

INIS-mf--13612

INSTRUMENTATION FOR THE STUDY OF THE
PHYSICS OF THE SOLAR WIND

1970

1970

1970

MX9300042



**INSTITUTO ESTATAL PARA EL DESARROLLO
DE LA SEGURIDAD EN EL TRABAJO**

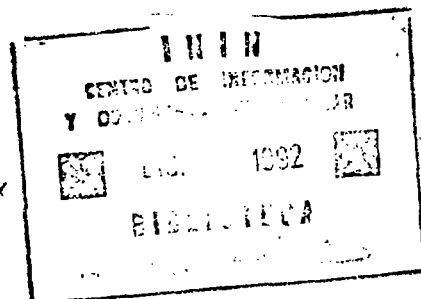
SUBDIRECCION ACADEMICA

**"EVALUACION DE POLVOS DE ESMERIL EN LA
FABRICACION DE ABRASIVOS MEDIANTE ANALISIS
POR ACTIVACION NEUTRONICA Y ABSORCION
ATOMICA"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRIA EN SEGURIDAD
E HIGIENE OCUPACIONAL**
P R E S E N T A :
FRANCISCO GRANADOS CORREA

ZINACANTEPEC. MEX



1992

EL PRESENTE TRABAJO SE LLEVO A CABO EN LAS
INSTALACIONES DE CINASA. S.A. Y EN EL
DEPARTAMENTO DE QUIMICA DEL INSTITUTO
NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES,
BAJO LA DIRECCION DEL DR. JOSE LUIS ITURBE
GARCIA Y DE LA QUIM. IRMA GARCIA SOSA,
ASI COMO LA DIRECCION ACADEMICA DEL ING.
JESUS ANDRACA SOTO, CATEDRATICO DEL
INSTITUTO ESTATAL PARA EL DESARROLLO DE
LA SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

A MI ESPOSA E HIJOS: TERESA,
STEFANY Y FRANCISCO, DEDICO
ESTE TRABAJO, CON CARIÑO Y
AMOR.

A MIS PADRES:
POR SU BUEN EJEMPLO Y APOYO
QUE SIEMPRE ME HAN DADO.

A MIS HERMANOS:
CON EL AGRADECIMIENTO
Y RESPETO QUE MERECEAN.

A TODOS MIS AMIGOS.

A MI JURADO.

AGRADECIMIENTOS

AL DR. JOSE LUIS ITURBE GARCIA Y A LA QUIM. IRMA GARCIA SOSA, CON UN AGRADECIMIENTO MUY ESPECIAL POR LA ASESORIA, APOYO E IMPULSO QUE ME OTORGARON EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

AL ING. JESUS ANDRACA SOTO, MIS MAS SINCERAS GRACIAS, POR SU VALIOSA AYUDA E INTERES MOSTRADO EN LA DIRECCION ACADEMICA DE ESTE TRABAJO.

AL I.N.I.N., Y EN PARTICULAR A LA DRA. SILVIA BULBULIAN, JEFE DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA, MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO POR SU DISPOSICION Y AMISTAD.

A LA EMPRESA CINASA S.A., EN PARTICULAR AL ING. NICOLAS ANGELES, COORDINADOR Y JEFE DE SEGURIDAD INDUSTRIAL, POR SU FINA Y DESINTERESADA AYUDA.

A LA DRA. MELANIA JIMENEZ R., POR SU DESINTERESADO APOYO AL COMPARTIR SUS VALIOSOS CONOCIMIENTOS EN ESTE TRABAJO.

A LA COMISION REVISORA, POR SU AYUDA E INTERES MOSTRADO EN LA REVISION DE ESTE TRABAJO.

AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE QUIMICA DEL
I.N.I.N. POR SU DISPOSICION PARA FACILITAR LAS
LABORES DESARROLLADAS.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE ME HAN BRINDADO SU
AMISTAD Y COMPRESION.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.	
CAPITULO I GENERALIDADES.	
1.1 LA INDUSTRIA DE LOS ABRASIVOS	3
1.2 CONTAMINANTES QUIMICOS	9
1.3 MUESTREO DE POLVOS	18
1.4 ANALISIS POR ACTIVACION NEUTRONICA ..	28
1.5 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA .	34
CAPITULO II PARTE EXPERIMENTAL.	
2.1 DESARROLLO EXPERIMENTAL	39
2.2 AREA DE ESTUDIO	40
2.3 METODO DE MUESTREO	41
CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSION	52
CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFIA	68

INTRODUCCION

INTRODUCCION

La industria expone al trabajador, no sólo a las consecuencias resultantes de las malas condiciones en las que se encuentran los centros de trabajo, sino principalmente, a las que se derivan del manejo de los materiales y sustancias particularmente nocivas, que se elaboran o se emplean en determinados procesos industriales y donde el obrero interviene en forma directa.

Un contaminante químico característico, generado en algunos procesos industriales, es el polvo industrial, que ocupa un lugar destacado, debido a los efectos que puede tener sobre la salud de los trabajadores. Los riesgos que puede originar varían desde la simple incomodidad en el puesto de trabajo, hasta enfermedades tales como la neumoconiosis.

Un ejemplo ilustrativo de polvo industrial es el generado en los procesos de fabricación de abrasivos, donde el silicio forma parte de la composición del producto. Dicho elemento es altamente nocivo, ya que produce alteraciones irreversibles en el pulmón, y da origen a la silicosis.

Con la finalidad de evaluar cualitativa y cuantitativamente la concentración y la composición química de los contaminantes que se generan en un medio ambiente laboral, se debe efectuar primeramente un muestreo tanto del ambiente de trabajo y como del personal. Posteriormente, se debe analizar si las concentraciones de los contaminantes rebasan los límites establecidos, según las

normas aprobadas por las autoridades relacionadas con el manejo y conocimiento de esos valores, como es el caso específico en México de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Por último, deben aplicarse las medidas preventivas para disminuir o eliminar la acción tóxica del agente químico y sus riesgos higiénicos que conlleva.

Los objetivos del presente trabajo fueron establecer los niveles de contaminaciones, por polvos de esmeril, a las que están expuestos los trabajadores en una industria de abrasivos y definir, en caso necesario, las medidas de higiene correctivas para proteger así la salud de los trabajadores. Para esto, se analizaron los polvos depositados sobre filtros, mediante las técnicas de activación neutrónica y absorción atómica.

CAPITULO I
GENERALIDADES

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 LA INDUSTRIA DE LOS ABRASIVOS.

Los abrasivos son sustancias duras empleadas para desgastar o frotar cuerpos, a efecto de darles tamaño, forma, o acabado que se desea. Son una herramienta compuesta de discretos granos unidos entre sí por una matriz de vidrio, hule o resina orgánica.⁽¹⁾ La composición estructural puede ser porosa o no, y contener algunos medios de reforzamiento como anillos de acero, mallas de fibra de vidrio, etc.

Los abrasivos se emplean fundamentalmente de tres formas:

1.- Directamente, el material abrasivo sobre el objeto, por ejemplo al afilar un cuchillo en una piedra de amolar, así como en formas de polvo; como en los dentríficos.

2.- Indirectamente, cubriendo un soporte de papel, tela o disco metálico, engomado con gránulos de material abrasivo y utilizar el conjunto como herramienta.

3.- Por chorreo de arena o granos, es decir, un potente chorro de aire que contiene partículas abrasivas, es dirigido a una superficie con el fin de desgastarla, limpiarla o pulirla.

En México la Compañía Nacional de Abrasivos, S.A., es una industria dedicada a la fabricación y distribución de abrasivos, los cuales son una herramienta muy versátil en muchas operaciones industriales y domésticas. Los abrasivos manufacturados en esta empresa, se clasifican por el tipo de material empleado, como cemento o liga para mantener a los granos en su lugar y dar la forma deseada (rueda, barra, segmento, etc.), y son: Resinoides, Vitrificados y Ahulados.

Los componentes de un abrasivo son:

1.- Grano abrasivo.

Es el componente más importante, ya que actúan como verdaderas herramientas de corte individual, trabajando directamente sobre el material. Los principales granos abrasivos son:

A). Carburo de silicio.

Conocido comercialmente como "Carborundo", "Carbositit" y "Cristolón", es una combinación de silicio con carbono que corresponde a la fórmula química SiC, una de sus cualidades, es la de poseer un alto grado de dureza.

B). Oxido de aluminio, α -alúmina ó corindón.

La alúmina (Al_2O_3) se obtiene químicamente, por medio del calentamiento del hidróxido de aluminio $Al(OH)_3$ y debido a su notable dureza, también se emplea abundantemente como abrasivo.

2.- Liga o aglutinante.

La función de la liga o aglutinante, es la de mantener en su lugar los granos de abrasivo, para que efectúen el trabajo, esta sustancia nos determina las cualidades de esmerilado. Existen dos tipos de ligas: la primera llamada vitrificada, que emplea fórmulas que contienen arcillas y feldespato y se emplean para desbastar en forma rápida y con acabados comerciales; y las segundas, las resinoides, que son una mezcla de resinas fenólicas líquidas y sólidas, de consistencia viscosa y que se emplean para acabados finos.

3.- Rellenos permanentes.

