material Particulado (g)	0,4913
					Peso final (g)	4,7623		
4	# Filtro	8294782	fecha	21/03/2013	Peso inicial (g)	4,3546	Material Particulado (g)	0,0395
					Peso final (g)	4,3941		
5	# Filtro	8294180	fecha	07/06/2013	Peso inicial (g)	4,2433	Material Particulado (g)	0,1268
					Peso final (g)	4,3701		
6	# Filtro	8294785	fecha	11/06/2013	Peso inicial (g)	4,1303	Material Particulado (g)	0,2269
					Peso final (g)	4,3572		

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

7	# Filtro	8294766	fecha	12/06/2013	Peso inicial (g)	4,3718	Material Particulado (g)	0,1866
					Peso final (g)	4,5584		
8	# Filtro	8294770	fecha	13/06/2013	Peso inicial (g)	4,2356	Material Particulado (g)	0,3342
					Peso final (g)	4,5698		
9	# Filtro	8294767	fecha	14/06/2013	Peso inicial (g)	4,5239	Material Particulado (g)	0,0146
					Peso final (g)	4,5385		
10	# Filtro	8294757	fecha	10/07/2013	Peso inicial (g)	4,5064	Material Particulado (g)	0,1474
					Peso final (g)	4,6538		
11	# Filtro	8294764	fecha	11/07/2013	Peso inicial (g)	4,5214	Material Particulado (g)	0,1657
					Peso final (g)	4,6871		
12	# Filtro	8294762	fecha	12/07/2013	Peso inicial (g)	4,501	Material Particulado (g)	0,087
					Peso final (g)	4,588		
13	# Filtro	8294768	fecha	15/07/2013	Peso inicial (g)	4,5266	Material Particulado (g)	0,0354
					Peso final (g)	4,562		

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

14	# Filtro	8294769	fecha	16/07/2013	Peso inicial (g)	4,4372	Material Particulado (g)	0,176
					Peso final (g)	4,6132		
15	# Filtro	8294765	fecha	17/07/2013	Peso inicial (g)	4,5218	Material Particulado (g)	0,2296
					Peso final (g)	4,7514		
16	# Filtro	8294763	fecha	18/07/2013	Peso inicial (g)	4,4943	Material Particulado (g)	0,1666
					Peso final (g)	4,6609		
17	# Filtro	8294758	fecha	19/07/2013	Peso inicial (g)	4,4986	Material Particulado (g)	0,0467
					Peso final (g)	4,5453		
18	# Filtro	8294761	fecha	22/07/2013	Peso inicial (g)	4,502	Material Particulado (g)	0,1718
					Peso final (g)	4,6738		
19	# Filtro	8294760	fecha	23/07/2013	Peso inicial (g)	4,5051	Material Particulado (g)	0,1147
					Peso final (g)	4,6198		

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013)

3.2.1.2. Cálculo de las partículas totales en suspensión

Según la legislación vigente mencionada anteriormente, todos los datos obtenidos deben ser corregidos con la ecuación establecida en el inciso 4.1.2.3 del Numeral 4.1.2 que trata las

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Normas generales para concentraciones de contaminantes comunes en el aire ambiente, de la Norma ecuatoriana de calidad de aire, libro VI, Anexo 4. Del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Por lo cual para esta ecuación de corrección se debe primero determinar el valor observado en función de los pesos registrados de los filtros y el volumen calculado. Es por eso que se utilizó el Caudal obtenido en la última calibración del equipo, el cual fue de 1230 litros/minuto con la finalidad de obtener el Volumen total de aire recolectado y determinar la concentración de partículas totales suspendidas.

- Para ello primero se cambiaron las unidades del caudal (litros/minuto) y el tiempo de muestreo (3 y 6 horas), a m³/minuto y minutos respectivamente:

$$\begin{array}{l} \text{Caudal (Q)} \\ Q = \frac{1230 \text{ L/min}}{\frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}} \end{array} \quad Q = 1.23 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\begin{array}{l} \text{Tiempo (t)} \\ t = \frac{3 \text{ horas}}{\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}}} \end{array} \quad t = 180 \text{ minutos}$$

$$\begin{array}{l} \text{Tiempo (t)} \\ t = \frac{6 \text{ horas}}{\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}}} \end{array} \quad t = 360 \text{ minutos}$$

- Para obtener el volumen (V) de aire absorbido, se multiplica el valor del caudal por los distintos periodos de muestreo, obteniendo de esta manera la siguiente ecuación general:

$$V = Q * t \quad \text{Ec (1)}$$

Obteniendo:

$$\bullet \quad V = 1.23 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) * 180 \text{ min} \quad V = 221.4 \text{ m}^3$$

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- $V = 1.23 \left(\frac{m^3}{min}\right) * 360 min$ $V = 442.8 m^3$

- A continuación, se debe determinar el valor de la concentración observada⁴ de partículas totales suspendidas de las muestras de aire recolectadas en los filtros, mediante la relación entre la diferencia de los pesos registrados de cada filtro y el volumen general calculado. Tal como lo muestra la siguiente ecuación:

$$Co (PTS) = \frac{(Pf - Pi) * 10^6}{V} \quad Ec (2)$$

Dónde:

$Co(PTS)$: Concentración observada de partículas totales suspendidas ($\mu g/m^3$).

Pi : peso inicial del filtro acondicionado previamente a 24h (g).

Pf : peso final del filtro (g).

V : Volumen calculado en la Ecuación 1 (m^3).

- Finalmente los valores observados se corrigieron a condiciones estándares de temperatura (298°K) y presión atmosférica (760 mmHg) según lo mencionado anteriormente en el cálculo de las partículas totales en suspensión (3.1.1.2) del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). A esta ecuación se la denomina concentración corregida⁵ representada de la siguiente manera:

$$Cc (PTS) = \frac{Co(PTS) * P2 * T1}{P1 * T2} \quad Ec (3)$$

⁴ Concentración observada: Utiliza los datos obtenidos en el campo (sitio de muestreo)

⁵ Concentración corregida: es el cálculo de la concentración observada en función de valores estándar de presión y temperatura, tomando también en cuenta la presión del sector. Según el TULAS es necesario hacer la corrección de la concentración.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Dónde:

$C_c(PTS)$: Concentración corregida de partículas totales suspendidas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

P_2 : Presión atmosférica a condiciones estándar (760 mmHg).

T_1 : Temperatura local de Quito promedio (293 °K).

P_1 : Presión local de Quito (540 mmHg).

T_2 : Temperatura a condiciones estándar (298°K).

- ✓ Ejemplo 1: Empleando las ecuaciones descritas anteriormente (E_c (2) y E_c (3)) y tomando los valores del volumen calculado para la muestra 1, filtro 8294796, registrado en la tabla 7 (3horas de muestreo). Podemos decir que:

Datos:

Muestra: 1. #de Filtro: 8294796

Fecha de muestreo: 29/01/2013

Peso Inicial: 4.3371 g

Peso Final: 4.5138 g

Volumen: (V) = 221.4 m^3 (Se toma ese volumen debido a que la muestra se lo hizo durante 3 horas)

Solución:

- ✓ Concentración observada

$$C_o (PTS) = \frac{(P_f - P_i) * 10^6}{V} \quad E_c (2)$$

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

$$C_o (PTS) = \frac{(4.5138 - 4.3371)g * 10^6}{221.4 m^3}$$

$$C_o (PTS) = 798.1 \frac{\mu g}{m^3}$$

✓ Concentración corregida

$$C_c (PTS) = \frac{C_o(PTS) * P_2 * T_1}{P_1 * T_2} \quad Ec (3)$$

$$C_c (PTS) = \frac{798.1030 \frac{\mu g}{m^3} * 760 mmHg * 293^{\circ}K}{540 mmHg * 298^{\circ}K}$$

$$C_c (PTS) = 1104.4 \frac{\mu g}{m^3}$$

Tabla 9. Cálculos de la concentración observada o concentración corregida de las partículas totales suspendidas (TPS) en un periodo de 3 horas de muestreo.

Muestreos de Partículas totales suspendidas (3 Horas)						
B	# Filtro	8294795	fecha	28/01/2013	Peso inicial (g)	4,3430
					Peso final (g)	4,3430
					Co (Concentración observada) en $\mu g/m^3$	0,0
					Cc (Concentración corregida) en $\mu g/m^3$	0,0

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

1	# Filtro	8294796	fecha	29/01/2013	Peso inicial (g)	4,3371
					Peso final (g)	4,5138
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	798,1
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1104,4
2	# Filtro	8294797	fecha	11/02/2013	Peso inicial (g)	4,3250
					Peso final (g)	4,3995
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	336,5
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	465,6
3	# Filtro	8294798	fecha	14/03/2013	Peso inicial (g)	4,3050
					Peso final (g)	4,3336
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	129,2
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	178,8
4	# Filtro	8294790	fecha	15/03/2013	Peso inicial (g)	4,2805
					Peso final (g)	4,3072
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	120,6
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	166,9
5	# Filtro	8294789	fecha	20/03/2013	Peso inicial (g)	4,3225
					Peso final (g)	4,3670
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	201,0
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	278,1
6	# Filtro	8294791	fecha	26/02/2013	Peso inicial (g)	4,3260
					Peso final (g)	4,3763
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	227,2
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	314,4
7	# Filtro	8294788	fecha	04/03/2013	Peso inicial (g)	4,2510
					Peso final (g)	4,3397
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	400,6

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	554,4
8	# Filtro	8294787	fecha	05/03/2013	Peso inicial (g)	4,3886
					Peso final (g)	4,4982
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	495,0316
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	685,0
9	# Filtro	8294786	fecha	08/03/2013	Peso inicial (g)	4,4024
					Peso final (g)	4,5042
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	459,8
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	636,3

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013)

Tabla 10. Cálculos de la concentración observada o concentración corregida de las partículas totales suspendidas (TPS) en un periodo de 6 horas de muestreo.

Muestreos de Partículas totales suspendidas (6 horas)						
1	# Filtro	8294784	fecha	12/03/2013	Peso inicial (g)	4,2557
					Peso final (g)	4,3991
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	323,8
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	448,1
2	# Filtro	8294783	fecha	14/03/2013	Peso inicial (g)	4,5325
					Peso final (g)	4,8623
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	744,8
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1030,7
3	# Filtro	8294781	fecha	18/3/2013	Peso inicial (g)	4,271
					Peso final (g)	4,7623
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1109,5
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1535,4

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

4	# Filtro	8294782	fecha	21/03/2013	Peso inicial (g)	4,3546
					Peso final (g)	4,3941
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	89,2
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	123,4
5	# Filtro	8294180	fecha	07/06/2013	Peso inicial (g)	4,2433
					Peso final (g)	4,3701
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	286,4
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	396,3
6	# Filtro	8294785	fecha	11/06/2013	Peso inicial (g)	4,1303
					Peso final (g)	4,3572
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	512,4
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	709,1
7	# Filtro	8294766	fecha	12/06/2013	Peso inicial (g)	4,3718
					Peso final (g)	4,5584
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	421,4
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	583,1
8	# Filtro	8294770	fecha	13/06/2013	Peso inicial (g)	4,2356
					Peso final (g)	4,5698
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	754,7
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1044,4
9	# Filtro	8294767	fecha	14/06/2013	Peso inicial (g)	4,4939
					Peso final (g)	4,5388
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	101,4
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	140,3

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

10	# Filtro	8294757	fecha	10/07/2013	Peso inicial (g)	4,5064
					Peso final (g)	4,6538
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	332,9
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	460,6
11	# Filtro	8294764	fecha	11/07/2013	Peso inicial (g)	4,5214
					Peso final (g)	4,6871
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	374,2
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	517,8
12	# Filtro	8294762	fecha	12/07/2013	Peso inicial (g)	4,501
					Peso final (g)	4,588
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	196,5
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	271,9
13	# Filtro	8294768	fecha	15/07/2013	Peso inicial (g)	4,5266
					Peso final (g)	4,562
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	79,9
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	110,6
14	# Filtro	8294769	fecha	16/07/2013	Peso inicial (g)	4,4372
					Peso final (g)	4,6132
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	397,5
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	550,0
15	# Filtro	8294765	fecha	17/07/2013	Peso inicial (g)	4,5218
					Peso final (g)	4,7514
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	518,5
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	717,5

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

16	# Filtro	8294763	fecha	18/07/2013	Peso inicial (g)	4,4943
					Peso final (g)	4,6609
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	376,2
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	520,6
17	# Filtro	8294758	fecha	19/07/2013	Peso inicial (g)	4,4986
					Peso final (g)	4,5453
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	105,5
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	145,9
18	# Filtro	8294761	fecha	22/07/2013	Peso inicial (g)	4,502
					Peso final (g)	4,6738
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	388,0
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	536,9
19	# Filtro	8294760	fecha	23/07/2013	Peso inicial (g)	4,5051
					Peso final (g)	4,6198
					Co (Concentración observada) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	259,0
					Cc (Concentración corregida) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	358,4

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013)

3.2.2. Lectura de metales pesados

3.2.2.1. Registros de las lecturas de metales pesados.

En la lectura de metales pesados de las muestras, se tomaron los datos obtenidos por el espectrofotómetro de absorción atómica, siendo estos datos necesarios para el cálculo de la concentración real de cada una de ellas, debido al uso de una fracción del filtro.

