4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Los metales seleccionados para este estudio fueron: aluminio, cadmio, cromo y plomo, ya que son los metales que están principalmente involucrados en la fabricación de aleaciones metálicas para autopartes y en procesos de soldadura. El muestreo se llevó a cabo en una empresa dedicada a la elaboración de piezas metal-mecánicas, ubicada en el parque industrial Puebla-San Martín Texmelucan, y se contó con la autorización de los directores de la misma para muestrear y analizar el aire. Por razones de compromiso con la empresa, se conservará en el anonimato la identidad de ésta.

La planta industrial mantiene un ritmo de trabajo continuo (24 hrs) en 3 turnos de 8 horas/turno, manteniéndose activas todas las áreas de trabajo. Los trabajadores respetan las medidas básicas de seguridad industrial (uso de overol, zapato industrial, tapones auditivos y lentes de seguridad), pero se observó que en solo una persona empleaban mascarillas para filtraje o retención de polvos, de igual manera no se observó la existencia de una ducha para lavado de ojos ni equipos de seguridad específico para polvos en las zonas de muestreo. Se seleccionaron cinco puntos de muestreo: dos ubicados en el Área de Soldadura y tres localizados en el Área de Troqueles (ver esquema general de la planta y de ubicación de las áreas señaladas). Además, al observar que el polvo metálico producido por la actividad industrial eventualmente se dispersaba y depositaba en distintos puntos de la planta por acción de la gravedad, se decidió tomar muestras sólidas del mismo, para determinar la cantidad de los metales en cuestión que lo componen.

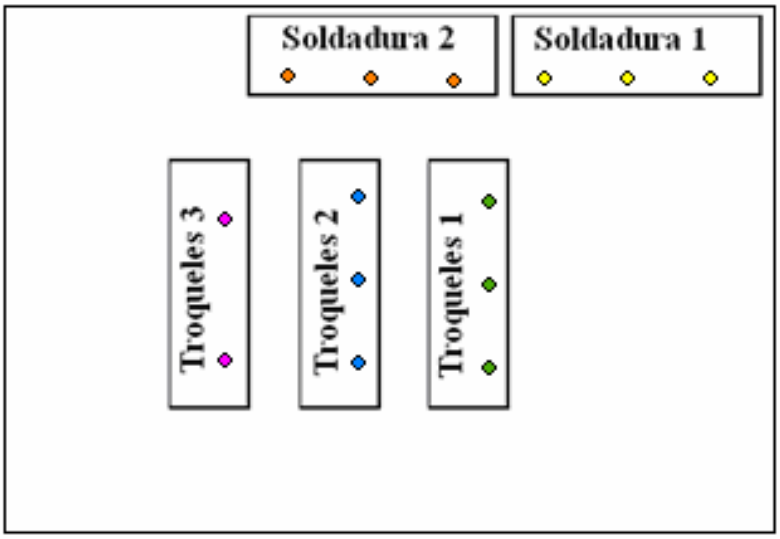

Figura 4. 1.- Esquema simple de la Planta (Los colores indican las zonas en donde se tomaron las muestras)

Para tomar muestras del aire en cada una de las áreas seleccionadas, se utilizó una bomba de muestreó Airchek52 (Fig. 4.1), la cual se calibró previamente con un flujómetro marca SKC (Cat No. 303), para absorber 2.5 L/min, empleando la técnica de muestreo estático. Basándonos en los procedimientos y normas establecidos por la EPA (*Environmental Protection Agency*) de los Estados Unidos, se determinó que un tiempo de muestreo de 20 minutos por sitio estudiado sería suficiente para tener volúmenes de muestras de aire (50 L) adecuadas para el análisis de los distintos elementos metálicos dispuestos en este estudio (ver la siguiente tabla).[23]

Tabla 4. 1.- Intervalo de volumen de aire necesario para detectar cada metal.