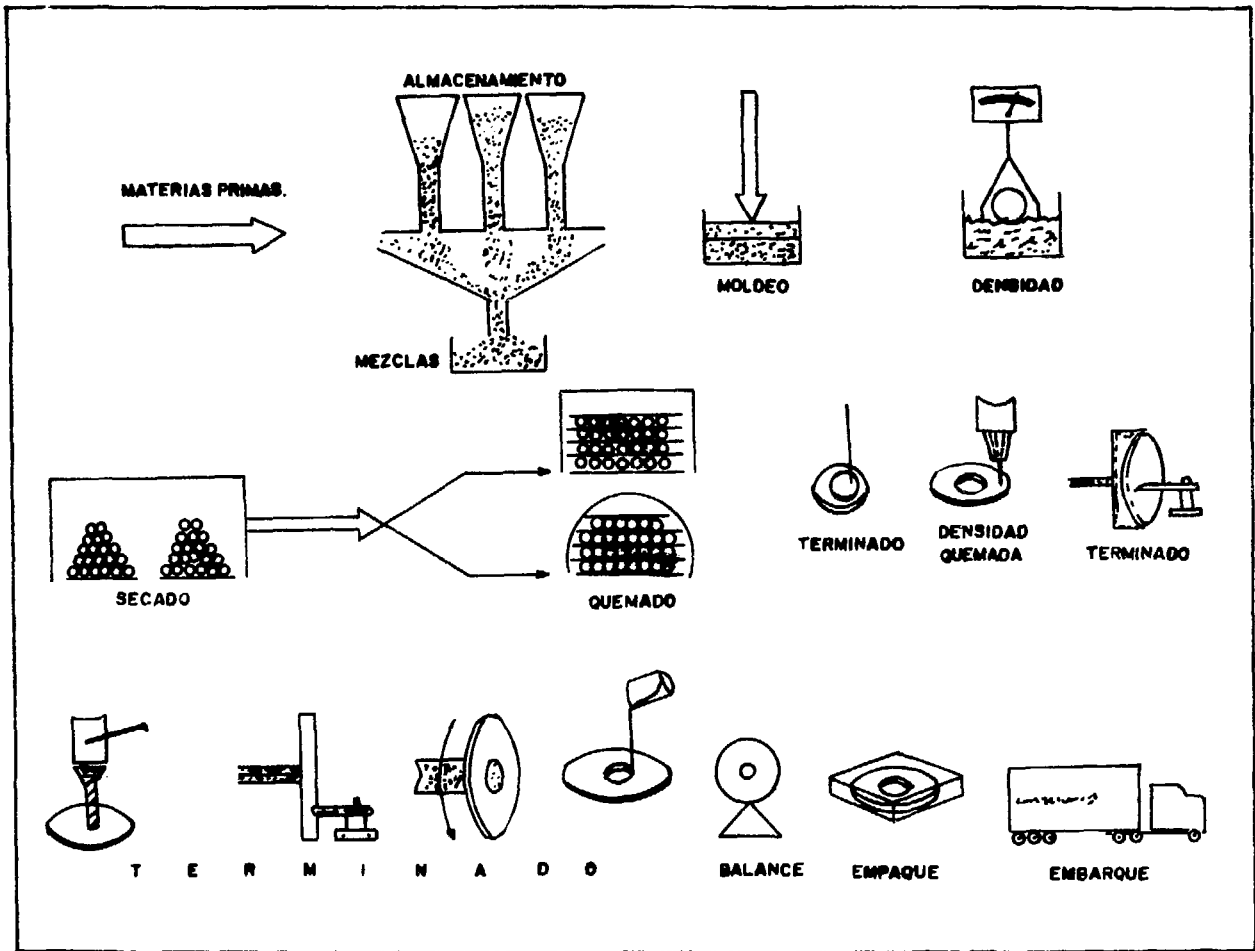
Los rellenos son compuestos químicos inorgánicos y su función es la de ayudar al trabajo de la rueda, algunas lubrican el punto de corte, evitando que la rueda se desgaste demasiado y aumentando así su vida. Otros atacan químicamente al material de trabajo, ayudando al corte o desbaste, evitando el destemplado del material.

La manufactura de los abrasivos, comprende varias etapas, tal como se puede observar en el diagrama de flujo de la figura número 1, y que se describen a continuación:

1). Materias primas y análisis.

En esta etapa del proceso son recibidas las materias primas a emplear en la fabricación del abrasivo, tales como: Carburo de silicio, alúmina, feldespatos, resinas fenólicas, entre otros. Estas son analizadas mediante procedimientos ya establecidos, para comprobar su calidad.

Fig. No. 1 - MANUFACTURA DE ABRASIVOS
DIAGRAMA DE FLUJO.



2). Almacenamiento.

Es el almacén de materia prima, el cual cuenta con los cuidados de buena aereación, mínima humedad y la separación de granos, polvos y líquidos para evitar posibles contaminaciones.

3). Mezcla.

En este paso del proceso se mezclan los componentes abrasivos en mezcladores de olla, con aspás movidas por engranes satélite; el tiempo y velocidad de mezclado, dependen del peso y del tipo de mezcla, así como de la consistencia deseada.

4). Moldeo.

El moldeo de los productos se efectúa en prensas hidráulicas de diferentes diámetros de pistón. Los moldes empleados consisten generalmente de cilindros, base, pernos y tapa. La altura del cilindro debe ser al menos el doble de la altura de la rueda que se va a moldear, debido a que la mezcla ocupa aproximadamente el doble del volumen ocupado, ya prensada. La nivelación de las mezclas dentro del molde es muy importante, porque con ello se controla el balance de la rueda y también la diferencia de densidades entre diferentes puntos de la misma; el tiempo que se prensa la rueda y el número de veces que se hace, depende de su graduación y a la poca o mucha tendencia que tenga la mezcla a expandirse después de prensada.

5). Densidad.

La densidad es el principal factor a cuidar; ya que ésta es la que define la dureza de la rueda.

6). Curado.

En el curado de las ruedas abrasivas, interviene el secado y quemado de las mismas, el cual se efectúa en estufas con capacidad aproximada de tres toneladas. La estufa se calienta a 200°C por medio de quemadores diesel o gas que están distribuidos en la parte superior; las ruedas grandes se colocan en la parte alta, que es donde la distribución de la temperatura es más uniforme, evitando rajaduras en las ruedas por la diferencia de concentraciones.

7). Terminado.

Esta es la fase final de la fabricación de un producto abrasivo, y es el más importante en lo que se refiere a especificación de dimensión y forma de los productos.

8). Inspección.

El departamento de control de calidad realiza las inspecciones, verificando principalmente las tolerancias en las medidas del diámetro, eje, altura y caras especiales, desajuste, desbalance, densidad, velocidad de prueba, marcado, etiquetado, etc.

9). Empaque, almacén y embarque.

El empaque de los productos se efectúa en cajas de cartón o de madera, según sea el tamaño de las ruedas, o se almacena en estanterías, colocando las ruedas grandes en la parte inferior y las chicas en la superior para su posterior embarque.

1.2 CONTAMINANTES QUIMICOS.

Los Institutos de Higiene Industrial y los organismos de salud en el trabajo, se han esforzado en el estudio y en la resolución de los problemas que se presentan en las industrias.

Las enfermedades padecidas en los trabajadores, que tienen su origen en el desempeño de determinada labor, son cada vez más numerosas. Existe una gran cantidad de procesos industriales en los que se maneja un número significativo de sustancias químicas que generan riesgos de enfermedad.

En el caso particular de las empresas que manufacturan abrasivos, el riesgo higiénico más común, es el polvo de silicio, siendo los principales focos pulvígenos las operaciones de terminado o acabado de estos productos.

La publicación del Instructivo No. 10 del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de la STPS, ⁽²⁾ ha tenido un fuerte impacto económico, laboral y administrativo. Este instructivo se refiere a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminantes en el ambiente laboral. Las empresas deben entonces cumplir con los requerimientos que el Reglamento vigente solicita.

Un contaminante químico es toda sustancia, orgánica o inorgánica, natural o sintética, que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento, o uso, puede incorporarse al

medio ambiente principalmente en forma de polvos, humos, gases, vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes, o tóxicos, entre otros, en cantidades que tengan probabilidad de afectar la salud de las personas que están en contacto con ellas.⁽³⁾

Dentro de la clasificación de los contaminantes químicos, los polvos son una forma física de cómo se presentan dichos contaminantes. En forma general, el término de polvo es utilizado para describir partículas sólidas, suspendidas en el aire ambiental de cualquier naturaleza u origen y de un tamaño que va de 0.1 a 25 μm .

Kenny y Sabel⁽⁴⁾ han estudiado la cantidad y el tamaño de las partículas producidas por diversas maniobras habituales de los lugares de trabajo, principalmente en los laboratorios. El resultado de esas experiencias indica que con las operaciones realizadas en un laboratorio, se producen aerosoles compuestos, fundamentalmente, por partículas con tamaños comprendidos entre 1 y 3.5 μm y que por lo tanto están dentro de la fracción respirable.

El riesgo causado por la inhalación de partículas, depende de las propiedades químicas de ellas, del tiempo de retención y del sitio en que éstas se depositan en el sistema respiratorio.

El polvo que contiene sílice es producido al cortar roca en perforaciones, trituraciones, pulverizaciones, manufactura de abrasivos, minería, fabricación de alfarería, y en los procesamientos de la tierra de diatomeas. El límite de exposición para polvos totales que contienen sílice libre es de 10 mg de partículas que se respiran/ m^3 .⁽⁵⁾

Las partículas insolubles, depositadas en la región alveolar, son eliminadas muy lentamente, después de unos meses. Las partículas solubles pasan a través de una delgada membrana alveolar, hacia la corriente sanguínea. Las partículas sólidas pueden disolverse lentamente o ser capturadas en los alveolos por los fagocitos, las cuales viajan por los conductos linfáticos hacia los ganglios. Algunos de estos fagocitos no llegan a los ganglios linfáticos sino que se depositan formando nódulos a lo largo de los conductos linfáticos. Estos nódulos aumentan gradualmente de tamaño debido a la proliferación de tejido fibroso, hasta llegar a constituir el nódulo silicótico. El examen post mortem revela fibrosis nodular de los pulmones.⁽⁶⁾

En la actualidad grandes avances se han logrado en el conocimiento de los efectos indeseables de numerosos contaminantes químicos, a la vez que se tiene abundante información sobre daños a la salud humana provocados por la exposición, sobre todo al ambiente laboral, de algunos contaminantes específicos como metales pesados, polvos, fibras inorgánicas, plaguicidas y compuestos orgánicos diversos (Tabla No. 1).⁽⁷⁾

Los estudios sobre la presencia de metales pesados como contaminantes en el medio ambiente laboral, deben enfocarse y solucionarse en el contexto de una realidad local. Varias industrias han reconocido la necesidad de apoyar diversos esfuerzos en esta dirección, pero a pesar de que se han logrado avances importantes en materia de legislación, control, monitoreo, caracterización y simulación, aún los problemas se agudizan día con día y en consecuencia se vuelve necesario e importante prevenir este problema, y evitar que el ser humano esté expuesto cotidianamente a polvos y/o partículas minerales.⁽⁸⁾

TABLA No. 1 EFECTOS DE ALGUNOS ELEMENTOS QUIMICOS
 COMO CONTAMINANTES DEL AMBIENTE.