Los Datos obtenidos se muestran las siguientes tablas (11, 12, 13):

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

**Tabla 11. Lectura de la concentración de metales pesados en las muestras obtenidas en 3
y 6 horas, en ppm (mg/L).**

Lectura de metales pesados en ppm (mg/L)							
Muestras de 3 horas de muestreo							
Muestra	Níquel (Ni)	Cadmio (Cd)	Zinc (Zn)	Cromo (Cr)	Cobre (Cu)	Bario (Ba)	Plomo (Pb)
B	⁶ ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1	0,05	ND	0,27	0,06	0,04	4.03	ND
2	ND	0,01	0,25	ND	0,64	3.49	ND
3	ND	ND	ND	ND	0,29	2.38	ND
4	ND	ND	0,23	ND	1,41	0.34	0.28
5	ND	ND	0,00	ND	0,84	6.69	0.26
6	ND	ND	ND	ND	0,21	4.13	0.24
7	ND	ND	0,01	ND	0,07	0.34	0.29
8	ND	ND	0,01	ND	0,12	1.40	0.38
9	ND	ND	0,01	ND	1,35	0.76	0.36
Muestras de 6 horas de muestreo							
1	1,23	ND	0,01	ND	1.50	1.93	0.15
2	ND	ND	0,02	ND	1,19	1.58	0.12
3	2,88	ND	0,00	ND	0,21	2.73	0.19
4	3.51	ND	0,03	ND	0,59	2.89	0.25
5	ND	ND	0,01	ND	0,70	2.96	0.22
6	ND	ND	0,01	ND	0,61	1.59	0.23
7	ND	ND	0,00	ND	0,47	2.35	0.45
8	ND	ND	0,03	ND	1.50	3.72	0.37
9	ND	ND	0,01	ND	0,80	2.62	0.32
10	ND	ND	0,01	ND	1,43	3.82	0.39
11	ND	ND	0,01	ND	0,33	3.97	0.42
12	ND	ND	0,00	ND	0,49	4.64	0.16

⁶ ND: No detectable por este método

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

13	ND	ND	0,00	ND	0,63	5.34	0.31
14	ND	ND	0,01	ND	0,30	5.03	0.43
15	ND	ND	0,00	ND	0,09	6.77	0.41
16	ND	ND	0,01	ND	0,38	6.70	0.41
17	ND	ND	0,03	ND	0,36	7.09	0.36
18	ND	ND	0,02	ND	1,24	4.30	0.44
19	ND	ND	ND	ND	0,33	5.74	0.43

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013)

3.1.2.2. Cálculo de la concentración de metales pesados en las muestras de aire.

- ✓ El cálculo de la concentración de metales pesados se lo realizó mediante la relación entre la multiplicación de la concentración obtenida por el espectrofotómetro de absorción atómica, por el volumen del extracto ácido y la multiplicación del volumen de aire que succionó la bomba por la fracción tomada del filtro. La ecuación se representa de la siguiente manera:

$$C_{metal} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) = \frac{C_o * V_e}{V * F} \quad Ec (4)$$

Dónde:

C_o: Concentración obtenida por el espectrofotómetro de absorción atómica (mg/L).

V_e: Volumen del extracto ácido (mL).

F: Fracción del filtro total (1/2 del filtro completo = 0.5).

V: Volumen de aire (m³) succionado por la bomba en 3 y 6 horas, obtenidos en la ecuación 1 (*Ec. 1*).

- ✓ De igual manera en la que se corrigieron las concentraciones de materia particulado los metales deben hacerlo, por lo que la concentración del metal registrada en la ecuación 4 (*Ec 4*) se debe corregir a condiciones estándar de presión (760 mmHg) y

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

temperatura (298°K), tomando en cuenta la presión y temperatura del sector, de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire, sección 4.1.2.3 mediante la siguiente ecuación:

$$Cc\ metal\ \left(\frac{\mu g}{m^3}\right) = \frac{C\ metal * P2 * T1}{P1 * T2} \quad Ec\ (5)$$

Dónde:

Cc: Concentración de metales corregida ($\mu g/ m^3$).

C metal: Concentración obtenida en la ecuación 4 (*Ec 4*) ($\mu g/ m^3$).

P2: Presión atmosférica a condiciones estándar (760 *mmHg*).

T1: Temperatura local de Quito (293 °K).

P1: Presión local de Quito (540 *mmHg*).

T2: Temperatura a condiciones estándar (298°K).

- ✓ Ejemplo 2: Empleando las ecuaciones descritas anteriormente (*Ec 4*) y (*Ec 5*) y tomando los valores del volumen calculado para la muestra 1, para el Zinc como metal registrado en la tabla 11, podemos decir que :

- Datos:

Muestra: 1. #de Filtro: 8294796.

Co: 0.27 mg/L = 0.27 $\mu g/mL$ (Es necesario realizar la transformación para simplificar las unidades).

Ve: 10 mL.

F: Fracción del filtro total (1/2 del filtro completo = 0.5).

Volumen: (*V*) = 221.4 m^3 (Se toma ese volumen debido a que la muestra se lo hizo durante 3 horas).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

• Solución:

- ✓ Concentración observada

$$C_{metal} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) = \frac{C_o * V_e}{V * F} \quad Ec (4)$$

$$C_{metal} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) = \frac{0.27 \frac{\mu g}{ml} * 10mL}{221.4m^3 * 0.5}$$

$$C_{metal} = 0.0244 \frac{\mu g}{m^3}$$

- ✓ Concentración corregida

$$C_c_{metal} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) = \frac{C_{metal} * P_2 * T_1}{P_1 * T_2} \quad Ec (5)$$

$$C_c (PTS) = \frac{0.0244 \frac{\mu g}{m^3} * 760 mmHg * 293^\circ K}{540 mmHg * 298^\circ K}$$

$$C_c (PTS) = 0.0338 \frac{\mu g}{m^3}$$

Tabla 12. Cálculo de la concentración de metales de las muestras realizadas en 3 y 6 horas de muestreo.

Muestra	Concentración del metal (C_{metal}) en $\mu g/m^3$						
	Muestras de 3 horas de muestreo						
	Níquel (Ni)	Cadmio (Cd)	Zinc (Zn)	Cromo (Cr)	Cobre (Cu)	Bario (Ba)	Plomo (Pb)
B	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1	0,0045	ND	0,0244	0,0054	0,0036	0.3640	ND

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

2	ND	0,0009	0,0226	ND	0,0578	0.3153	ND
3	ND	ND	ND	ND	0,0262	0.2150	ND
4	ND	ND	0,0208	ND	0,1274	0.0307	0.0253
5	ND	ND	0,0003	ND	0,0759	0.6043	0.0235
6	ND	ND	ND	ND	0,0190	0.3731	0.0217
7	ND	ND	0,0012	ND	0,0063	0.0307	0.0262
8	ND	ND	0,0005	ND	0,0108	0.1265	0.0343
9	ND	ND	0,0009	ND	0,1220	0.0687	0.0325
Muestras de 6 horas de muestreo							
1	0,0556	ND	0,0006	ND	0,0678	0.0872	0.0068
2	ND	ND	0,0009	ND	0,0537	0.0714	0.0054
3	0,1301	ND	0,0002	ND	0,0095	0.1233	0.0086
4	0,1585	ND	0,0014	ND	0,0266	0.1305	0.0113
5	ND	ND	0,0004	ND	0,0316	0.1337	0.0099
6	ND	ND	0,0003	ND	0,0276	0.0718	0.0104
7	ND	ND	0,0001	ND	0,0212	0.1061	0.0203
8	ND	ND	0,0013	ND	0,0678	0.1680	0.0167
9	ND	ND	0,0003	ND	0,0361	0.1183	0.0145
10	ND	ND	0,0005	ND	0,0646	0.1725	0.0176
11	ND	ND	0,0005	ND	0,0149	0.1793	0.0190
12	ND	ND	0,0001	ND	0,0221	0.2096	0.0072
13	ND	ND	0,0002	ND	0,0285	0.2412	0.0140
14	ND	ND	0,0005	ND	0,0136	0.2272	0.0194

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

15	ND	ND	0,0001	ND	0,0041	0.3058	0.0185
16	ND	ND	0,0003	ND	0,0172	0.3026	0.0185
17	ND	ND	0,0012	ND	0,0163	0.3202	0.0163
18	ND	ND	0,0009	ND	0,0560	0.1942	0.0199
19	ND	ND	ND	ND	0,0149	0.2593	0.0194

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

Tabla 13. Cálculo de la concentración corregida de las muestras realizadas en 3 y 6 horas de muestreo.

Muestra	Concentración corregida (C_c) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
	Muestras de 3 horas de muestreo						
	Níquel (Ni)	Cadmio (Cd)	Zinc (Zn)	Cromo (Cr)	Cobre (Cu)	Bario (Ba)	Plomo (Pb)
B	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1	0,0063	ND	0,0338	0,0075	0,0050	0.5038	ND
2	ND	0,0013	0,0313	ND	0,0800	0.4363	ND
3	ND	ND	ND	ND	0,0363	0.2975	ND
4	ND	ND	0,0288	ND	0,1763	0.0425	0.0350
5	ND	ND	0,0004	ND	0,1050	0.8363	0.0325
6	ND	ND	ND	ND	0,0263	0.5163	0.0300
7	ND	ND	0,0016	ND	0,0088	0.0425	0.0363
8	ND	ND	0,0006	ND	0,0150	0.1750	0.0475
9	ND	ND	0,0013	ND	0,1688	0.0950	0.0450

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

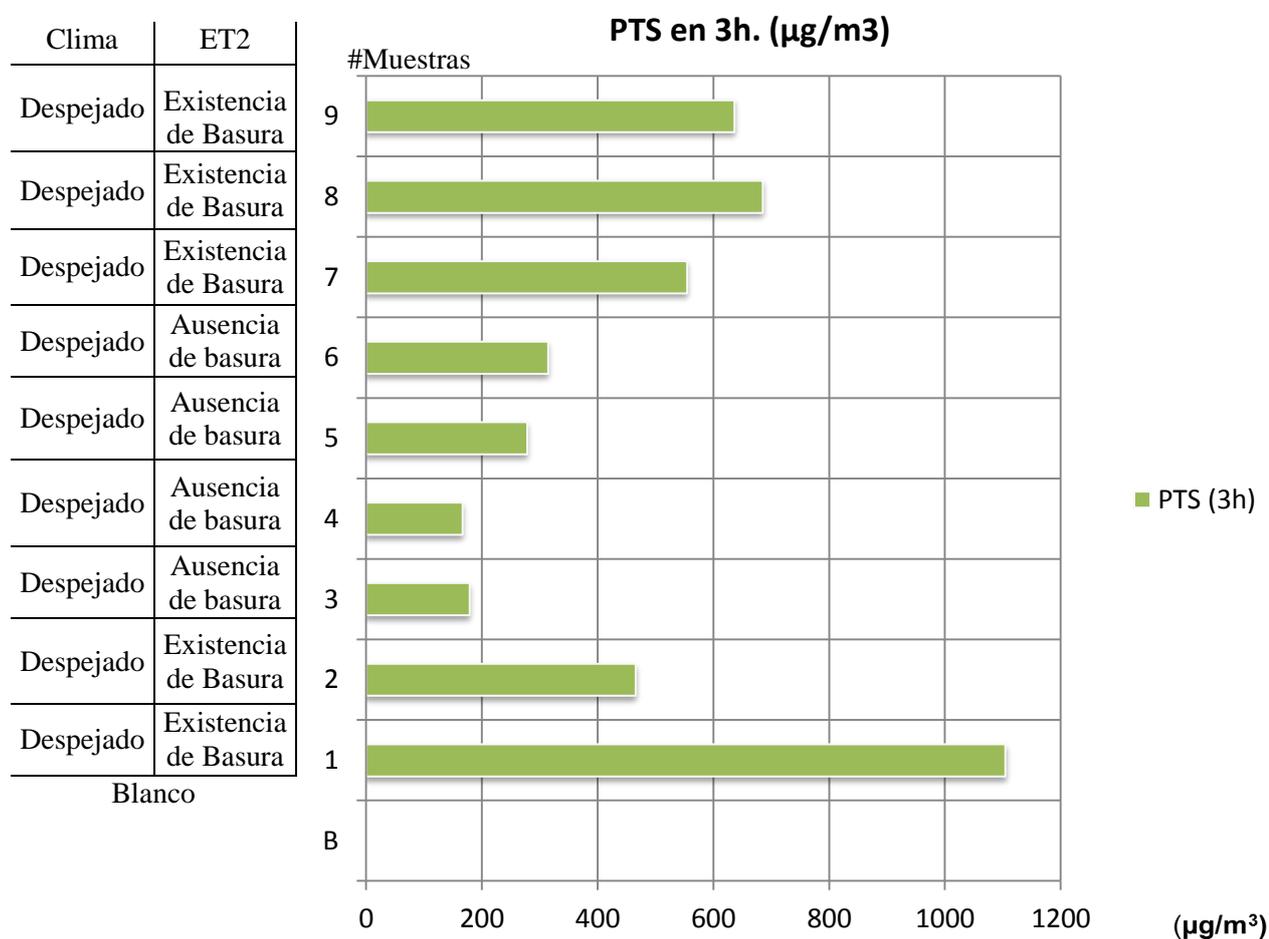
Muestras de 6 horas de muestreo							
1	0,0769	ND	0,0009	ND	0,0938	0.1206	0.0094
2	ND	ND	0,0013	ND	0,0744	0.0988	0.0075
3	0,1800	ND	0,0003	ND	0,0131	0.1706	0.0119
4	0,2194	ND	0,0019	ND	0,0369	0.1806	0.0156
5	ND	ND	0,0005	ND	0,0438	0.1850	0.0138
6	ND	ND	0,0004	ND	0,0381	0.0994	0.0144
7	ND	ND	0,0002	ND	0,0294	0.1469	0.0281
8	ND	ND	0,0018	ND	0,0938	0.2325	0.0231
9	ND	ND	0,0004	ND	0,0500	0.1638	0.0200
10	ND	ND	0,0008	ND	0,0894	0.2388	0.0244
11	ND	ND	0,0008	ND	0,0206	0.2481	0.0263
12	ND	ND	0,0002	ND	0,0306	0.2900	0.0100
13	ND	ND	0,0003	ND	0,0394	0.3338	0.0194
14	ND	ND	0,0006	ND	0,0188	0.3144	0.0269
15	ND	ND	0,0002	ND	0,0056	0.4231	0.0256
16	ND	ND	0,0004	ND	0,0238	0.4188	0.0256
17	ND	ND	0,0016	ND	0,0225	0.4431	0.0225
18	ND	ND	0,0013	ND	0,0775	0.2688	0.0275
19	ND	ND	ND	ND	0,0206	0.3588	0.0269

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

IV. DISCUSIÓN

Mediante las tablas de resultados se elaboraron otras más que resumen y juntan los datos para poder establecer conclusiones y recomendaciones hacia una mejor comprensión.