Metal	**Volumen mínimo (L)**	**Volumen máximo (L)**
Aluminio (Al)	5	100
Cadmio (Cd)	13	2000
Cromo (Cr)	5	1000
Plomo (Pb)	50	2000

Figura 4. 1.- Bomba de muestreo

La misma norma de EPA indica el uso de filtros de celulosa de alta pureza y con muy bajo contenido metálico para efectuar este tipo de estudios. Además, este material es adecuado, por su fácil degradación, para la cuantificación de metales por espectroscopía de absorción atómica. Se emplearon cartuchos marca SKC con filtros precargados (PreloadedCaset MCE) (Fig. 4.2). En el interior de este se encuentra el filtro antes mencionado.

Figura 4. 2.- Cartucho de muestreo.

Se hicieron tomas por triplicado en cada punto de muestreo, cada toma se hizo a una altura aproximada de 1.5 m y con una distancia entre 1.0 m y 1.5 m del trabajador. Cada cartucho fue marcado por fecha y zona de muestro, para propósitos de control. Debido a los paros técnicos de la principal armadora automotriz poblana (VW), el día 20 de diciembre de 2004 la planta redujo su nivel de producción a un 20%, por lo que mas adelante discutiremos la influencia de ese punto en los resultados.

Tabla 4. 2.- Cronograma de muestreo en cada área de trabajo

Muestras	**Área Soldadura 1**	**Área Soldadura 2**	**Área Troqueles 1**	**Área Troqueles 2**	**Área Troqueles 3**
1	20/12/04	20/12/04	20/12/04	20/12/04	12/01/05
2	12/01/05	13/01/05	13/01/05	12/01/05	20/01/05
3	20/01/05	18/01/05	18/01/05	13/01/05	
Polvos		20/01/05			20/01/05

En total se obtuvieron 17 cartuchos y 2 muestras de polvos que fueron recolectadas en las áreas de Soldadura 2 y Troqueles 3; estos últimos fueron disueltos en 10 ml de HNO_3 concentrado. En el caso de los cartuchos estos fueron abiertos en el laboratorio, donde se les extrajo el filtro de celulosa, y se colocaron cada uno por separado en un vaso de precipitado de 50 ml, con 10 ml de HNO_3 concentrado para su digestión (aproximadamente 2 hrs). Una vez efectuada ésta, se recuperó la solución en un matraz aforado, mismo que se llenó con 25ml de agua destilada.

Se prepararon soluciones estándares de cada metal (aluminio, cadmio, cromo y plomo) a una concentración de 1000 ppm, empleando las sales de cloruro de aluminio ($AlCl_3$), nitrato de cadmio [$Cd(NO_3)_2$], nitrato de cromo [$Cr(NO_3)_3$] y nitrato de plomo

[$Pb(NO_3)_2$]. Todos los reactivos y solventes fueron de la marca Aldrich. Estas sales se diluyeron primero en 10 ml de HNO_3 y después se aforaron a 1 L. A partir de estas soluciones, se prepararon los estándares empleados para la obtención de las correspondientes curvas de calibración, haciéndose diluciones a 1 ppm, 2 ppm y 4 ppm. Se determinó este intervalo de concentración ya que se planteó la hipótesis de que las muestras se encontrarían en el mismo de acuerdo a los límites máximos y mínimos reportados en la literatura para concentraciones de metales pesados y tóxicos en ambientes laborales y en la naturaleza.

La cuantificación de los metales señalados en este estudio se hizo mediante un equipo de Absorción Atómica SpectrAA 220FS marca Varian, con una flama de aire/acetileno para la determinación de cadmio, cromo y plomo, y una flama de oxido nitroso/aire para el caso del aluminio. Este equipo se encuentra disponible en el Laboratorio de Análisis Instrumental del Departamento de Química y Biología de la Universidad de las Américas, Puebla.

Figura 4. 3.- Equipo de Absorción Atómica SpectrAA 220FS marca Varian.

Los rangos óptimos de detección que tiene este equipo son los siguientes: para el aluminio, entre los 300 y 250,000 µg/L; en el caso del cadmio, de 20 a 3,000 µg/L; para el cromo, de 60 a 15,000 µg/L, y para el plomo, un rango de 100 a 30,000 µg/L.