CONTAMINANTE	EFECTOS EN LA SALUD DE LA POBLACION GENERAL
PLOMO	Principalmente en los niños: pérdida de la estatura, anemia, encefalopatías, en adultos: aberraciones cromosómicas, morfología anormal del espermatozoide.
CADMIO	Anemia, enfermedades cardiovasculares, daño en las funciones del hígado, cambios en el metabolismo del calcio, bajo peso en los recién nacidos, etc.
MERCURIO	Se acumula en el cerebro causando daños neurológicos tales como atrofia de la corteza cerebral sensora, deterioro auditivo y visual; parálisis cerebral.
NIQUEL	Dermatitis, formas de asma.
MANGANESO	Incrementa la incidencia de neumonía y bronquitis acumulación en el cerebro causando una enfermedad irreversible similar a la de Parkinson.
SILICIO	Provoca cambios generalizados y evolución de una nodulación en los pulmones, falta de respiración, deterioro de la expansión torácica, menor capacidad para el trabajo, susceptibilidad a la tuberculosis.
CROMO	Ulceraciones en la piel, reacciones asmáticas, perforaciones del tabique nasal, cáncer pulmonar, efectos mutagénicos.

En trabajos reportados en varios países han identificado un gran número de elementos presentes en las atmósferas laborales, tales como: antimonio, bismuto, silicio, cadmio, cromo, cobalto, cobre, fierro, plomo, manganeso, níquel, estaño, titanio, vanadio y zinc, entre otros. Su concentración y fuente se han evaluado mediante la recolección de las partículas suspendidas sobre filtros, seguido de un análisis posterior en el laboratorio.⁽⁹⁾

Es evidente que los elementos de mayor interés, que pueden presentar un riesgo en general a los trabajadores son: plomo, cadmio, mercurio, cromo, níquel, silicio y manganeso;⁽¹⁰⁾ por encontrarse altos niveles en las atmósferas ocupacionales.

La creación de normas de Higiene Industrial, sus valores numéricos, antecedentes y aplicaciones prácticas, hace posible tener un concepto de cómo se debe relacionar la concentración de los contaminantes con sus efectos en el hombre.

Algunos organismos relacionados con el manejo y conocimiento de esos valores a nivel mundial son:

- El poder Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido en Inglaterra. (H & SE).
- El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH).
- La Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA).
- El Instituto Nacional Americano de Normalización (ANSI).
- La Sociedad Británica de Salud en el Trabajo (BOSH).

- La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).
- La Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- La Secretaría de Trabajo y Previsión Social de México (STPS).

Los valores de concentración de los contaminantes presentes en el aire ambiental de trabajo, se expresan en miligramos por metro cúbico (mg/m^3) o millones de partículas por metro cúbico. Los valores de tolerancia tienen el propósito de ayudar a la prevención de los efectos que pudiesen ocasionar al personal que está expuesto a diario en su trabajo. Como criterios de evaluación, la Administración Americana adoptó los valores máximos permisibles de los contaminantes los cuales se expresan como valores medios de concentración, que dan ordinariamente seguridad para una exposición de ocho horas por día, para cinco días por semana.⁽⁸⁾

El margen de seguridad de las concentraciones de sustancias suspendidas o disueltas en el aire sólo puede establecerse mediante el análisis, puesto que en muchos casos las concentraciones de ellas están por encima del valor límite de exposición.

En Higiene Industrial se emplean muestras de polvo a fin de:

1. Detectar las fuentes de polvo encontrado en el aire y saber si las concentraciones de éste son suficientemente altas para constituir un riesgo a la salud.
2. Determinar el peligro de sus constituyentes y
3. Comprobar la eficacia de los métodos de control de polvo.

El muestreo debe ser llevado a cabo por medio de algún tipo especial de filtro de acuerdo a las características del ambiente de trabajo, puede ser un muestreo local del aire en el área de trabajo, o personal de la zona de respiración del trabajador, que indique las condiciones actuales de exposición.

Los contaminantes a evaluar determinarán el tipo de dispositivo que será usado, el tipo de análisis que se requiere, el tiempo y el flujo de muestreo. Las normas de salud en el trabajo indican el tipo de muestra representativa del lugar.

Las autoridades relacionadas con el campo de la seguridad e higiene del trabajo, han desarrollado métodos específicos de muestreo y análisis atmosféricos de contaminantes, en los lugares de trabajo. y han emitido normas de salud en el trabajo. No obstante, las pruebas de muestreo y análisis se rigen por las leyes físicas y químicas y por ello existe un interés marcado en el desarrollo de nuevos métodos, de utilidad, para el higienista industrial.

La magnitud de los agentes contaminantes puede ser evaluada de varias formas: a) una es cualitativamente, usando uno o más de los sentidos humanos. Frecuentemente, este tipo de inspecciones de las condiciones de trabajo son muy benéficas, pues se pueden detectar algunas desviaciones. b) La otra forma es cuantitativa, que implica la recolección de muestras y su análisis, que representarán las condiciones actuales de la exposición de los trabajadores.

Generalmente, el análisis cuantitativo es el más deseable y necesario en muchos casos, donde la muestra tomada, determinará la magnitud de riesgo en comparación con las normas de calidad del aire y de éste modo se podrán implantar los diseños de control de ingeniería que controlarán el riesgo.

La inspección cualitativa de una operación de trabajo consiste en familiarizarse con ella misma, tanto como sea posible. La persona que la realiza debe conocer: 1) El tipo de proceso industrial en operación, 2) Las materias primas, los materiales intermedios y el producto final que se elabora, 3) Los contaminantes generados durante el ciclo del proceso (humos, polvos, gases, vapores, etc.), 4) El número de trabajadores expuestos, 5) La toxicidad de los materiales, y 6) Las medidas de protección actuales o los controles de ingeniería que están siendo utilizados.

En resumen, todos estos datos y los que nos puedan dar los sentidos para detectar la presencia de polvos, gases o vapores en el aire, son de importancia, pues con ello se podrá establecer un perfil preliminar del ambiente de trabajo y de este modo preparar una estrategia de muestreo y análisis.

Para un análisis cuantitativo, a partir de un muestreo representativo, además de la información obtenida durante la inspección de reconocimiento, cualitativa, de los lugares de trabajo, es importante establecer un programa de muestreo del aire, cuyo alcance dependerá del propósito que se desee obtener de él.

Los objetivos generales de cualquier programa de muestreo y análisis del aire, pueden incluir uno o más criterios:

- 1) Que el muestreo proporcione las bases sobre las cuales se pueda establecer la magnitud del riesgo para la salud, de acuerdo a las fuentes muestreadas.
- 2) Que los datos obtenidos del estudio sirvan como base para el diseño de los controles de ingeniería.
- 3) Que proporcione un perfil de los cambios que pueden ocurrir dentro de las condiciones de operación de un proceso.
- 4) Que proporcionen una base para relacionar la enfermedad o el daño por efecto de exposición al agente o tensión específica.
- 5) Que sirvan para verificar si los métodos diseñados para el control de los contaminantes son eficaces.
- 6) Que los resultados obtenidos de cada estudio sirvan como un comprobante de las condiciones de trabajo ante las autoridades de salud laboral.

1.3 MUESTREO DE POLVOS.

En nuestro país los métodos de muestreo, análisis y estrategia de toma de muestras en el campo de la Higiene Industrial, se basan en las normas propuestas por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), de los Estados Unidos. Estos métodos, permiten un estudio fiable, preciso y estadísticamente representativo de las situaciones ambientales en los lugares de trabajo.

Los principales factores que se deben tomar en cuenta, en la elección de un método de toma de muestras son:

- Las características físicas y químicas del contaminante, tales como su estado físico, estado de disgregación, polaridad, solubilidad, estabilidad, entre otros.
- El método analítico adecuado que incluye la sensibilidad y exactitud del instrumento a utilizar, el método de ataque o solubilización de la muestra, el rango de validez del método, interferencias posibles, entre otros.
- Otros factores, tales como el equipo analítico existente y las disponibilidades económicas.

Dado que no todos los métodos tienen el mismo grado de fiabilidad, el NIOSH los ha clasificado en categorías, según la relación que se muestra en la tabla No 2.

En general, los procedimientos de muestreo pueden clasificarse en forma operativa en dos grupos básicos, según la duración y la localización del muestreador.⁽³⁾

TABLA No. 2

CLASE	DESCRIPCION DE LA CLASIFICACION
A	Recomendado: Método que ha sido plenamente evaluado y probado satisfactoriamente por un grupo seleccionado.
B	Aceptado: Método que ha sido sometido a un cuidadoso proceso de evaluación en los laboratorios del NIOSH, y ha sido calificado de aceptable.
C	Tentativo: Método que está siendo usado ampliamente y ha sido adoptado o recomendado por otra agencia gubernamental o por algunas de las diversas sociedades profesionales.
D	Operacional: Método que ha sido evaluado y que promete ser aceptable.
E	Propuesto: Método nuevo, no aprobado.

En el primer grupo, se incluyen los sistemas de muestreo los cuales están representados en la figura 2. De ellos, el más conveniente resulta ser, el de muestreos puntuales tomados al azar, porque provee una información homogénea y representativa de la jornada de trabajo.

En el segundo grupo, dependiendo de la localización del muestreo se puede considerar:

- Muestreo personal.