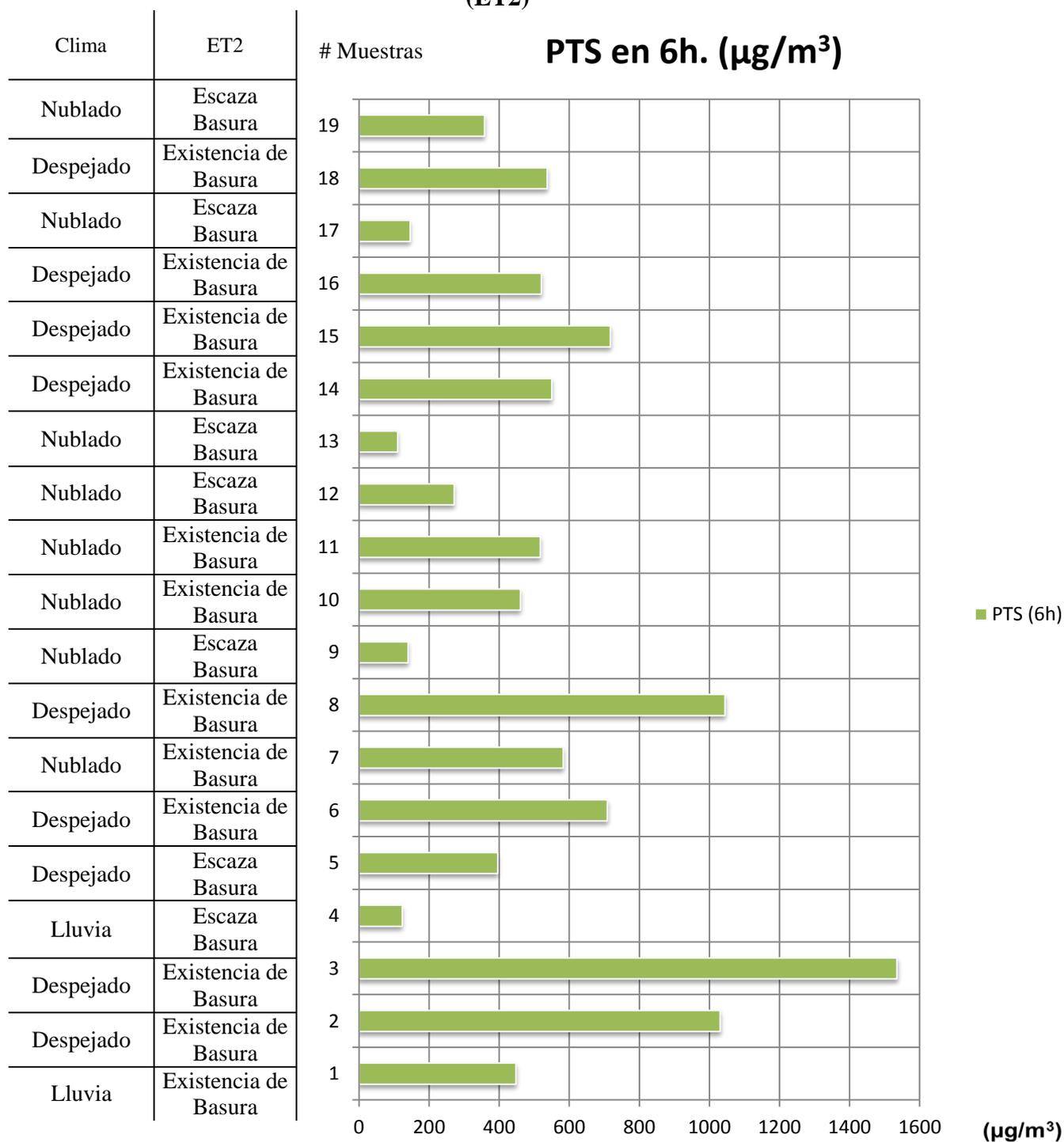
Gráfico 1. Relación entre las Partículas totales suspendidas (PTS) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de las muestras de aire obtenidas en 3 horas de muestreo, las condiciones de clima y la estación de transferencia (ET2)



(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Gráfico 2. Relación entre las Partículas totales suspendidas (PTS) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de las muestras de aire obtenidas en 6 horas de muestreo, las condiciones de clima y la estación de transferencia (ET2)



(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

De acuerdo a los gráficos 1 y 2 se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ La concentración de material particulado depende del tiempo de muestreo, sin embargo no puede ser comparada ya que se realizaron en diferentes intervalos de tiempo (3 y 6 horas de muestreo). Aun así algunas muestras son similares en la concentración de partículas totales en suspensión (PTS) a pesar de haber sido obtenidas en estos diferentes intervalos de tiempo.
- ✓ Las muestras 1 y 3; de tres (Gráfico 1) y seis horas de muestreo (Gráfico 2) respectivamente, poseen la mayor concentración de partículas en suspensión y corresponden a días soleados o despejados con la existencia abundante de basura en la estación de transferencia “ET2”.
- ✓ En las muestras 1 de tres horas de muestreo (Gráfico 1) y 2 y 8 de seis horas (Gráfico 2), los valores se acercan en la concentración de partículas en suspensión, superando los $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondientes a días soleados o despejados y con abundante presencia de basura.
- ✓ Se puede observar que las muestras 4 y 13 de tres y seis horas de muestreo respectivamente, poseen la menor concentración de partículas suspendidas en el aire en sus respectivos gráficos. Sin embargo no tienen las mismas condiciones climatológicas como las de la estación de transferencia, ya que en la muestra 4 donde no hubo basura pero corresponde a un día soleado o despejado, supera a la concentración de la muestra 13 donde existe escasa basura pero corresponde a un día nublado. Es por eso que el clima se convirtió en un factor principal que aportó con la concentración de PTS, ya que el viento acarrea las partículas de la estación de transferencia, más las generadas por los residuos sobre todo en los días soleados o despejados, mientras que en los días de lluvia la frecuencia de viento era mínima y no estaba en contacto directo con los residuos

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

debido a que la estación de transferencia es un lugar semi cerrado, la misma que permitía el ingreso de viento mas no de lluvia que aporta humedad al aire, aumentando el peso del material particulado por lo que no queda suspendido. Sin embargo ambas muestras contienen la menor concentración en sus respectivas horas de muestreo debido a la cantidad de residuos encontrados en la estación de transferencia, por lo que la existencia o ausencia de residuos es otro factor que aporta a la concentración de PTS. Este comportamiento puede distinguirse de mejor manera tomando el ejemplo de las muestras 1 y 4 del gráfico 2, donde la primera tiene mayor concentración de partículas en suspensión debido a la abundante cantidad de basura, mientras que la muestra 4 tiene baja concentración debido a la escasez de basura.

Tabla 14. Determinación de las máximas y mínimas concentraciones de partículas totales en suspensión (PTS) y metales pesados en las muestras de aire en 3 y 6 horas de muestreo.

Muestra	Concentración corregida (Cc) y PTS en $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
	Muestras de 3 horas de muestreo							
	Níquel (Ni)	Cadmio (Cd)	Zinc (Zn)	Cromo (Cr)	Cobre (Cu)	Bario (Ba)	Plomo (Pb)	PTS
B	-	-	-	-	-	-	-	0
1	0,0063	-	0,0338	0,0075	0,005	0,5038	-	1104,4
2	-	0,0013	0,0313	-	0,08	0,4363	-	465,6
3	-	-	-	-	0,0363	0,2975	-	178,8
4	-	-	0,0288	-	0,1763	0,0425	0,0350	166,9

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

5	-	-	0,0004	-	0,105	0,8363	0.0325	278,1
6	-	-	-	-	0,0263	0,5163	0.0300	314,4
7	-	-	0,0016	-	0,0088	0,0425	0.0363	554,4
8	-	-	0,0006	-	0,015	0,1750	0.0475	685,0
9	-	-	0,0013	-	0,1688	0,0950	0.0450	636,3
Mín.	0,0063	0,0013	0,0006	0,0075	0,005	0,0425	0.0300	166,9
Máx.	0,0063	0,0013	0,0338	0,0075	0,1763	0,8363	0.0475	1104,4
Muestras de 6 horas de muestreo								
1	0,0769	-	0,0009	-	0,0938	0.1206	0.0094	448,1
2	-	-	0,0013	-	0,0744	0.0988	0.0075	1030,7
3	0,18	-	0,0003	-	0,0131	0.1706	0.0119	1535,4
4	0,2194	-	0,0019	-	0,0369	0.1806	0.0156	123,4
5	-	-	0,0005	-	0,0438	0.1850	0.0138	396,3
6	-	-	0,0004	-	0,0381	0.0994	0.0144	709,1
7	-	-	0,0002	-	0,0294	0.1469	0.0281	583,1
8	-	-	0,0018	-	0,0938	0.2325	0.0231	1044,4
9	-	-	0,0004	-	0,0500	0.1638	0.0200	140,3
10	-	-	0,0008	-	0,0894	0.2388	0.0244	460,6
11	-	-	0,0008	-	0,0206	0.2481	0.0263	517,8
12	-	-	0,0002	-	0,0306	0.2900	0.0100	271,9
13	-	-	0,0003	-	0,0394	0.3338	0.0194	110,6
14	-	-	0,0006	-	0,0188	0.3144	0.0269	550,0

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

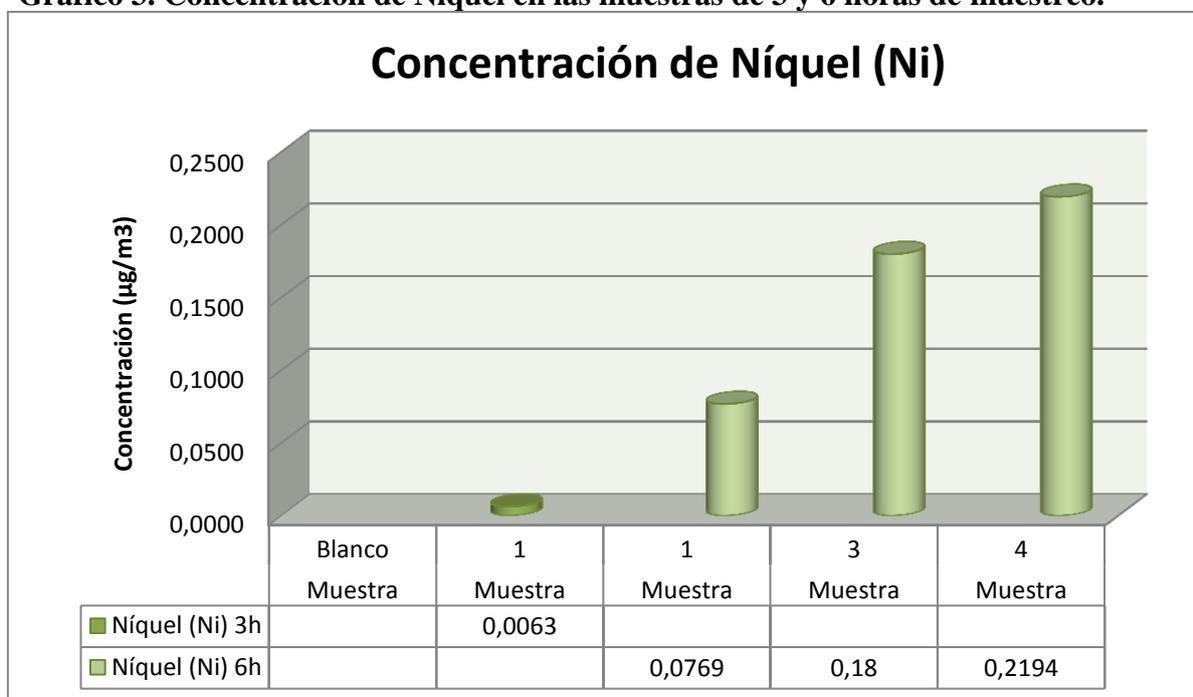
15	-	-	0,0002	-	0,0056	0.4231	0.0256	717,5
16	-	-	0,0004	-	0,0238	0.4188	0.0256	520,6
17	-	-	0,0016	-	0,0225	0.4431	0.0225	145,9
18	-	-	0,0013	-	0,0775	0.2688	0.0275	536,9
19	-	-	-	-	0,0206	0.3588	0.0269	358,4
Mín.	0,0769	0,0013	0,0002	0,0075	0,0056	0.0988	0.0075	110,6
Máx.	0,2194	0,0013	0,0019	0,0075	0,0938	0.4431	0.0281	1535,4

(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

De acuerdo a la tabla 14, se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ En el muestreo de 3 horas, la muestra 1 tiene la mayor concentración de partículas totales suspendidas (PTS) y la mayor cantidad de metales pesados encontrados como Ni, Zn, Cr, Cu y Ba.
- ✓ El Bario se encuentra en mayores concentraciones a diferencia de los otros metales analizados en la mayoría de las muestras.
- ✓ En el muestreo de 6 horas, la muestra 3 a pesar de tener la mayor concentración de PTS, contó con la misma cantidad de metales que la muestra 1 y 4, a pesar de tener diferente concentración de material particulado, por lo que la cantidad de partículas en suspensión no determina la cantidad de metales por encontrar si no la composición de la basura existente.
- ✓ El plomo fue registrado en todas las muestras a excepción del blanco y las muestras 1, 2 y 3 realizadas a tres horas de muestreo.
- ✓ La muestra 3 contó con la menor cantidad de metales pesados (Ba y Pb) a pesar de no ser la que presenta menor concentración de material particulado.

Gráfico 3. Concentración de Níquel en las muestras de 3 y 6 horas de muestreo.



(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

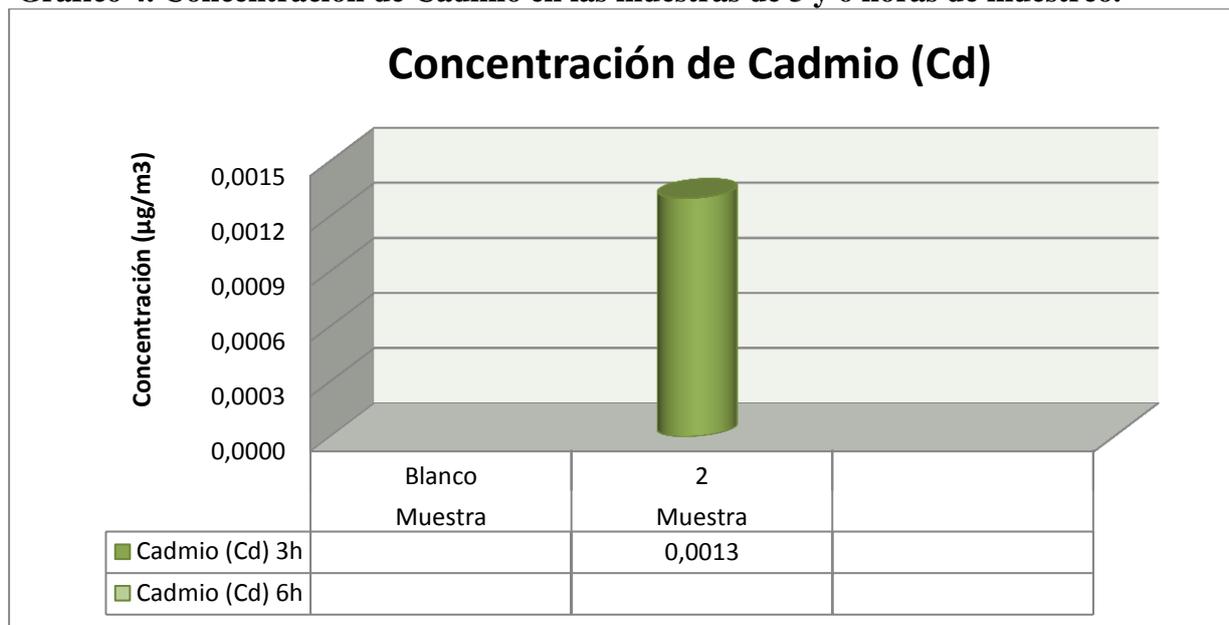
De acuerdo al gráfico 3., se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ Las muestras del 2 al 9 de tres horas y las muestras 2, y del 4 al 19 de seis horas, registraron valores inferiores a 0, por lo que se concluyó que el zinc (Zn) en estas muestras no es detectable por el método de EAA (espectroscopia de absorción atómica) usado.
- ✓ La muestra 1 de tres horas de muestreo es la que menor concentración de Zinc tiene, sin embargo su concentración de PTS es la mayor con respecto del resto de muestras realizadas a tres horas de muestreo.
- ✓ La muestra 4, es la muestra que tiene mayor concentración de Zinc alcanzando los 0.2194 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo según la tabla 14, la muestra 4 de seis horas de muestreo no es la que tiene mayor concentración de material particulado.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Según la tabla 14. La muestra 3 realizada en seis horas de muestreo, es la que tiene mayor concentración de PTS, alcanzando un concentración de $0.1800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de zinc.

Gráfico 4. Concentración de Cadmio en las muestras de 3 y 6 horas de muestreo.

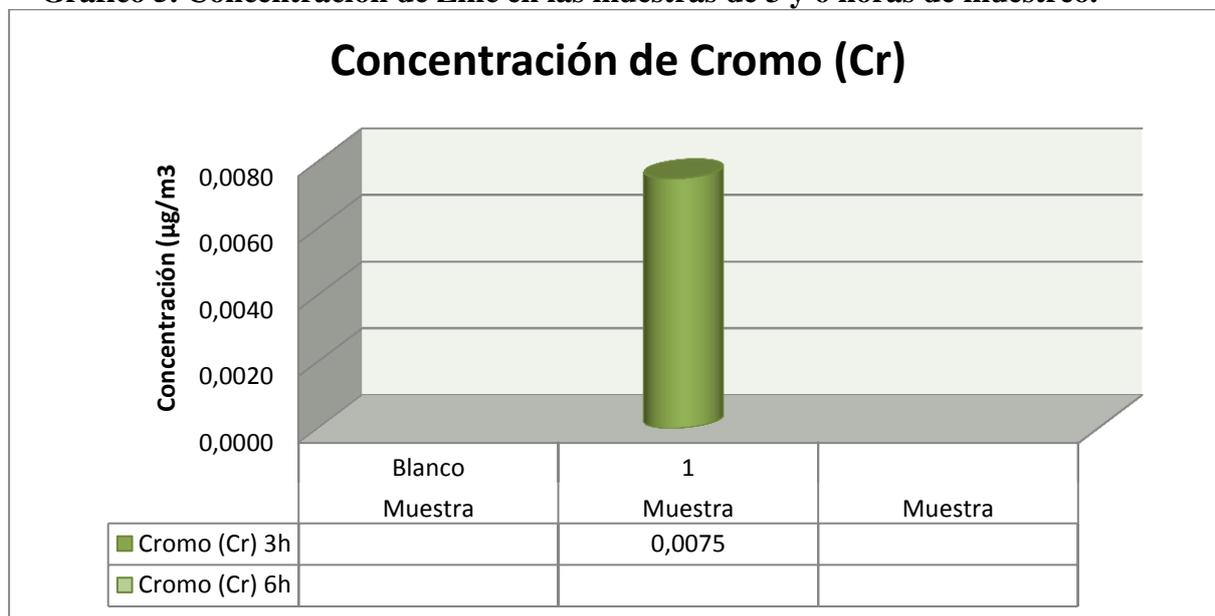


(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

De acuerdo al gráfico 4., se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ La muestra 2 realizada en tres horas de muestreo fue la única que presentó Cadmio, alcanzando una concentración de $0.0013 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta muestra tiene una concentración de PTS de $465,6395 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y corresponde a un día despejado con abundancia de residuos.
- ✓ A 6 horas de muestreo, no se registró la presencia de Cadmio en ninguna de las muestras.
- ✓ Todas las muestras a excepción de la muestra 2 realizada en tres horas de muestreo, no son detectables por el método de EAA (espectroscopia de absorción atómica).

Gráfico 5. Concentración de Zinc en las muestras de 3 y 6 horas de muestreo.

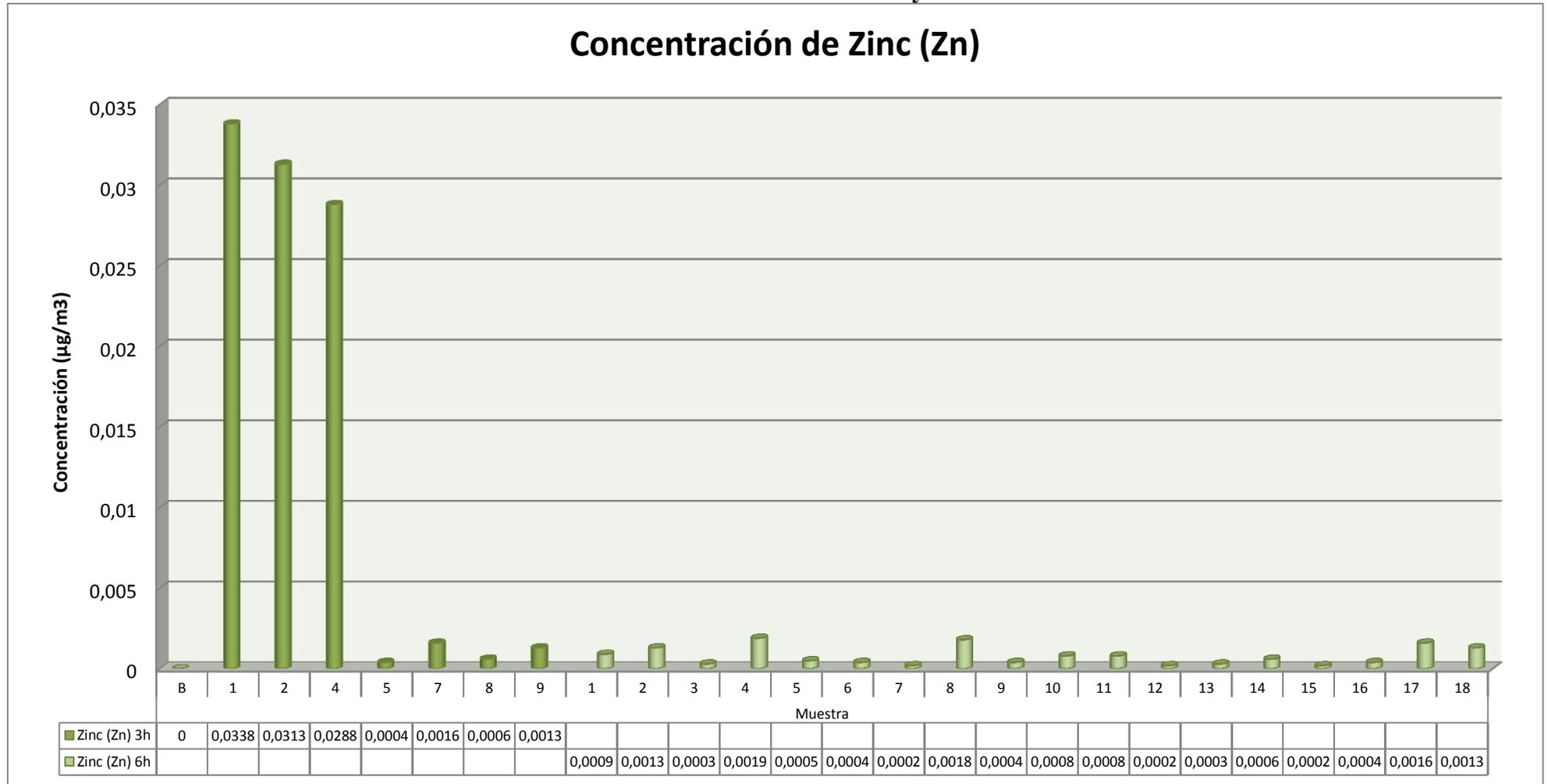


(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

De acuerdo al gráfico 5., se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ La muestra 1 realizada en tres horas de muestreo fue la única que presenta Cromo, alcanzando una concentración de $0.0075 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta muestra tiene la mayor concentración de PTS en muestras que se realizaron en tres horas de muestreo, alcanzando $1104,4095 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- ✓ A 6 horas de muestreo, no se registró la presencia de Cromo en ninguna de las muestras.
- ✓ En todas las muestras a excepción de la muestra 1 realizada en tres horas de muestreo, el cromo no es detectables por el método de EAA (espectroscopia de absorción atómica).

Gráfico 6. Concentración de Zinc en las muestras de 3 y 6 horas de muestreo.