Es aquél en que el propio trabajador es quien lleva el dispositivo de muestreo durante el desarrollo de todas sus tareas, tanto aquellas que impliquen riesgo de exposición como aquellas que incluso no lo supongan. El dispositivo de muestreo debe colocarse a la altura de las vías respiratorias.

Esta técnica tiene la ventaja de proporcionar una buena indicación de la exposición de una persona durante su jornada de trabajo, dado que se recoge información de las distintas incidencias del mismo, durante el desarrollo de las diferentes tareas.

- Muestreo ambiental.

Es aquél que se realiza para determinar el nivel de contaminación existente en un ambiente general o en una zona localizada. Esta modalidad puede proporcionar datos suficientes sobre el grado de contaminación en las áreas de trabajo. Los muestreadores personales tienen menos limitaciones respecto al tamaño y a la forma, en comparación con los equipos de muestreo ambiental.

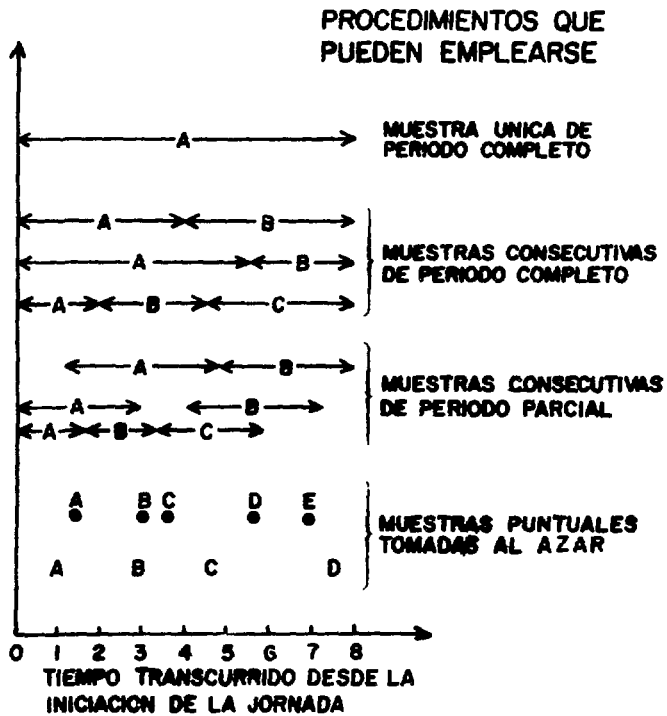


FIG.2-DIVERSOS TIPOS DE MUESTREO QUE PUEDEN REALIZARSE PARA UNA EXPOSICION MEDIA DE OCHO HORAS/DIA.

En los Estados Unidos el muestreo personal es el más utilizado actualmente para la evaluación de medios ambientes de trabajo. Sin embargo debido a que las concentraciones de un contaminante en el ambiente son muy variables en el tiempo y en el espacio, se aconseja realizar una combinación mixta del método de muestreo personal y el ambiental, con la finalidad de obtener una información, lo más completa posible, sobre la exposición de los trabajadores.

Un programa de muestreo en Higiene Industrial debe contestar las siguientes preguntas, para definir una estrategia correcta.

- ¿Qué área de trabajo debe ser muestreada?
- ¿Durante cuánto tiempo la muestra debe ser tomada?
- ¿Cuántas muestras son necesarias?
- ¿Durante cuál actividad de la jornada debe ser tomada la muestra?
- y ¿De qué forma deben ser tomadas las muestras?

La contestación a esas preguntas es importante para obtener buenos resultados, ya que tanto esos datos como los que se obtendrán de los análisis, ayudarán a establecer un perfil informativo de las condiciones del ambiente de trabajo.

Dentro de los criterios que se tienen para muestrear el ambiente de trabajo se mencionan los siguientes:

- 1.- Cuando el muestreo inicial indique una exposición dentro, o por arriba, de las normas asignadas como seguras para la salud, el muestreo será por lo menos trimestral.

2.- Cuando el muestreo inicial indique una exposición a nivel de 50% del permisible o por arriba de éste, pero por debajo del máximo permisible, el muestreo se efectuará por lo menos semestralmente.

3.- Pero si el monitoreo inicial indica una exposición por debajo de los niveles de seguridad, tomando en cuenta la toxicidad del material y los riesgos del proceso, se recomienda que el muestreo sea anual.

Los criterios antes mencionados deben ser lo suficientemente flexibles para atender correctamente los problemas de Higiene Industrial en los lugares de trabajo que se presentan en forma inesperada. Por lo que se requiere contar siempre con un programa de monitoreo previamente establecido.

La duración del muestreo o el volumen de aire muestreado, deben ser los adecuados, para recolectar en las muestras suficiente material para su análisis preciso y deberán estar basados en:

- 1) La precisión del procedimiento analítico (usar el equipo adecuado y en forma correcta, calibración del mismo y colocación en el lugar exacto).
- 2) Que los niveles máximos detectados puedan ser comparados contra los niveles máximos permisibles de la norma (TLV's).

Dentro de las situaciones especiales que requieren muestreo ambiental actualizado, podemos citar las siguientes:

- 1.- Cambios en el proceso (incrementos de producción, cambio de equipo, ajustes en el proceso, cambio en el procedimiento de manejo de materiales, etc.)
- 2.- Quejas o incomodidad de los trabajadores.
- 3.- Detección de daños a la salud (enfermedades del trabajo).
- 4.- Antes y después de establecer controles de ingeniería, con lo cual se comprobará su eficiencia.
- 5.- Evidencia de nuevos tóxicos, que sugieren un riesgo potencial de exposición.
- 6.- Exposición de los trabajadores a materiales tóxicos con mayor frecuencia o en operaciones poco comunes (limpieza de derrames, reparación de reactores, etc.)

Los distintos instrumentos de muestreo utilizados para la evaluación de contaminantes químicos en un puesto de trabajo, independientemente que sean puntuales o prolongados se pueden clasificar en:

- Instrumentos de evaluación directa.
- Instrumentos de toma de muestras para análisis en el laboratorio.

- Instrumentos de evaluación directa.

Son aparatos en los que el muestreo y análisis se realizan en el propio instrumento, obteniéndose la concentración de un determinado contaminante, a partir de la lectura reflejada en un indicador.

- Instrumentos de toma de muestras para análisis en el laboratorio.

Debido a las limitaciones de algunos aparatos de lectura directa y a las posibles interferencias que pueden producirse con otros contaminantes, se recurre muy comúnmente a la toma de muestras para su traslado al laboratorio y posterior análisis. Se utilizan entonces técnicas e instrumentos que por sus características son prácticamente imposibles de manejar directamente en los ambientes a analizar.

Los sistemas de muestreo están encaminados a la recolección de; aerosoles (polvos, nieblas y humos), gases y vapores.

Para el caso de los contaminantes que se presentan en forma de polvos, el instrumentos de captación que normalmente se utiliza es la bomba de muestreo personal, ver (Fig. No 3). Este instrumento es capaz de generar, un flujo controlado de aire contaminado con partículas de polvo, el cual pasa a través de un filtro o membrana porosa, cuya función es capturar estas partículas para su evaluación. Las partes de que consta este instrumento son:

1.- Bomba de vacío: la cual trabaja bajo una presión negativa, y su flujo puede ser calibrado desde 0 a 5 litros por minuto.

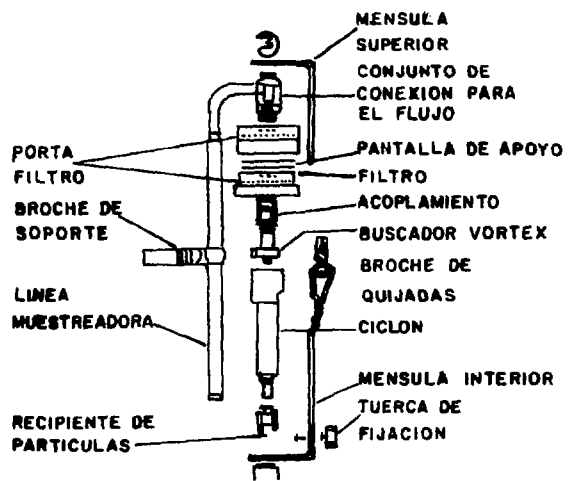
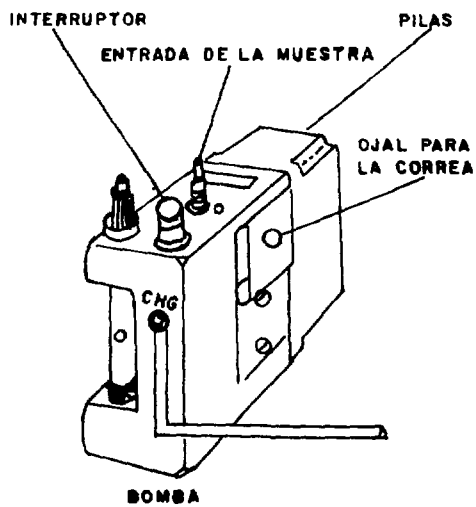


FIG. No 3.. BOMBA DE MUESTREO PERSONAL APROBADA POR NIOSH

2.- Cartucho porta-filtro: Cuya función es la de portar la membrana porosa o filtro que se va a utilizar para la captura de las partículas.

3.- Separador ciclónico: es un dispositivo que funciona gracias a la presión negativa que ejerce la bomba, permitiendo la entrada de aire dentro de él. El ciclón es utilizado cuando se requiere separar la fracción respirable del polvo total y su función es separar por medio de la fuerza centrífuga, las partículas mayores de 10 μm y permitir el paso hacia el filtro, de las menores o iguales a ese valor.

4.- Filtro: El filtro es el medio por el cual, las partículas contaminantes son colectadas para su evaluación. Estos filtros son generalmente membranas de microfiltración y pueden ser de diferentes materiales, ya sea cloruro de polivinilo, fibra de vidrio, membranas de celulosa, etc.

5.- Soporte del filtro: Este va colocado dentro del cartucho porta-filtro y sirve como protección de la bomba.