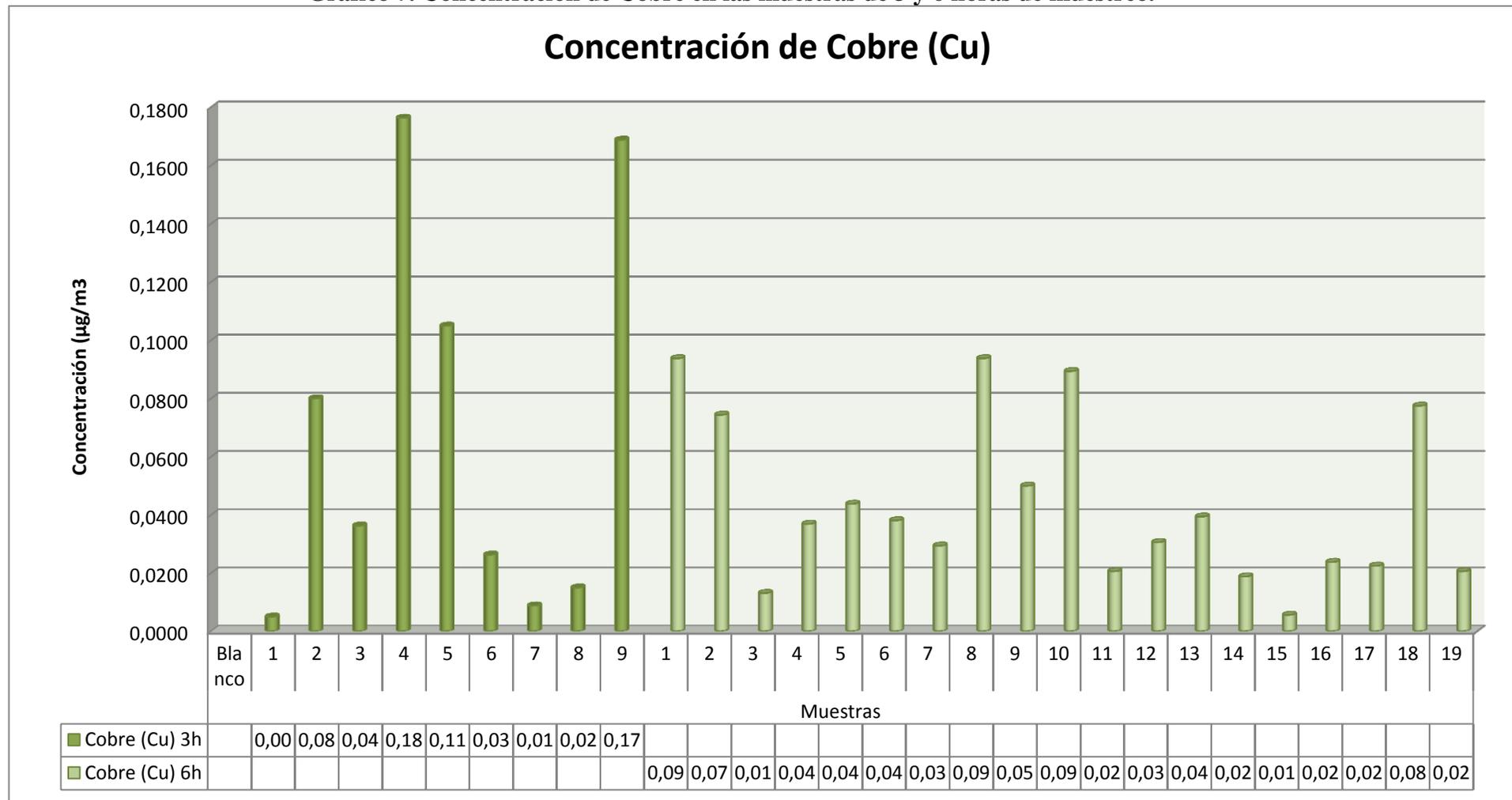
(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

De acuerdo al gráfico 6., se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ Las muestras 3 y 6 realizadas en tres horas y la muestra 19 realizada en 6 horas de monitoreo, registraron concentraciones de Zinc inferiores a 0, por lo que se puede decir que el zinc en estas muestras no es detectable por el método de EAA (espectroscopia de absorción atómica).
- ✓ En tres horas de muestreo, la mayor concentración de zinc es registrada en la muestra 1, la misma que posee la mayor concentración de PTS.
- ✓ La menor concentración de Zinc en tres horas de muestreo fue $0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrada en la muestra 5.
- ✓ En 6 horas de muestreo, la mayor concentración de Zinc se registró en la muestra 4, alcanzando $0.0019 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el límite inferior fue $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrado en las muestras 7, 12 y 15.
- ✓ Se registra mayor concentración de Zinc en las muestras realizadas en tres horas de muestreo a comparación de las realizadas en seis horas.
- ✓ La muestra 3 realizada en seis horas de muestreo contiene la mayor concentración de PTS, sin embargo posee una concentración Zinc de $0.0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aproximándose a la concentración inferior registrada en las muestras.
- ✓ Las muestras 3 y 13, realizadas en 6 horas de muestreo poseen las concentraciones de PTS máximas y mínimas respectivamente, sin embargo se registró la misma concentración de zinc en ambas muestras ($0.0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Gráfico 7. Concentración de Cobre en las muestras de 3 y 6 horas de muestreo.



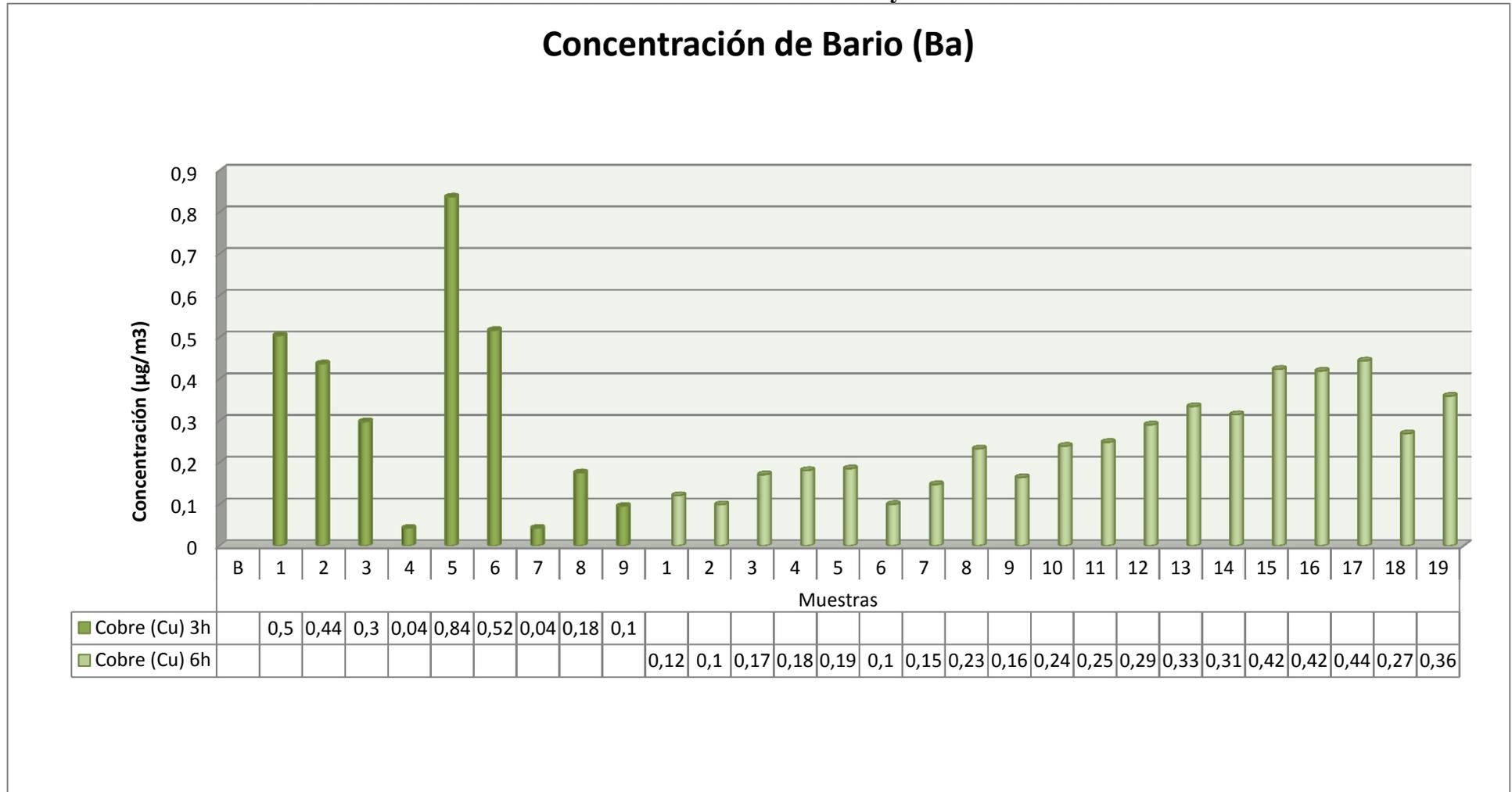
(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

De acuerdo al gráfico 7., se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ La muestra 4 realizada en tres horas de muestreo registró la máxima concentración de cobre, alcanzando $0.8363 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo según la tabla 14, esta muestra posee la concentración de PTS más baja de todas las muestras obtenidas en ese periodo de tiempo.
- ✓ La muestra 1 realizada en tres horas de muestreo registró la mínima concentración de cobre, alcanzando $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo según la tabla 14, en esta muestra se registró la concentración más alta de PTS de las muestras realizadas en el mismo periodo de tiempo.
- ✓ En el muestreo de 6 horas, las muestras 1 y 8 se registró la concentración más alta de cobre, siendo $0.0938 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En ambas muestras existía abundante basura pero corresponden a días de lluvia y nublado respectivamente. Mientras que la muestra 15 realizada en el mismo periodo de tiempo registró la menor concentración de cobre y corresponde a un día despejado con abundancia de residuos, según la tabla 14.
- ✓ La muestra 15 realizada en seis horas de muestreo registró la menor concentración tanto de cobre como de zinc.
- ✓ La muestra 8 como la muestra 15 tienen las mismas características climatológicas y abundancia de basura, pero difieren en la concentración de cobre, por lo que puede ser que las características de los residuos en esas fechas difieren.

Gráfico 8. Concentración de Bario en las muestras de 3 y 6 horas de muestreo.



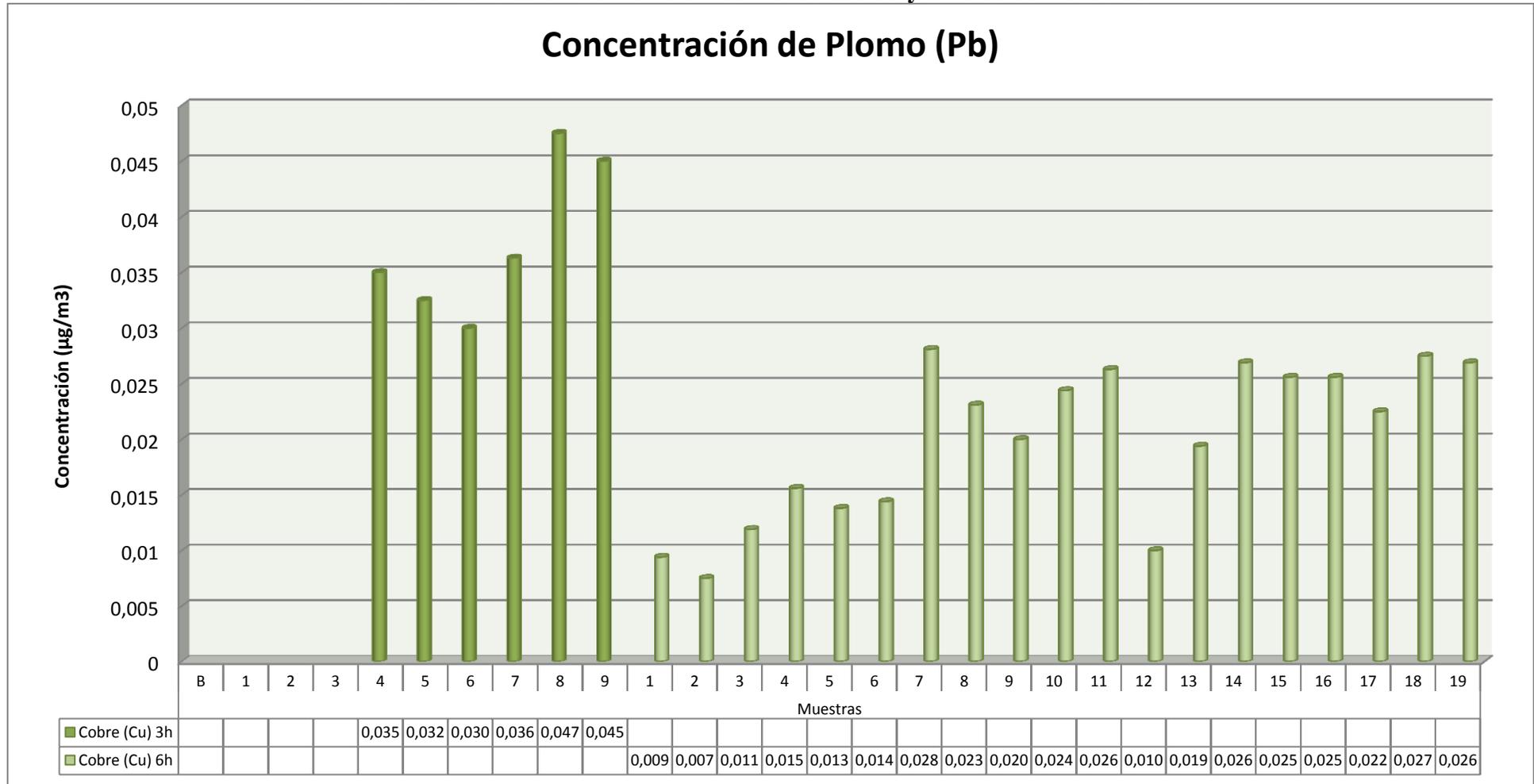
(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

De acuerdo al gráfico 8., se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ La muestra 5 realizada en tres horas de muestreo registró la máxima concentración de Bario, alcanzando $0.018 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo según la tabla 14, esta muestra posee una concentración de PTS baja debido a pertenecer a un día despejado en ausencia de basura.
- ✓ Las muestras 4 y 7 realizadas en tres horas de muestreo registró la mínima concentración de bario, alcanzando $0.0425 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo según la tabla 14, ambas muestras pertenecen a días despejados pero en existencia y ausencia de residuos respectivamente, por lo que ciertas actividades realizadas para la compresión y transporte de los residuos, pueden estar alterando las características físico-químicas de las PTS.
- ✓ En el muestreo de 6 horas, la muestra 17 registró la concentración más alta de Bario, siendo $0.4431 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a pesar de existir escaza basura y ser un día nublado. Mientras que la muestra 2 realizada en el mismo periodo de tiempo de muestreo registró la menor concentración, siendo de $0.0988 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- ✓ La tabla 11 nos permite observar que la concentración de bario en la muestra 5 realizada en tres horas de muestreo es menor a la concentración registrada en la muestra 17 realizada en seis horas, sin embargo debido a las correcciones de lectura realizadas para estimar la concentración real del metal en las que toma en cuenta el volumen de aire muestreado, la situación se invierte, llegando a tener la muestra 5 mayor concentración de Bario que la muestra 17.
- ✓ La muestra 4 realizada en tres horas de muestreo registró una de las menores concentraciones de bario, como a su vez posee también la menor concentración de PTS.

Gráfico 9. Concentración de Plomo en las muestras de 3 y 6 horas de muestreo.



(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

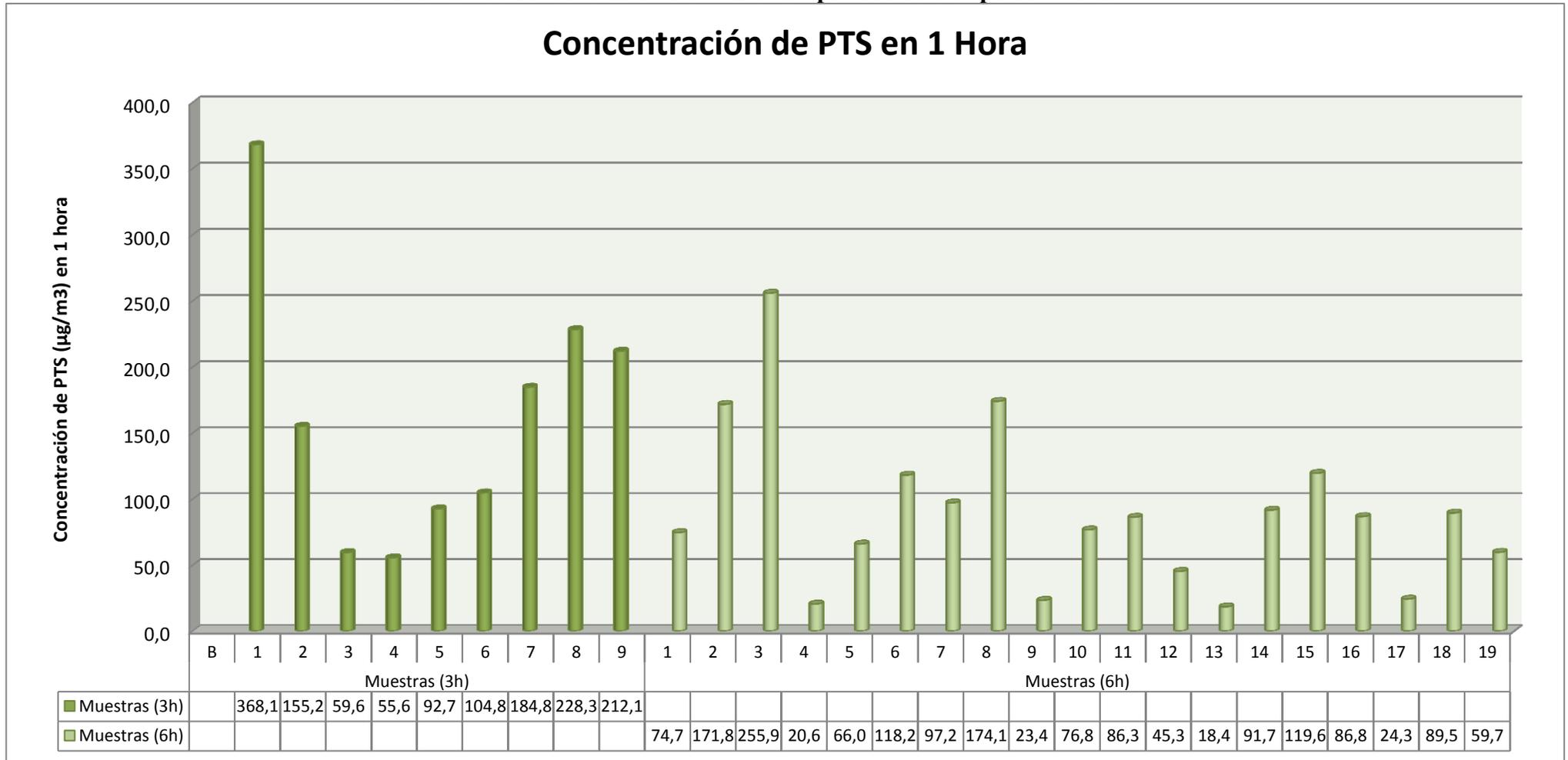
De acuerdo al gráfico 9., se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ Tanto la muestra blanco como las muestras 1, 2 y 3 realizadas en tres horas de muestreo, registraron valores de concentraciones de plomo muy bajos, por lo que el método de espectroscopia no pudo detectar la presencia de este metal en las muestras.
- ✓ La muestra 8 realizada en tres horas de muestreo registró la máxima concentración de plomo, alcanzando $0.0475 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta muestra corresponde a un día despejado cuando existía abundantes residuos.
- ✓ La muestra 6 realizada en tres horas de muestreo registró la mínima concentración de bario, alcanzando $0.0300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta muestra corresponde a un día despejado en ausencia de residuos.
- ✓ La muestra 7 realizada en seis horas de muestreo registró la concentración más alta de plomo, siendo $0.0281 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y corresponde a un día nublado con la presencia abundante de residuos.
- ✓ La muestra 2 realizada en seis horas de muestreo registró un valor de $0.0075 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo la muestra que posee la concentración más baja de plomo y bario, ya que ambos metales fueron registrados en esta muestra en sus mínimas concentraciones.

Los resultados son incomparables ya que los intervalos de tiempo con los que se trabajó difieren, por lo cual fueron estos equiparados a un periodo de tiempo de 1 hora, con la finalidad de poder establecer una relación comparativa en todas las muestras.

Tanto para las muestras realizadas a tres y seis horas de muestreo, se realizó una conversión en las concentraciones de partículas totales suspendidas (PTS) como de metales pesados a un periodo de tiempo de una hora, obteniendo los siguientes gráficos:

Gráfico 10. Concentración de PTS en un periodo de tiempo de 1 hora.



(Elaborado por: Andrés Salazar, 2013).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

De acuerdo al gráfico 10., se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ A medida que se realizan más muestras en un determinado periodo de tiempo, se empieza a observar menor alejamiento entre las concentraciones de PTS.
- ✓ Algunas muestras empiezan a tener similitud en sus concentraciones de PTS debido a la conversión de las estas para un mismo periodo de tiempo.
- ✓ La muestra 1 obtenida en el primer periodo de muestreo (3 horas), contó con la mayor concentración de PTS, alcanzando $368.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un periodo de muestreo de una hora.
- ✓ La muestra 13 obtenida en el segundo periodo de muestreo (6 horas), contó con la menor concentración de PTS, alcanzando $18.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un periodo de muestreo de una hora.
- ✓ las muestras 4, 9, 12, 13 y 17 obtenidas en el segundo periodo de muestreo poseen concentraciones por debajo de los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con respecto a una hora de muestreo.
- ✓ De todas las muestras realizadas, El 17.8% registró concentraciones de PTS inferiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el 42.8% registró concentraciones entre $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un 10.7% de las muestras registró concentraciones entre $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un 14.3% registró concentraciones entre $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el 14.3% restante registró concentraciones superiores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, todas calculadas a 1 hora de muestreo.
- ✓ La mayoría de las muestras registraron concentraciones de PTS entre 50 y $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con respecto a una hora de muestreo, pudiendo variar este rango de concentración a medida que se siga recolectando más muestras.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

De acuerdo al gráfico 11., se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ A medida que se realizan más muestras en un mismo periodo de tiempo, se empieza a observar menor alejamiento entre las concentraciones de metales pesados.
- ✓ La muestra blanco no contiene ningún metal, por lo que el filtro no aportó en la concentración de los distintos metales observados.
- ✓ El bario (Ba) es el metal que mayor concentración registra en la mayoría de las muestras en un periodo de una hora de muestreo.
- ✓ A una hora de muestreo, el cadmio (Cd) y cromo (Cr) se registraron en dos únicas muestras, siendo la muestra 1 y 2 respectivamente (ambas muestras realizadas en el primer periodo de muestreo – 3h.), encontrándose en concentraciones muy bajas.
- ✓ Todos los metales a excepción del cobre y bario se encuentran en concentraciones inferiores a los $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- ✓ La muestra 5 (realizada en el primer periodo de muestreo – 3h) contiene la mayor concentración de bario, superando los $0.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un periodo de una hora de muestreo.
- ✓ La concentración de cobre (Cu) y bario (Ba) se registró en todas las muestras en un periodo de una hora de muestreo.

4.1. Conclusiones.

- ✓ Mediante un cálculo que toma en cuenta la existencia de basura los 365 días del año, se estimó que el tamaño de la muestra es de 76 muestras. Debido a la falla de la bomba de succión utilizada en el muestreador de alto volumen, se logró obtener 28 muestras que no

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

son significantes en la investigación, sin embargo muestran un esquema del comportamiento de la población. Por lo que hace falta obtener más muestras hasta completar el tamaño muestral.

- ✓ Debido a que el muestreador de alto volumen tiene una bomba de succión que capta flujos entre 1 a 1.3 m³/min, se fijó el caudal de ingreso en 1.23 m³/min.
- ✓ Se debe muestrear únicamente cuando los minadores se encuentran realizando las respectivas actividades a las que fueron asignados en la estación de transferencia “ET2” de Zámiza.
- ✓ Debido a la operación de la estación de transferencia en relación al trabajo de los minadores y las actividades realizadas en la misma, se fijó un muestreo de tres y seis horas para la captación de PTS.
- ✓ Se debe muestrear solo en presencia de basura para poder relacionar la caracterización de la misma con los análisis de concentración de PTS y metales pesados.
- ✓ Debido a los objetivos de la investigación, se realizó una nueva metodología de la que realizó el Ing. Andrés Gómez en su proyecto ejecutado en las canteras de San Antonio de Pichincha ya que para la determinación de PTS fue necesario aumentar el tamaño de la muestra y disminuir las horas de muestreo.
- ✓ La concentración de partículas en suspensión, no es directamente proporcional ni determina la cantidad y concentración de los metales por encontrar, sino la composición de la basura existente.
- ✓ A mayores horas de muestreo, existe menor variación en la concentración de metales pesados encontrados.
- ✓ Existe la presencia de metales pesados con concentraciones bajas en las muestras obtenidas, sin embargo no son significativas hasta completar con el tamaño muestral

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

como para determinar que su concentración es inofensiva para la salud como para el ambiente

- ✓ No se realizaron datos estadísticos ya que sus valores no serían significativos en la investigación, hasta que no se complete con el tamaño de la muestra.
- ✓ Las máximas concentraciones de PTS en tres y seis horas de muestreo se registraron en las muestras 1 y 3 respectivamente. Estas muestras provienen de días soleados en presencia de abundante basura, siendo los factores principales que aportaron en la concentración de PTS.
- ✓ La muestra 1 realizada en tres horas de muestreo y la muestra 3 realizada en seis horas, alcanzaron $1104,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $1535,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, siendo las máximas concentraciones de PTS de todas las muestras obtenidas.
- ✓ La muestra 4 realizada en tres horas de muestreo y la muestra 13 realizada en seis horas alcanzaron $110,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $166,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, siendo las menores concentraciones de PTS registradas de todas las muestras obtenidas.
- ✓ El clima es un factor que interfiere en la concentración de PTS ya que las muestras obtenidas en días despejados poseen mayor concentración debido a la presencia de viento. Sin embargo no se toma en cuenta a la lluvia ya que la estación de transferencia “ET2” ubicada en el sector de Zámbez es un lugar semi-abierto por el cual ingresa gran cantidad de viento acarreado PTS de la estación, pero protege a los residuos de la lluvia.
- ✓ A medida que se realizan más muestras en un determinado periodo de tiempo, se empieza a observar menor alejamiento entre las concentraciones de PTS.
- ✓ Equiparando las muestras a un mismo periodo de tiempo (1 hora) se concluye que la mayoría de las muestras registraron concentraciones de PTS entre 50 y $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

respecto a una hora de muestreo, pudiendo variar este rango de concentración a medida que se siga recolectando más muestras.

- ✓ La muestra 1 (obtenida en el primer periodo de muestreo - 3 horas) y la muestra 13 (obtenida en el segundo periodo de muestreo - 6 horas), cuentan con la mayor y menor concentración de PTS respectivamente, alcanzando en un periodo de muestreo de una hora.
- ✓ La muestra 1 (obtenida en el primer periodo de muestreo – 3 horas) con respecto a un hora de muestreo alcanza una concentración de PTS de $368,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo concentraciones muy altas de material particulado para tal periodo de tiempo.
- ✓ Las altas concentraciones de material particulado se debe al movimiento continuo de los residuos, siendo este fácilmente detectable a simple vista (Anexo 5 - foto #4).
- ✓ Las concentraciones de metales que se registraron con valores inferiores a 0 en el EAA (espectrofotómetro de absorción atómica) pueden encontrarse en cantidades muy pequeñas por lo que no son detectables por este método.
- ✓ El zinc se registró en la mayoría de las muestras, la presencia de este metal puede deberse a la existencia de residuos de pinturas, aleaciones, acero, baterías, entre otros objetos que son desechados comúnmente en los basureros.
- ✓ Los metales como el níquel, cadmio y cromo no fueron registrados en la mayoría de muestras, sin embargo su presencia puede deberse a la presencia de joyas, baterías, acero, aleaciones, vidrios, alimentos que contengan conservantes, colillas de cigarrillos entre otros.
- ✓ La muestra 1 realizada en tres horas de muestreo fue la única que registró presencia de níquel y cromo. Mientras que en seis horas de muestreo el níquel registró la máxima

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

concentración en la muestra 4 y la mínima concentración en la muestra 1, pero el cobre no se registró en ninguna muestra realizada en este periodo de tiempo.