1.3 ANALISIS POR ACTIVACION NEUTRONICA.

1.3.1 Principios generales del análisis por activación neutrónica.

Tal como lo indica el nombre, el análisis por activación neutrónica (NAA por sus siglas en inglés) se basa en hacer radiactivos, a ciertos elementos constituyentes de una muestra por medio de su exposición a un flujo uniforme y constante de neutrones térmicos y en la subsecuente determinación de la radiactividad de esos elementos.⁽¹¹⁾

Los neutrones térmicos, cuya energía cinética es menor que 1 eV, inducen a varios tipos de reacciones nucleares del tipo (n, γ) . Por ejemplo el aluminio 13, que es un isótopo estable, se irradia con neutrones térmicos para formar al isótopo 14 de ese elemento, el cual se vuelve radiactivo emitiendo radiación gamma, entonces es posible detectar e identificar este elemento por la energía que emite. La reacción que se lleva a cabo se representa de la siguiente manera:



El análisis por activación neutrónica es un método que no permite establecer la forma química de los elementos, pero sin embargo, es un método altamente sensible y eficaz,⁽¹²⁾ cualitativa y cuantitativamente.

Las ventajas de éste análisis, es que se puede llevar a cabo de manera netamente instrumental, no destructivo y es relativamente rápido: dependiendo de la concentración de los elementos presentes en las muestras y en algunos casos el análisis es de solamente algunos minutos. Si se emplean altos flujos neutrónicos, se puede decir que casi todos los elementos de la tabla periódica se pueden activar e identificar.⁽¹³⁾

El análisis por activación neutrónica constituye una de las técnicas más recientes en el estudio multielemental de los materiales. En algunos casos, su alta sensibilidad la hace la técnica de mayor eficacia en cuanto a la detección para ciertos elementos de algunas partes por millón. El límite de sensibilidad varía entonces con el elemento y también con el tamaño de la muestra.⁽¹⁴⁾

La ecuación básica del análisis por activación neutrónica es:

$$A_0 = N \phi \sigma s \quad (1)$$

donde:

A = Actividad del núclido que se estudia, expresado en desintegraciones por segundo, al final de la irradiación.

N = Número de núcleos en el blanco. que pueden radiactivarse mediante una reacción (n,γ).

φ = Flujo neutrónico al cual es expuesto la muestra, se expresa en n/cm²s.

α = Es la sección eficaz de captura de neutrones térmicos, del núcleo estable. Se expresa en barn, (1 barn = 10⁻²⁴ cm²).

s = Factor de saturación. Es una cantidad adimensional, que varía de 0 a 1; su valor depende del período de radiación y de la vida media del núclido activado.

En virtud de que algunos parámetros de la ecuación 1 no se manejan con exactitud, se prefiere trabajar siempre con un patrón, el cual se trata en la misma forma que la muestra. Esto consiste en irradiar simultáneamente con la muestra desconocida, una cantidad conocida del elemento o elementos a determinar y medir la cantidad actividad relativa de la muestra y del patrón. Entonces todos los parámetros experimentales son análogos para la muestra y el patrón, y se puede expresar la relación siguiente:

$$\frac{A_1 \text{ muestra}}{A_2 \text{ patrón}} = \frac{W_1 \text{ muestra}}{W_2 \text{ patrón}} \quad (2)$$

Siendo A_1 y A_2 las actividades de la muestra y el patrón respectivamente, corregidas por el tiempo de decaimiento; W_1 y W_2 el peso del blanco y el patrón.

Durante la colección de muestras para análisis por activación neutrónica es importante evitar la contaminación con superficies metálicas, sobre todo en caso de ser piezas que tengan que ser cortadas, como papel, muestras biológicas, etc. y se recomienda para su manipulación: navajas, tijeras, pinzas y espátulas de plástico o polietileno. Esto se debe a que algunos metales forman isótopos radiactivos interferentes con las muestras.

1.3.2 El reactor nuclear TRIGA MARK III del Centro Nuclear de México.

El reactor TRIGA MARK III del Centro Nuclear de México es un reactor de investigación, de tipo piscina, enfriado con agua y moderado con hidruro de circonio. Fue diseñado por la Compañía Gulf General Atomic Ltd. En él se utiliza uranio enriquecido en ^{235}U al 20 y al 70% como combustible.⁽¹⁵⁾ Dentro del núcleo del reactor se cuenta con varias posiciones experimentales de irradiación (ver figura No. 4):

- El Sistema de Irradiación Fijo de Cápsulas (SIFCA), útil cuando se requiere irradiar un número grande de muestras, simultáneamente.
- El Sistema de Irradiación Neumático de Cápsulas (SINCA), que se utiliza por la rapidez con que las muestras pueden ser introducidas y retiradas del flujo de neutrones, pudiéndose medir isótopos radiactivos con tiempos de vida radiactiva media de algunos segundos.
- El dedal central, que tiene el mayor flujo de neutrones, y es útil cuando se requiere aumentar la sensibilidad del análisis.
- El tubo seco, que permite irradiar muestras sin tomar demasiadas precauciones para asegurar su hermeticidad.

Este reactor se opera normalmente con una potencia de 1 MW y puede ser pulsado para liberar, en forma súbita, una cantidad de energía del orden de 23 MW/s. En el núcleo del reactor se dispone de neutrones térmicos con un flujo aproximado de $10^{13}\text{n}/(\text{cm}^2\text{s})$, durante su operación a 1 MW de potencia, y con un flujo de alrededor de $10^{16}\text{n}/\text{cm}^2\text{s}$, durante su operación pulsada.

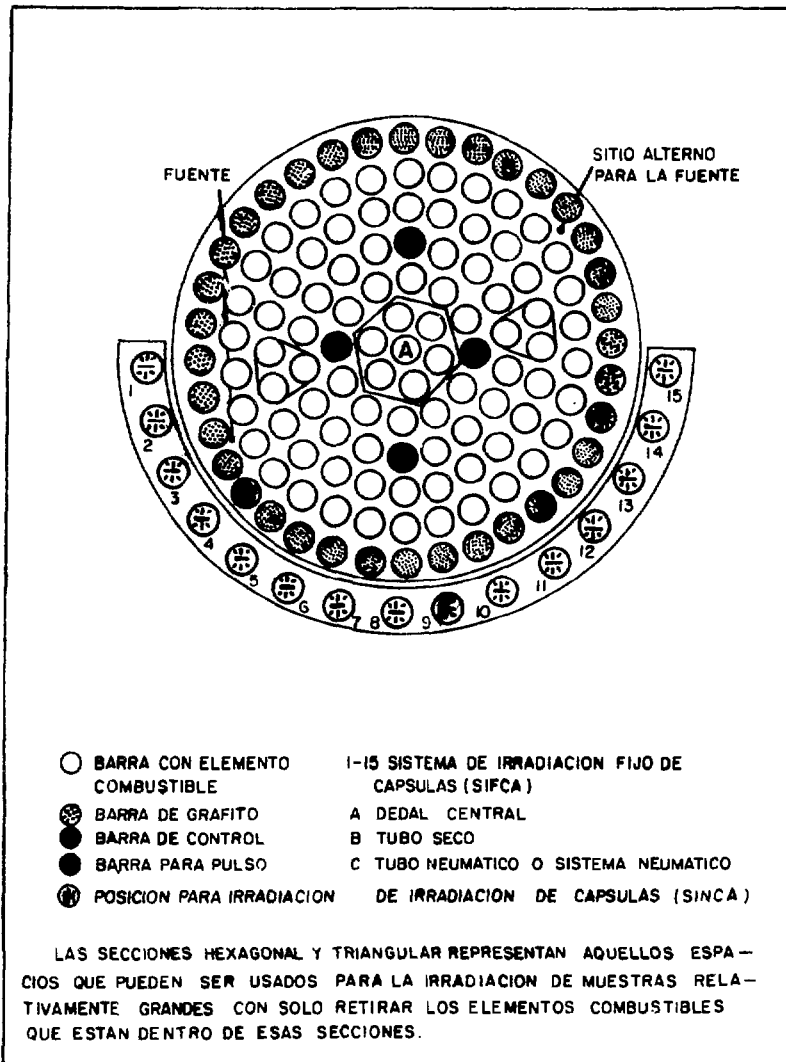


Fig 4- DIAGRAMA DEL CORTE SECCIONAL DE NUCLEO DEL REACTOR TRIGA-MARK III MOSTRANDO LOS SITIOS DE IRRADIACION DE LAS MUESTRAS.

1.3.3. Medición de la radiactividad.

El mecanismo de detección de las radiaciones nucleares se basa en la interacción de éstas con la materia. Los tipos de detectores más usados para la radiación gamma son los de centelleo y los semiconductores, siendo éstos los utilizados actualmente en el análisis por activación neutrónica.

Un detector semiconductor se basa en la interacción de la radiación con un material que no es buen conductor ni buen aislante, tal como el germanio hiperpuro.

1.4 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA.

1.4.1. Principios generales de la absorción atómica.

La técnica de absorción atómica está basada en la absorción de la radiación luminosa por los átomos en estado gaseoso.⁽¹⁶⁾ La muestra, generalmente líquida o en solución se volatiliza en una llama que contiene entonces átomos en el estado basal. La radiación luminosa debe tener una longitud de onda de resonancia con los átomos, y su intensidad inicial I_0 disminuye debido a la absorción por los átomos en la llama. Por lo cual, la intensidad de la radiación detectada es menor (I).

La cantidad de radiación absorbida se puede definir en términos de la transmitancia o de la absorbancia. La transmitancia se define como la relación de intensidad incidente y la transmitida e indica la fracción de radiación inicial que pasa a través de la llama, para incidir en el detector:

La absorbancia se define como el logaritmo de I_0/I . Este término es el más conveniente para caracterizar la absorción de la radiación en la espectrofotometría de absorción atómica, ya que esta cantidad guarda una relación lineal con la concentración. La ley de Beer establece que la absorbancia es directamente proporcional a la concentración de las especies absorbentes, para unas condiciones instrumentales dadas y se define con la relación siguiente:

$$A = abc \quad \text{ó} \quad A = Kc \quad (3)$$

en donde:

A = Absorbancia.

a = Coeficiente de Absorbitividad, constante que es característica de las especies que absorben.

b = Longitud del paso de radiación ocupado por la celda de absorción.

c = Concentración de las especies absorbentes en la celda de absorción.