- ✓ Las muestras 1 y 2 realizadas en tres horas de muestreo fueron las únicas que registraron la presencia de cromo y cadmio respectivamente, Mientras que en las muestras realizadas a seis horas no registraron ningún valor de estos metales, es por eso que estas muestras pueden contener concentraciones muy pequeñas, difíciles de ser registradas por el método de espectroscopía.
- ✓ El zinc registró una máxima concentración en la muestra 1 y una mínima en la muestra 8. Estas muestras se realizaron en tres horas de muestreo.
- ✓ El cobre registró una máxima concentración en la muestra 4 y una mínima concentración en la muestra 1, de igual manera el zinc, estas muestras se realizaron en tres horas de muestreo.
- ✓ En seis horas de muestreo, el zinc registró la máxima concentración en la muestra 4 y la mínima concentración se registró en tres muestras (7, 12 y 15). Mientras que el cobre registra en dos muestras (1 y 8) máximas concentraciones.
- ✓ Las muestras 3 y 6 realizadas en tres horas de muestreo y la muestra 19 realizada en seis horas registraron concentraciones de Zinc muy pequeñas por lo que no pudieron ser detectadas por el método de espectroscopía.
- ✓ La muestra 15 realizada en seis horas de muestreo registra mínimas concentraciones tanto para el zinc como para el cobre.
- ✓ Ciertas actividades realizadas en la estación de transferencia como la compresión de los residuos, el transporte o las características de los mismos pueden haber alterado las concentraciones de algunos metales, ya que las muestras 4 y 7 realizadas en tres horas de

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

muestreo registraron mínimas concentraciones de Bario a pesar de que ambas muestras pertenecen a días despejados pero en existencia y ausencia de residuos respectivamente.

- ✓ La muestra 4 realizada en tres horas de muestreo registró una de las menores concentraciones de bario, como a su vez posee también la menor concentración de PTS.
- ✓ La muestra 2 realizada en seis horas de muestreo registró un valor de $0.0075 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo la muestra que posee la concentración más baja de plomo y bario, ya que ambos metales fueron registrados en esta muestra en sus mínimas concentraciones.
- ✓ Algunas lecturas de metales registraron valores similares en sus concentraciones entre las muestras de tres y seis horas de muestreo, sin embargo al realizar las correcciones de sus concentraciones, las muestras de seis horas disminuyeron debido al tiempo de muestreo.
- ✓ La existencia de bario y plomo en algunas muestras puede deberse a la presencia de aleaciones o residuos de pinturas, cauchos, aparatos electrónicos, productos de pirotecnia, remedios tradicionales, cerámicas o artesanías que han sido transportados a la estación de transferencia.
- ✓ Las altas concentraciones de ciertos metales registrados en las muestras realizadas en tres horas de muestreo, puede deberse a la presencia de sustancias utilizadas para la construcción, ya que los primeros días de muestreo, la estación de transferencia se encontraba readecuando la plataforma donde se depositaban temporalmente los residuos.
- ✓ El bario (Ba) es el metal que mayor concentración registra en la mayoría de las muestras en un periodo de una hora de muestreo, ya que es el único que supera los $0.1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La alta concentración de este metal en el primer periodo de muestreo puede deberse a los materiales que se usaron para la construcción de la plataforma donde se depositan temporalmente los residuos. Sin embargo existe la presencia de bario en los siguientes

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

muestreos por lo que puede ser que estén desechando materiales de construcción en la estación de transferencia.

- ✓ En un periodo de 1 hora de muestreo, todos los metales a excepción del cobre y bario se encuentran en concentraciones inferiores a los $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- ✓ La presencia de cobre es comprensible debido a la abundancia de productos que usan este metal como insumo como las aleaciones, cables eléctricos, tuberías, monedas, cerámica e incluso en la bisutería.
- ✓ En un periodo de 1 hora de muestreo, la concentración de cobre (Cu) y bario (Ba) se registró en todas las muestras obtenidas.
- ✓ La concentración de metales depende el tipo de basura que se trata en la estación de transferencia.
- ✓ Para los muestreos de tres horas se utilizó un motor con la finalidad de generar energía para el muestreador de alto volumen el cual pudo haber influido sobre la concentración de PTS, mas no en la de metales pesados ya que estas sustancias no se generan en la combustión del motor utilizado.
- ✓ No se pudo realizar los muestreos los fines de semana ya que era imposible muestrear las 6 horas que requiere el procedimiento debido a los horarios de operación de la estación de transferencia.
- ✓ No se logró relacionar las lecturas de metales obtenidos con la caracterización de los residuos, ya que se realizaron en distintas fechas por problemas del equipo (High – Volume).
- ✓ Algunas muestras realizadas a 6 horas, presentaron concentraciones inferiores a las registradas en las muestras de tres horas, lo cual pudo deberse a la culminación de la

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

nueva plataforma de la estación de transferencia o a su vez al remplazo del motor por una extensión de 60 metros que generó energía para el muestreador de alto volumen.

- ✓ El uso de una extensión eléctrica dificultaba empezar el muestreo debido a que se enredaba con los residuos que iban a ser comprimidos y empaquetados.
- ✓ No se puede comparar los resultados de material particulado con la legislación vigente (TULAS) debido a las diferentes horas de muestreo, ya que el estudio realizado solo requiere 6 horas de muestreo mientras los minadores y la estación de transferencia se encuentran realizando sus actividades a diferencia de las 24 horas que requiere la legislación vigente.

4.2. Recomendaciones

- ✓ Debido a que los datos recolectados son insuficiente en la investigación se recomienda seguir realizando muestreos hasta alcanzar el tamaño de la muestra calculado (76 muestras).
- ✓ Debido a las fallas producidas en la bomba de succión no se logró realizar muestreos de forma continua en el tiempo de trabajo de los minadores, por los que se recomienda realizar muestreos continuos para ver si el comportamiento de PTS y metales pesados difiere de las muestras recolectadas.
- ✓ Se recomienda seguir muestreando en el mismo punto de muestreo (Anexo 4) con la finalidad de que pueda compararse los resultados obtenidos.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Comparar la presencia de metales pesados con la caracterización de residuos realizado en el proyecto de Valoración físico-química de los residuos del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito) con fines de aprovechamiento energético y reducción de gases de efecto invernadero.
- ✓ Se recomienda usar una extensión de menor tamaño (30 m) a la usada debido a que suele enredarse entre los residuos y los costales de los residuos que van a ser comprimidos y empaquetados.
- ✓ Usar el mismo cálculo para determinar el caudal, sin tomar en cuenta la columna de presión del equipo muestreador.
- ✓ Se recomienda refrigerar las muestras para conservarlas y usar pequeños recipientes para conservarlas.
- ✓ Al producirse una falla en la bomba de succión, el muestreador de alto volumen generó variaciones de voltaje, por lo que se recomienda verificar la calibración de la bomba del muestreador de alto volumen (High-Volume) midiendo el flujo de aire succionado cada 15 días. La medición puede realizarse con un medidor de flujo de aire que posee la Universidad Internacional SEK.
- ✓ Una vez realizada la digestión de metales pesados se recomienda incinerar los filtros usados en este procedimiento, ya que dichos filtros fueron sumergidos en soluciones ácidas convirtiéndose en residuos peligrosos para la salud y el medio ambiente.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Para evitar la contaminación cruzada⁷, ya que puede contaminarse la muestra aportando sustancias diferentes a las de estudio, se recomienda manejar cuidadosamente las muestras mediante el uso de guantes.
- ✓ Acondicionar las muestras de aire tanto antes como después de su uso con la finalidad de evitar que la humedad de la muestra interfiera con el peso del material particulado.
- ✓ Realizar el resto de muestreos en el periodo de 8 am a 2 pm para completar las seis horas de muestreo.
- ✓ Para futuros estudios se recomienda utilizar los mismos formatos de recolección de datos para comparar con los existentes.
- ✓ Registrar las condiciones meteorológicas para enfatizar su intervención sobre la concentración de material particulado.
- ✓ Se debería realizar más estudios de material particulado con la finalidad de conocer la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ existentes en las muestras recolectadas, ya que el equipo y la metodología empleada solo logró recolectar PTS. Estos análisis pueden permitir establecer las posibles afecciones a la salud.
- ✓ Para tener un control de los datos y poder ser comparados, se recomienda mantener un registro ordenado donde se pueda anotar la lectura del metal, identificando el número de muestra, concentración de PTS, número de filtro, fecha, condiciones meteorológicas y de la estación de transferencia, como a su vez las características de los residuos proporcionados por la caracterización de los mismos realizada en el proyecto de Valoración físico-química de los residuos del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito)

⁷ contaminación cruzada: Contaminación de la muestra por la persona o viceversa

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

con fines de aprovechamiento energético y reducción de gases de efecto invernadero. De igual manera se recomienda mantener un solo periodo de muestreo para facilitar la comparación de las muestras.

- ✓ Debido a que algunas muestras no fueron detectadas por el método de espectroscopía de absorción atómica, se recomienda investigar sobre métodos alternos que permitan la lectura de concentraciones de metales más bajas.
- ✓ Debido a la falta de conocimientos sobre el EAA (espectroscopía de absorción atómica) se recomienda realizar un protocolo que permita y facilite el empleo del método de espectroscopía. El protocolo podría mencionar lo siguiente:
 - Realizar primero la lectura de los metales que no se necesiten efectuar cambios del oxidante, o quemador.
 - Dejar la lectura del plomo al final, debido al uso de una lámpara especial.
 - Tomar los datos de absorbancia que generan las diluciones estándar.
 - Verificar que la curva de calibración generada al medir las diluciones estándar, tenga un comportamiento lineal (Anexo 3).
 - Mantener los flujos de presión de los gases (oxidante y combustible) que usa el EAA (espectrofotómetro de absorción atómica) dentro de los rangos marcados en los tanques.
 - Depurar los gases antes de poner en autocero la absorbancia.
 - Mantener la campana de extracción mientras los gases estén reaccionando.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Se debería realizar estudios sobre la salud de los minadores con la finalidad de conocer las concentraciones y establecer las posibles consecuencias de trabajar expuestos al material particulado.

- ✓ Realizar estudios paralelos de Seguridad Ocupacional para preservar la salud de los minadores.

V. MATERIALES DE REFERENCIA

5.1. Referencias Bibliográficas

- ✓ OMS. (2004). *Guías para la Calidad de Aire*. Lima: Autor.
- ✓ Scudelati & Asociados. (s.f.). *Planta de Recuperación/Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos*. (Gestión integral de Residuos 0003-0021). Autor. Recuperado de <http://www.ecopuerto.com/BICENTENARIO/INFORMES/PLANTATRATAMIENTOS CUDEL.PDF>.
- ✓ MINA. MIDUVI & MNP. (2002). *Análisis Sectorial de Residuos Sólidos: Antecedentes*. Ecuador: Gobierno de la República del Ecuador.
- ✓ MIES, INFA, MRL & CNNA. (2011). PROTOCOLO: Prevención y Erradicación del Trabajo Infantil en Botaderos de Basura. Ecuador: UNICEF.
- ✓ Alegría, C. (2012). *Quito genera a diario 1600 toneladas de basura*. (Boletín 890 27-01-2012). Quito: Ministerio del Ambiente.
- ✓ Atiaga, F., López, O., Yépez, M. & Silvia, G. (2009). *Diagnóstico de la presencia de metales pesados en las muestras de particulado atmosférico menor a 30 micras de la red de depósito del D.M.Q.* (Disertación de Geografía y del Medio Ambiente) Recuperado de Repositorio digital de la ESPE. (Número 21000/1010).
 - <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1010/1/T-ESPE-026617.pdf>
- ✓ Dirección Metropolitana del Ambiente. (2005). *Normas técnicas para la aplicación de la codificación del título V, “del medio ambiente”, libro segundo, del código municipal para el Distrito Metropolitano de Quito*. (RESOLUCIÓN N°) Quito: Municipio Metropolitano de Quito.
 - http://www.ecuadorambiental.com/doc/normas_tecnicas.pdf
- ✓ Angulo, G., (2008). *Medición y Evaluación de la calidad del aire en los sectores de Fertisa y Trinitaria de la ciudad de Guayaquil debido a la presencia de material particulado menor a 10 y 2.5 um*. (Disertación de Mecánica) Recuperado de Repositorio digital de la ESPOL. (Número 39725).
 - http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-39725.pdf

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Gómez, A. (2010). *Medidas de inmisión para partículas totales suspendidas y metales pesados en muestras de aire en el sector de las canteras en Pomasqui, Distrito Metropolitano de Quito*. (Disertación de Medio Ambiente), Universidad Internacional SEK - Facultad de Medio Ambiente, Quito.
- ✓ Coral, K. (2012), *Cátedra de Tratamiento de Residuos Sólidos y Tratamiento de Gases*. Universidad Internacional SEK – Facultad de Medio Ambiente.
- ✓ Echeverri, C. & Maya, G. (2008). Relación entre las partículas finas (PM2.5) y respirables (PM10) en la ciudad de Medellín. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7(12). (23-41).
- ✓ Sanfeliu, T., Manuel, M., Vidal, J. & Boix, A (Eds.) (2005). *Contaminación y Medio Ambiente*. Santiago de Chile: Universidad Tecnológica Metropolitana.
- ✓ Echarri, L., (2007). *Contaminación de la atmósfera: Partículas y Aerosoles*. España: Universidad de Navarra.
- ✓ Balcarce, E. (2009). *Manual de procedimientos para determinación de material particulado*. (Versión 001). Chile: Ministerio de Salud del Gobierno de Chile.04001011f01233b
- ✓ Herrera, J. & Rodríguez, S. (2010). Validación de un método de análisis para la determinación de metales pesados en partículas PM10 colectadas en aire ambiente. *Tecnología en Marcha*, 23(3). (33-46).
- ✓ Martínez, E. & Capri, J. (2006). *Residuos Urbanos y Sustentabilidad Ambiental. Estado de la cuestión de debate en la comunidad Valenciana: Introducción. Residuos y Sostenibilidad: Del Residuo al Recurso*. España: Universidad de Valencia. Recuperado de:
 - <http://books.google.com.ec/books?id=iDbTgdLqdJ4C&pg=PA20&dq=residuos+urbanos+libro&hl=es&sa=X&ei=ljCfUKPqJYuc9QTvzYG4Cg&ved=0CDAQ6AEwAg#v=onepage&q=residuos%20urbanos%20libro&f=false>
- ✓ Berolino, R., Fogwill, E., Chidiak, Martina., Cinquangelis, S. & Forgone, M. (2007). *Experiencias Urbanas de Gestión integral de residuos en 10 minutos de Argentina: La problemática de los residuos urbanos* (ed. 1º). Argentina: Fondo de las Naciones Unidas para la infancia. Recuperado de:
 - http://www.placc.org/biblioteca/doc_view/174-experiencias-urbanas-de-gestion-integral-de-residuos-en-10-municipios-de-argentina.html

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Stanley, E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental: Química ambiental de la Atmósfera* (ed. 1°). Méjico: Reverté Ediciones.
- ✓ Baird, C. (2004). *Química Ambiental: Química del aire a nivel del suelo y contaminación del aire*. Barcelona: Editorial Reverté.
- ✓ MIREs. (s.f.). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales*. Méjico: SEMARNAT. Recuperado de:
 - http://books.google.com.ec/books?id=ef_uBveOB5IC&pg=PA47&dq=estacion+de+transferencia+de+residuos&hl=es&sa=X&ei=Tj-fUKjYKYrC9QS6goDoCA&ved=0CDAQ6AEwAg#v=onepage&q=estacion%20de%20transferencia%20de%20residuos&f=false
- ✓ Kiely, G. (1999). *Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión, Vol. II*. (pág. 453). Madrid: McGraw-Hill.
- ✓ Henry, J. & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental, Segunda Edición*. (pp. 497-498). Méjico: Prentice Hall.
- ✓ ESA (2010). *Definición de la Contaminación Atmosférica*: Autor. Recuperado de: http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Earth_ES/SEMW8RLJ74G_2.html
- ✓ Ministerio del Ambiente del Ecuador (MINA), Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda del Ecuador (MIDUVI) & Ministerio de Salud Pública (MSP). *Análisis Sectorial de Residuos Sólidos Ecuador, 2002*. Ecuador: Organización Mundial de la Salud (OMS) & Organización Panamericana de Salud (OPS).
- ✓ Palacios, F. (2010). *Medidas de inmisión para partículas totales suspendidas y metales pesados en muestras de aire Av. Mariscal Sucre, sector el Tejar, Distrito Metropolitano de Quito*. (Disertación de Medio Ambiente), Universidad Internacional SEK, Facultad de Medio Ambiente, Quito.
- ✓ Uauy, R & Santa Ana, M. (2005). Desafío Estratégico Presente y Futuro para Chile. *Cobre, Medio Ambiente y Salud. Aportes a la ciencia*. Chile: Instituto de Innovación de Minería y Metalurgia. (pp. 16 – 35).
- ✓ Al Lewis. (2005). Las propiedades antimicrobianas del Cobre, y sus aplicaciones potenciales como material genético. *Medio Ambiente y Salud. Aportes a la ciencia*: Chile: Instituto de Innovación de Minería y Metalurgia. (pp. 148–173).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE
METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

- ✓ Garófalo, M. & Ramirez, J. (2002). Cinética Homogénea: Energía de Activación. *Revista: Revisiones de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*. Vol. 2 – número 1. Cali – Colombia: Universidad Central del Ecuador.
- ✓ OMS. (1995). Bario. *Guía para la Salud y la Seguridad N°46*. México: Organización Mundial de la salud para el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (PISSQ)
- ✓ IZA (Asociación Internacional del Zinc). (2010). *Zinc, un material sostenible*. Autor. Recuperado de:
 - http://www.zinc.org/general/zinc_sustainable_material_spanish.pdf
- ✓ Suárez, M. & Tapia, F. (2012). *Interaprendizaje de Estadística Básica*. Ibarra –Ecuador: Universidad Técnica del Norte – Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

5.2. Anexos

Anexo 1. Informe de calibración del muestreador de alto volumen.

INFORME DE CALIBRACION N° 001-13				
	FORMULARIO No. FR - 042 REGISTRO DE CALIBRACION DE EQUIPOS DE ALTO VOLUMEN Nitrógeno	Versión: 1.0 Fecha: 16,00 10,00 12,00 Página: 1,00 de 1,00		
	Editado por: Técnica REMMAQ	Revisado por: Coordinadora QA/QC REMMAQ	Aprobado por: Director REMMAQ	

Fecha de calibración (dd/mm/aa)	09/01/2013
N° de serie del equipo	0404-374
P atmosférica, (mmHg)	542
T inicial, °K	292,50
T final, °K	292,20
T promedio, °K	292,35

Calibrador de Orificios	
Marca:	TISCH
Modelo	5028
Serie	88N
Pendiente	1,03721
Intercepto	-0,00943

MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN	
MARCA	THERMO ANDERSEN
MODELO	GBM2000H
SERIE	0404-374

Primera Calibración

Numero	Calibrador "H2O	Qa m3/min	Muestreador "H2O	Pf mm Hg	Po/Pa	Look Up m3/min	% of Diff	Orifice C
1	7,30	0,112	6,00	11,198	0,979	1,922	70,09	5,361
2	6,10	0,103	5,50	10,265	0,981	1,758	55,58	4,480
3	5,20	0,095	4,60	8,585	0,984	1,624	43,72	3,819
4	4,20	0,085	4,00	7,465	0,986	1,460	29,20	3,085
5	3,10	0,073	3,10	5,785	0,989	1,256	11,15	2,277
6	2,30	0,063	2,40	4,479	0,992	1,083	-4,16	1,689
7	1,30	0,048	1,40	2,613	0,995	0,816	-27,79	0,955
8	0,90	0,040	1,00	1,866	0,997	0,681	-39,79	0,661

m	b	r
-0,243	1,007	0,995

$y = mx + b$
 $Q = -0,243P + 1,007$ m³/min
 b 0.8

Calculations Calibrator Flow (Qa) = 1/Slope*(SQRT(H2O*(Ta/Pa))-Intercept) Pressure Ratio (Po/Pa) = 1-Pf/Pa % Difference = (Look Up Flow-Calibrator Flow)/Calibrator Flow*100
--


 Responsable Técnico
 Karen Guerrón

CONCLUSIONES:

Las condiciones generales del equipo no son las óptimas, presenta una alta vibración por la falta de empaques. No es posible nivelar el equipo.
 El equipo cumple los requisitos de la calibración de acuerdo al método de referencia EPA 40-CFR parte 50, Apéndice J.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Anexo 2. Partes del muestreador de alto volumen.



Contador

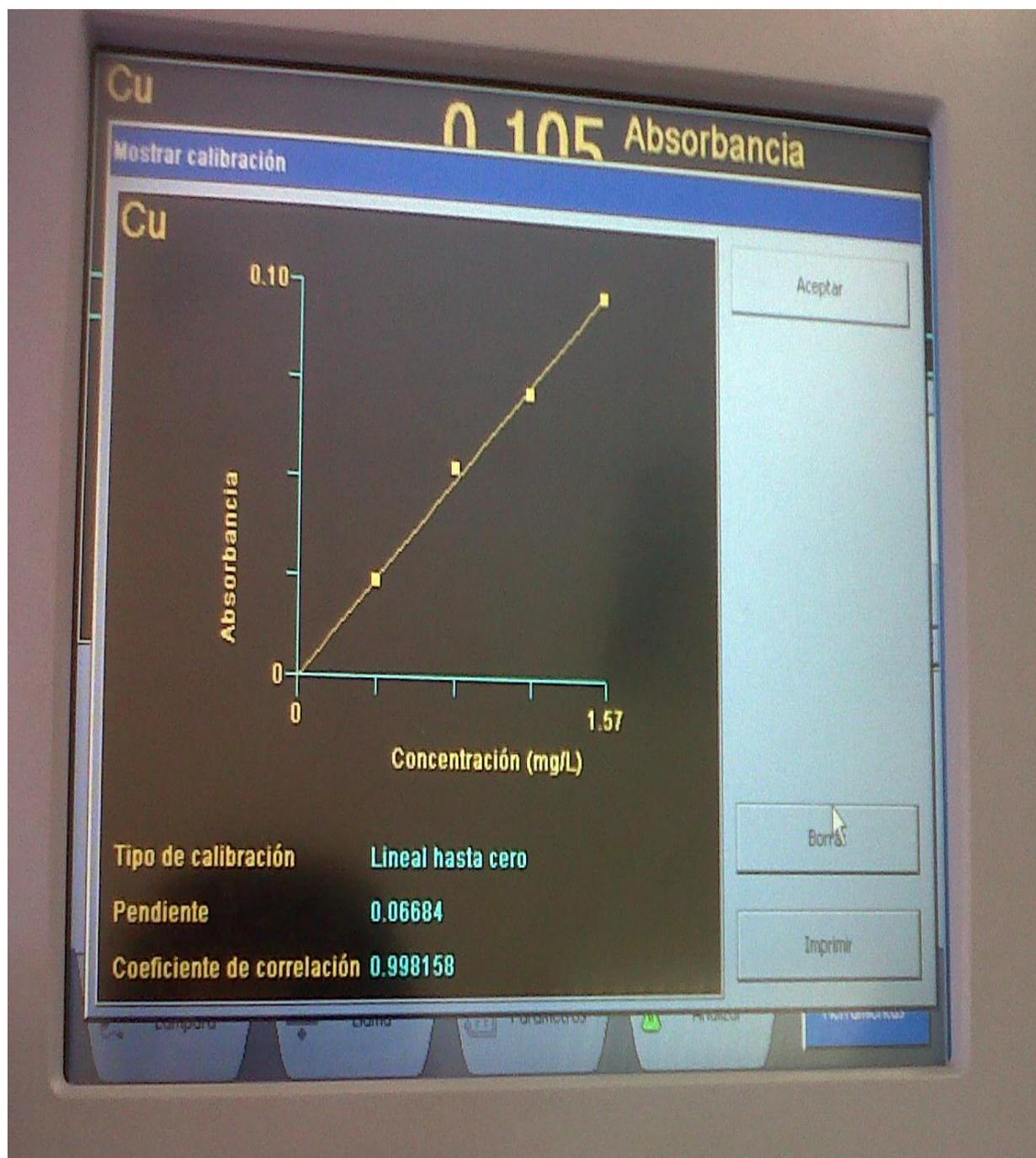
Bomba de succión



Este dispositivo permite el ingreso de aire, depositándose las partículas sobre el filtro que se encuentra ubicado sobre la malla metálica que contiene este equipo.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Anexo 3. Calibración de metales – función lineal. (Curva de calibración de cobre).



Para verificar que la calibración de la lámpara del metal a usarse es la correcta, la gráfica Absorbancia vs. Concentración debe corresponder a una función lineal con un coeficiente de correlación de 0.99.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Anexo 4. Punto de muestreo.



“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

Anexo 5. Registro fotográfico



Foto #1. Mini hielera – transporte de las muestras



Foto #2. Acondicionamiento de los filtros.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”



Foto #3. Pesaje de los filtros.



Partículas totales suspendidas

Foto #4. Minadores – Muestreador de alto Volumen.

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”

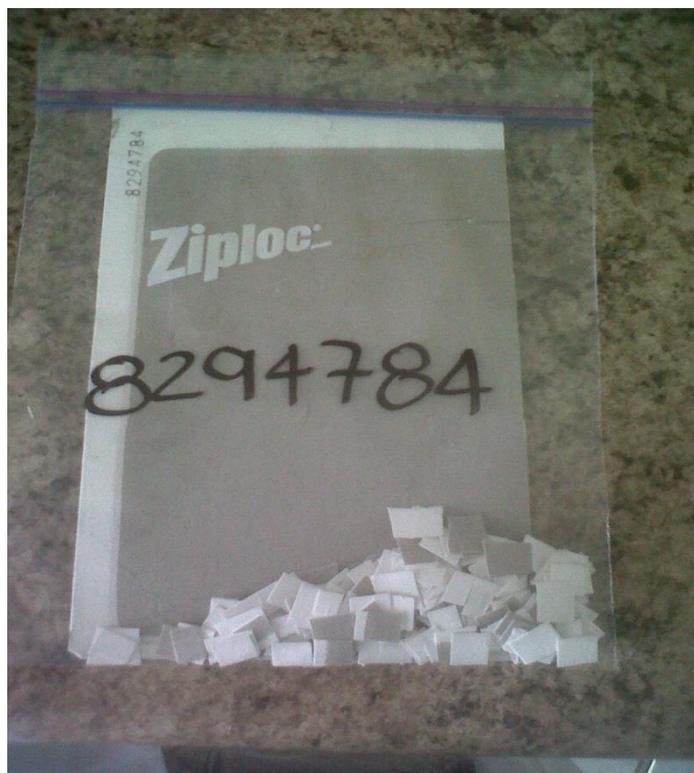


Foto #5. División del filtro con PTS (trozos de 1 cm²).



Foto #6. Preparación de la mezcla ácida (Ácido nítrico y perclórico).

“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS) Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AIRE RESPIRABLE EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS URBANOS “ET2” DEL SECTOR DE ZÁMBIZA”



Foto #7. Calentamiento de la mezcla ácida (140°C).



Foto #8. Lectura de metales en las muestras. (Cadmio).