La atomización es el proceso de mayor importancia en ésta técnica; consiste en llevar los elementos que contiene una muestra, al estado atómico fundamental, exponiéndolos a una radiación de longitud de onda adecuada. La atomización consiste en comunicar a la muestra, en solución, una energía suficiente para conseguir su disociación. La energía utilizada para conseguir la atomización, la proporciona una llama y el proceso puede subdividirse en varias etapas:

- Nebulización: división de la muestra líquida en pequeñas partículas o microgotas
- Precipitación: separación de las partículas o gotas gruesas.
- Mezcla: homogenización de las microgotas y mezcla con uno de los gases que alimentan la llama, generalmente el oxidante.
- Disociación: las moléculas se disocian, apareciendo átomos libres.

Instrumentación:

los componentes básicos de un espectrofotómetro de absorción atómica son:

- a.- Fuentes de radiación.
- b.- Monocromador.
- c.- Fuentes de atomización.
- d.- Detector.

a.- Fuentes de radiación.

Las fuentes de radiación más utilizadas en absorción atómica son las lámparas de cátodo hueco.

Lámparas de cátodo hueco.

Estas lámparas constan generalmente de un ánodo que suele ser un filamento de wolframio de 1 mm de diámetro, y 30-40 cm de longitud y de un cátodo de 5-6 mm de diámetro, construido precisamente del elemento que se pretende excitar. Ambos se encuentran alojados en un tubo de vidrio, en cuyo frente se coloca una tapa de cuarzo, para que puedan atravesarla sin dificultad las radiaciones ultravioletas. El citado tubo, se encuentra al vacío o lleno de un gas (helio, nitrógeno o argón).

Aplicando una diferencia de potencial suficiente (unos 40 voltios), el gas se ioniza, creando un campo eléctrico. Los iones positivos son acelerados hacia el cátodo, provocando al chocar con él, un desprendimiento de energía, lo que permite, que parte del metal que constituye el cátodo se vaporice, para que alcance el estado excitado. Cuando los electrones regresan a su estado fundamental, emitirán una cantidad de energía, de longitudes de onda características de cada elemento.

b.- Monocromador.

En un espectrofotómetro de absorción atómica, el monocromador es precisamente la propia lámpara, ya que emite energía en las longitudes de onda características de su propio elemento. En el sistema óptico del espectrofotómetro, se suele utilizar una red de fracción como monocromador, para separar la línea de resonancia de las demás.⁽¹⁷⁾

c.- Fuentes de atomización.

La fuente de atomización más común, es el sistema de llama. Como norma general, este sistema consta de un nebulizador que convierte la solución líquida en un fino aerosol, una cámara de premezcla donde se mezcla el aerosol con los gases y un quemador sobre el que surgirá la llama donde tendrá lugar todas las reacciones químicas. Es muy importante la elección de los tipos de llama, ésta dependerá de la energía calorífica necesaria para la atomización, los tipos más comúnmente utilizados son:

Oxidante	Combustible	Temperatura °C
Aire	Acetileno	2 327
N ₂ O	Acetileno	2 927

La llama de aire/acetileno es la que mejor se adapta a la mayoría de los elementos; sin embargo, para los refractarios tales como el silicio, aluminio, titanio, etc., resulta más conveniente la llama N₂O/acetileno, ya que proporciona mayor energía térmica.

d.- Detector.

Pueden, en general, utilizarse los métodos clásicos, el más conveniente es el de los tubos fotomultiplicadores, ya que su gran sensibilidad permite la utilización de rendijas estrechas e intensidades de corriente relativamente bajas. La señal del detector, previa amplificación, se envía al sistema de medida.

CAPITULO II

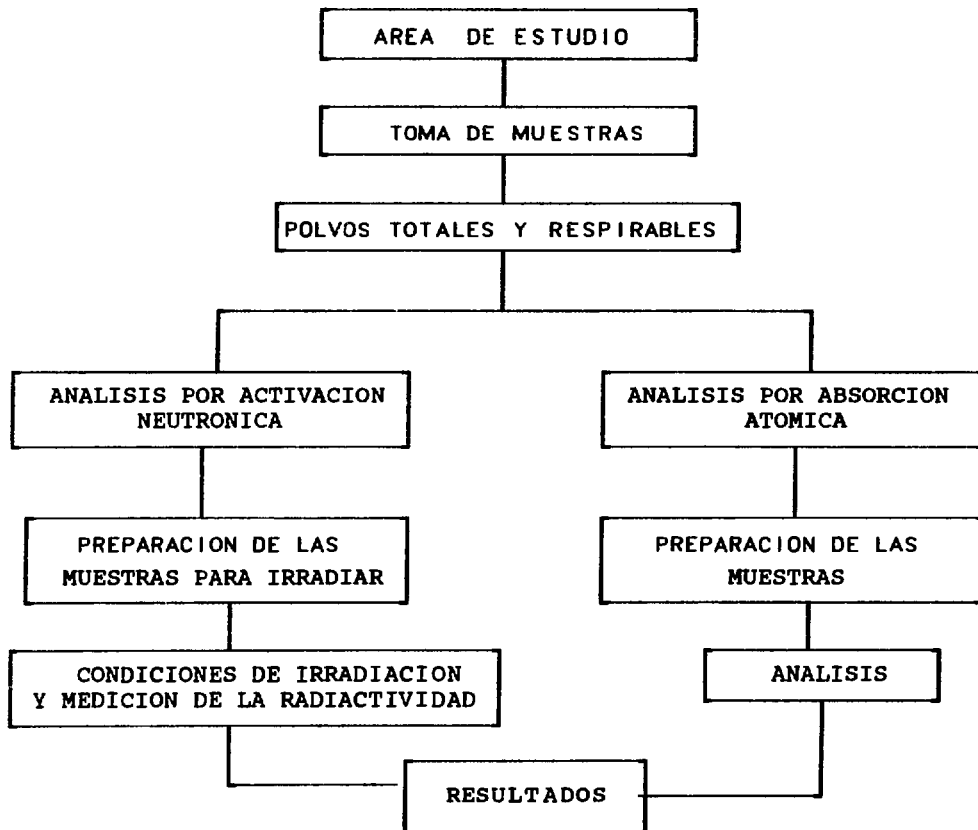
PARTE EXPERIMENTAL

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

II.1 DIAGRAMA DE FLUJO.

La sección experimental se resume en el siguiente esquema:



II.2 EXPERIMENTACION.

La sección experimental consta de 3 partes:

- A).- Area de estudio.
- B).- Método de muestreo.
- C).- Evaluación de las muestras.

A).- Area de estudio.

El área de estudio se situó, en una empresa localizada en el corredor industrial Toluca-Lerma; la cual pertenece a la rama industrial metal-mécanica, pues se dedica a la producción de abrasivos. Cuenta con dos turnos de trabajo de 8 horas cada uno, de lunes a viernes, se alberga en un edificio único. El proceso de producción, cuyo esquema se muestra en la figura 1, esta encaminado a la fabricación de abrasivos para diferentes usos.

El área específica de muestreo se seleccionó teniendo el criterio de haber reconocido el problema potencial; bajo una familiarización de los procesos de la planta, una inspección de las instalaciones, uso del sentido común y a través de relaciones industriales. Basado en lo anterior, el área que se escogió para ser muestreada, es la de Terminado, lugar donde el trabajador está expuesto con mayor intensidad al problema potencial. En esta área trabajan 17 operadores de torno universal y 3 de ruedas, con un supervisor de producción. El área de muestreo mide 24 x 9 metros y las operaciones que se realizan específicamente son: terminado del producto final, que implica procesos de canteado, pulido, troquelado y balanceo de los abrasivos.

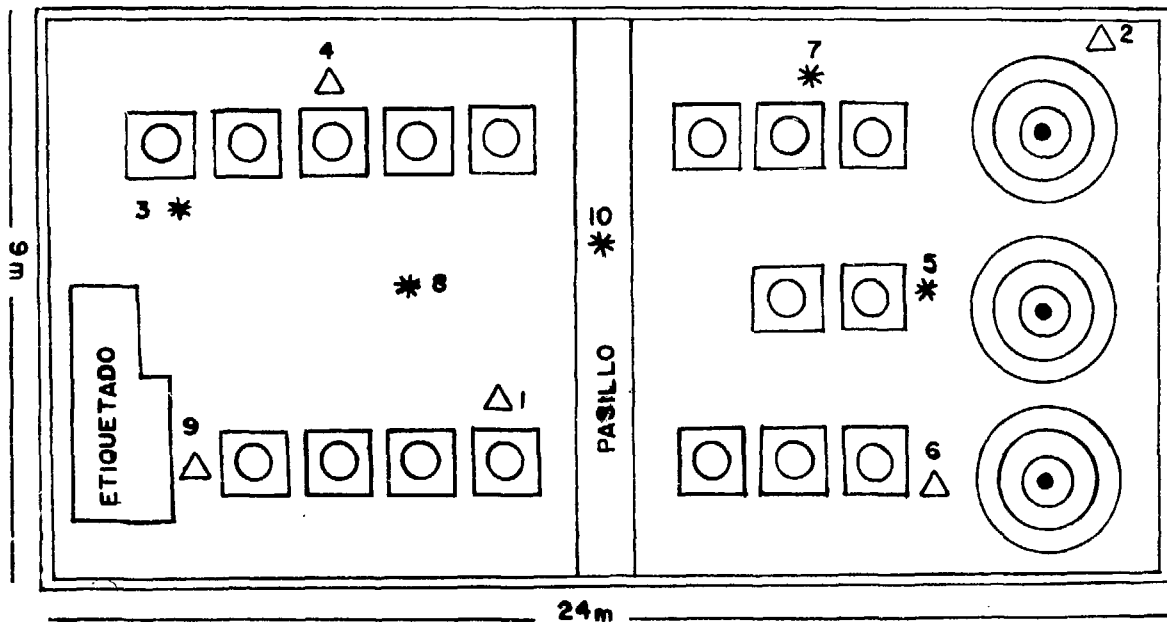
B).- Método de muestreo.

Se tomaron muestras puntuales al azar, durante 4 jornadas de trabajo consecutivos, en distintos lugares del área de terminado, de acuerdo con el croquis mostrado en la figura 5. Durante cada jornada, se combinaron muestreos ambientales y personales, todos fueron realizados durante dos horas. Para los ambientales del aire general de la zona, se colocaron los filtros a la altura promedio de los trabajadores (1.65 m) y para los personales, se colocaron a la altura de la nariz del propio trabajador, sólo en estos casos se utilizó un ciclón de nylon.

Para el muestreo, se utilizaron dos bombas de muestreo personal (ver figura 3) calibradas, marca Bendix, modelo BD-X44, con ciclón de nylon de 10 mm, se operaron a una velocidad de flujo de 1.7 l/min. Todas las partes de las bombas se usaron limpias, secas y libres de polvos, su operación se describe a continuación:⁽¹⁸⁾

- Se insertó el tapón de plástico azul en la entrada del porta-filtros y luego el rojo en la salida, para protegerlo de la entrada de contaminaciones, antes de proceder a abrirlo.
- Una vez abierto, se sacaron los filtros, se pesaron con una balanza analítica en una atmósfera libre de polvo y se registró el peso inicial.
- Se colocó nuevamente el filtro en el soporte del porta-filtros.
- Para el caso de muestreo personal, el porta-filtros se colocó en el ciclón mediante la pieza de presión y se aseguró de que no hubiera fugas.

FIG. N.º5 – AREA DE MUESTREO: TERMINADO.



☐ = TORNO

◎ = RUEDA

* = TOMA DE MUESTRA AMBIENTAL.

Δ = TOMA DE MUESTRA PERSONAL.

- Se marcó el porta-filtros y se registró el peso con su identificación.
- Se colocó el ciclón en la camisa del operador, mediante una pinza cocodrilo y se colocó la bomba en el cinturón del operador.
- Se conectó la bomba al ciclón mediante una manguera de cloruro de polivinilo.
- Se presionó el interruptor de la bomba que se encuentra en la parte superior de la misma y mediante el giro de la válvula de medidor de flujo, se seleccionó la velocidad deseada.
- Se anotó el tiempo de inicio de la prueba.
- Durante el muestreo se revisó periódicamente la pelota flotante del medidor de flujo, y se comprobó si se mantenía el flujo; en caso contrario se ajustó.
- Al final del muestreo, se paró la bomba y se registró el tiempo final del muestreo.
- Se quitó el equipo al operador, se desambló el ciclón, se sacó el porta-filtros y se le colocaron sus tapones.
- Se sacó el filtro con pinzas, se pesó nuevamente en una balanza analítica y se registró el peso final.

Las muestras tomadas se guardaron en recipientes cerrados e identificados, y fueron llevadas al laboratorio para su posterior análisis. Las muestras no presentaron daños físicos como roturas y no hubo señales de interrupción del muestreo.

C).- Evaluación de las muestras.

Se determinaron los polvos totales (ambientales) y polvos respirables (personales) de las muestras tomadas y se compararon los resultados con los patrones establecidos. Para el cálculo de la concentración de polvos en el ambiente se utilizaron los siguientes datos: temperatura (22°C), presión atmosférica (585 mm de Hg) del área de trabajo, peso inicial y final del filtro, flujo al que se trabajó la bomba (1.7 l/minuto) y tiempo de muestreo (120 minutos).

Las expresiones matemáticas empleadas para ese cálculo son las siguientes: Primeramente se calcularon los volúmenes totales de las muestras, en litros, de acuerdo con:

$$V = FB \times t \quad (4)$$

Donde:

FB = Flujo de la bomba (l/min.)
t = Tiempo de muestreo (min.)
V = Volumen total de muestra (l)

Los volúmenes de aire (Vs, en litros) en condiciones normales de presión y temperatura, se calcularon de la siguiente manera:

$$V_s = \frac{V \times P \times 298}{760 (T + 273)} \quad (5)$$

Donde:

P = Presión atmosférica (mm de Hg)
T = Temperatura (°C)
Vs = Volumen de aire a condiciones normales (l)

Y por último, se calcularon las concentraciones de los polvos, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Concentración} = \text{mg/m}^3 = \frac{P_f - P_i}{V_s} \times 10^6 \quad (6)$$

Donde:

Pf = Peso final del filtro (g)
Pi = Peso inicial del filtro (g)

Las concentraciones ponderadas a toda la jornada de trabajo, se calcularon tomando como base las obtenidas con la expresión anterior.

Para determinar la concentración de los elementos químicos encontrados como contaminantes en los filtros, se utilizaron las técnicas de análisis por activación neutrónica y espectroscopía de absorción atómica. La norma oficial mexicana (NOM-SS-42-1987)⁽¹⁹⁾ recomienda utilizar la Difracción de Rayos X; sin embargo las técnicas arriba mencionadas ofrecen también las características apropiadas para el análisis de los elementos de interés, sobre todo desde el punto de vista de su sensibilidad.^(20,21)

Las técnicas de análisis por activación neutrónica y absorción atómica, requirieron de la utilización de soluciones patrón de 1000 $\mu\text{g/ml}$, que fueron adquiridas en el comercio (Merk, S.A.); o bien diluciones de éstas. Todos los reactivos que se utilizaron en el desarrollo de la parte experimental de este trabajo fueron de pureza analítica y para evitar la interacción de los iones del agua, se utilizó agua desionizada ($0.2 \mu\text{mho/cm}^3$); el material de laboratorio fue lavado cuidadosamente y luego enjuagado con agua desionizada.

ANALISIS POR ACTIVACION NEUTRONICA.

se realizaron pruebas preliminares para establecer las condiciones del análisis y el procedimiento más adecuado se describe a continuación:

a). Soluciones patrón.

Se prepararon muestras de $2\mu\text{g/ml}$ de las soluciones estándares comerciales, de los siguientes elementos: silicio, aluminio, cromo, fierro, calcio, magnesio, níquel, vanadio, bromo, manganeso y zinc.

b).- Preparación de las muestras para irradiación.

Se prepararon tres muestras para irradiación: una que había sido colocada en el área de trabajo, otra que contenía las soluciones patrón y por último el blanco. Cada filtro doblado, se depositó en una cápsula de polietileno (1.5 cm^3) con tapa,

y estas se sellaron con calor, luego se lavaron con agua desionizada y acetona y se colocaron en bolsas de polietileno que a su vez también fueron selladas. Las tres muestras se depositaron dentro de un contenedor de polietileno para irradiación.

c).- Condiciones de irradiación.

Las irradiaciones se realizaron en el reactor nuclear de investigación TRIGA Mark III del Centro Nuclear de México y las condiciones de irradiación fueron: en el Sistema Neumático para Irradiación de Cápsulas (SINCA), un tiempo de irradiación de 5 minutos y para el Sistema de Irradiación Fijo (SIFCA), un tiempo de irradiación de 10 horas. El flujo de neutrones térmicos fue de 9.1×10^{12} n/cm²s y 1.19×10^{13} n/cm²s en el primero y segundo sistema respectivamente.

d).- Conteo de las muestras.

Las mediciones de los isótopos en las muestras radiactivas se realizaron con un detector de germanio hiperpuro (HPGe) acoplado a un analizador multicanal de altura de pulsos previamente calibrado a 1 KeV/canal. La calibración del equipo se llevó a cabo con gammas de: 70.84 KeV del ²⁰⁴Tl, 511 KeV y 1274.5 KeV del ²²Na y 662 KeV del ¹³⁷Cs.

El análisis cuantitativo se llevó a cabo mediante la integración del área bajo los picos y directamente por comparación con los patrones.

ANALISIS POR ABSORCION ATOMICA.

Se utilizó un espectrofotómetro PERKIN-ELMER 2380, con un quemador para flama de aire-acetileno y óxido nitroso-acetileno y lámparas de cátodo hueco para cada metal.

a). Soluciones patrón.

Se utilizaron las soluciones patrones de 2 $\mu\text{g/ml}$ de los siguientes elementos: silicio, aluminio, cromo, fierro, calcio, plomo, calcio, magnesio, níquel y vanadio.

b).- Preparación de las muestras.

Con el propósito de destruir la materia orgánica interferente para el análisis, así como para mantener los elementos químicos en solución se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- Lavado de material: Todo el material de vidrio se lavó con agua desionizada y se sumergió 24 horas en una solución de ácido nítrico al 30% en agua desionizada, posteriormente, se sumergió en agua desionizada durante 24 horas, finalmente el material se enjuagó, se dejó secar libre de polvo y se guardó envuelto en papel. Antes de usarse, se enjuagó una vez más con agua desionizada.

- Los filtros que contenían la muestra, se cortaron en pequeñas piezas y estos se colocaron dentro de un matraz, allí se adicionaron 100 ml de ácido clorhídrico concentrado y 1 ml de agua oxigenada.

- La muestra se reflujo por 30 minutos, con agitaci3n constante. Despues la soluci3n se filtro y los solidos se lavaron con 15 ml de agua desionizada, por tres veces.

- Se combinaron las aguas de lavado y se evaporaron casi a sequedad. Luego se redisolvieron en 10 ml de acido clorhidrico concentrado, y se agregaron 10 gotas de acido nitrico concentrado.

- Los vasos donde se realizaron las evaporaciones se enjuagaron y todas estas soluciones se filtraron.

- La soluci3n filtrada se deposit3 en un matraz volumetrico de 50 ml y se afor3 a este volumen con agua desionizada.

El procedimiento descrito anteriormente, se efectu3 simultaneamente para todas las muestras y sus respectivos blancos (filtros sin muestra).

c).- Procedimiento.

Se prepararon 4 soluciones patr3n para cada uno de los metales; silicio, aluminio, cromo, fierro, plomo, calcio, magnesio, niquel y vanadio, de 5, 10, 15 y 20 $\mu\text{g/ml}$.

Para calibrar el equipo, se ajust3 la longitud de onda para cada elemento de inter3s. Se coloc3 la l3mpara de c3todo hueco y se encendi3 el instrumento. Se abri3 la salida de los cilindros de 3xido nitroso, aire y acetileno. Se ajust3 en el espectrof3tometro la intensidad de la l3mpara de c3todo hueco y se permiti3 estabilizar el instrumento durante 15 minutos. Luego se encendi3

la llama y la velocidad de la lectura se ajustó automáticamente a un valor de 10 cada 2 segundos para cada una de las muestras. Se ajustó el cero en el instrumento y se aspiró agua desionizada. Las concentraciones de las soluciones patrón se ajustaron una tras otra y se aspiraron en el mismo orden.

Para leer las muestras a analizar, se aspiraron estas en el capilar del espectrofotómetro y cuando las concentraciones indicadas por el equipo rebasaban el rango lineal se calibró nuevamente.⁽²²⁾ En la determinación cuantitativa de cada elemento, se tomaron en cuenta los parámetros de la tabla 3.

Tabla No. 3

ELEMENTO	LONGITUD DE ONDA (nm)	SLIT (nm)	FLAMA GAS	SENSIBILIDAD (µg/ml)
Si	251.6	0.2	N ₂ O-Ac	1.80
Al	309.3	0.7	N ₂ O-Ac	1.00
Cr	357.9	0.7	A-Ac	0.10
Fe	248.3	0.2	A-Ac	0.12
Pb	283.3	0.7	A-Ac	0.50
Ca	422.7	0.7	A-Ac	0.08
Mg	285.2	0.7	A-Ac	0.007
Ni	232.0	0.2	A-Ac	0.15
V	318.4	0.7	N ₂ O-Ac	1.70

N₂O = Oxido nitroso

Ac = Acetileno

A = Aire

Para el cálculo de las concentraciones por metro cúbico, de los elementos encontrados, se utilizó la siguiente ecuación:

$$C = \mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{---}\mu\text{g/ml en solución muestra X 50 ml\text{---}}}{\text{Volumen estándar de aire filtrado en m}^3} \quad (7)$$

Donde: C = Concentración del metal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aire).

50 = Volumen del aforo para un filtro.

Vs = Volumen estándar.

CAPITULO III
RESULTADOS Y DISCUSION

CAPITULO III.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos del lugar de trabajo se mencionan a continuación:

PLANTA: Compañía Nacional de Abrasivos, CINASA S.A.

DEPARTAMENTO: Producción

AREA: Terminado

EDIFICIO: Unico

SUPERVISOR: Quím. Eliseo Vega Blanquel

EXAMINO: Quím. Francisco Granados Correa

FECHA: Del 5 al 9 de mayo de 1992

TIPO DE MUESTREO: Personal y ambiental

OCUPACION DEL TRABAJADOR: Operador de torno

NATURALEZA DEL TRABAJO: Terminado de abrasivos, canteado, pulido y balanceado de los mismos.

MATERIALES A LOS QUE ESTAN EXPUESTOS: polvos finos de esmeril.

MEDIDAS DE CONTROL: Extractor de polvos localizado y equipo de protección personal.

A continuación se da un ejemplo de los cálculos efectuados para el monitoreo de polvos totales:

PUNTO DE MUESTREO # 3 DEL AREA DE TERMINADO.

(Pi) Peso inicial del filtro	0.1053g
(Pf) Peso final del filtro	0.1058g
(t) Tiempo total de medición	120 min. (2 Hrs)
(FB) Flujo de la bomba	1.7 l/min.
(T) Temperatura de muestreo	22°C
(P) Presión atmosférica	585 mm Hg
(Vs) Volumen del aire a condiciones estándar	158.62 l.
TLV Concentración Máxima Permisible para polvos de esmeril.	10 mg/m ³

$$V_s = \frac{V \times P \times 298^{\circ}\text{K}}{760(T+273)} \quad V = \text{FB} \times t$$

$$V_s = \frac{204 \text{ l} \times 585 \text{ mmHg} \times 298^{\circ}\text{K}}{760 \text{ mmHg} (22^{\circ}\text{C} + 273)^{\circ}\text{K}} = 158.62 \text{ l.}$$

$$\text{Concentración} = \text{mg/m}^3 = \frac{P_f - P_i}{V_s} \times 10^6$$

$$\text{mg/m}^3 = \frac{0.1058 - 0.1053}{158.62} \times 10^6 = 3.1521 \text{ mg/m}^3$$

Concentración ponderada en 8 horas de trabajo (TWA)

$$\text{TWA} = \frac{3.1521 \text{ mg/m}^3 \times 480 \text{ min.}}{120 \text{ min.}} = 12.6088 \text{ mg/m}^3$$

Para el cálculo de los polvos respirables se procedió de manera idéntica, pero teniendo en cuenta un TLV de 5 mg/m³.

La tabla 4 reúne los datos obtenidos para cada una de las muestras en lo que se refiere al peso inicial y final, y al TWA (concentración ponderada para una jornada de 8 horas de trabajo) para polvos totales (TWA_t) y respirables (TWA_r).

Tabla 4. Monitoreo de polvos totales y respirables en el área de terminado.

SITIO DE MUESTREO No.	PESO DEL FILTRO (g)		TWA _t (mg/m ³)	TWA _r (mg/m ³)
	INICIAL	FINAL		
3	0.1053	0.1058	12.6	
5	0.1073	0.1058	15.3	
7	0.1033	0.1039	15.3	
8	0.1032	0.1038	15.3	
10	0.1030	0.1036	15.3	
1	0.1159	0.1161		5.0
2	0.1101	0.1104		7.5
4	0.1052	0.1054		5.0
6	0.1117	0.1120		7.5
9	0.1121	0.1124		7.5

TLV para polvos totales: 10 mg/m³

TLV para polvos respirables: 5 mg/m³

En la tabla anterior, se observa que las concentraciones obtenidas para polvos totales y respirables, se encuentran por encima de los límites máximos permisibles correspondientes a cada caso.

Los coeficientes de variación de los métodos de muestreo y de las técnicas de colección de polvos totales y respirables, se calcularon con los datos de las tablas 5 y 6. Primeramente se calcularon los promedios (\bar{x}) y desviaciones estándar (s) del Y_1 (log TWA/TLV, de cada caso) y luego las desviaciones geométricas estándar (GSD) y la media geométrica (GM), de la siguiente manera:

$$\text{GSD} = \text{antilog } (s) \quad (8)$$

$$\text{GM} = \text{antilog } (\Sigma Y_1) \times \text{TLV} \quad (9)$$

Por último, se calculó el coeficiente de variación (CV) mediante la expresión siguiente:

$$\text{CV} = \frac{\text{GSD}}{\text{GM}} \quad (10)$$

El coeficiente de variación obtenido para polvos totales fue de 0.05 y para polvos respirables fue de 0.09, estos valores se encontraron dentro de los establecidos por el NIOSH, para muestreos confiables. Por lo anterior, el mismo calificativo puede aplicarse a los muestreos realizados en el presente trabajo.

Tabla 5. Datos para el cálculo del coeficiente de variación para polvos totales.

n	TWA _t	TWA _t /TLV	Y _i
1	12.6	1.26	0.1003
2	15.1	1.51	0.1798
3	15.1	1.51	0.1798
4	15.1	1.51	0.1798
5	15.1	1.51	0.1798

$$TLV = 10 \text{ mg/m}^3$$

$$Y_i = \log TWA_t/TLV$$

Tabla 6. Datos para el cálculo del coeficiente de variación para polvos respirables.

n	TWA _r	TWA _r /TLV	Y _i
1	5.0	1.0087	0.0037
2	7.5	1.5130	0.1798
3	5.0	1.0087	0.0037
4	7.5	1.5130	0.1798
5	7.5	1.5130	0.1798

$$TLV = 5 \text{ mg/m}^3$$

$$Y_i = \log TWA_r/TLV$$

RESULTADOS DEL ANALISIS POR ACTIVACION NEUTRONICA.

Los resultados que se encuentran resumidos en las tablas 7 y 8, representan los promedios y desviaciones estándar de varias repeticiones de los análisis realizados. Cualitativamente se identificaron los siguientes elementos: silicio, aluminio, cromo, fierro, calcio, magnesio, níquel, vanadio, bromo, manganeso y zinc.

Tabla No. 7 Resultados de análisis por activación neutrónica, sistema de irradiación: (SINCA), flujo neutrónico: 9.16×10^{12} n/cm²s, tiempo de irradiación: 5 minutos.

ELEMENTO	CONCENTRACION PROMEDIO (mg/m ³)	CONCENTRACION PONDERADA (mg/m ³ /8h)	TLV* (mg/m ³)
Al	1.021 ± 0.82	4.08	10.0
V	0.070 ± 0.19	0.28	0.5
Ni	0.121 ± 0.01	0.48	1.0
Mg	0.937 ± 0.12	3.74	5.0
Br	0.063 ± 0.01	0.25	0.7
Mn	0.220 ± 0.01	0.88	10.0
Si	3.720 ± 0.98	14.90	10.0

* Norma establecida en el Instructivo No. 10 del Reglamento General de Seguridad e Higiene Trabajo, STPS.

Tabla No. 8 Resultados de análisis por activación neutrónica, sistema de irradiación: (SIFCA), flujo neutrónico: 1.19×10^{13} n/cm²s, tiempo de irradiación: 10 horas.

ELEMENTO	CONCENTRACION PROMEDIO (mg/m ³)	CONCENTRACION PONDERADA (mg/m ³ /8h)	TLV* (mg/m ³)
Zn	0.16 ± 0.03	0.67	10.0
Fe	0.17 ± 0.02	0.68	1.0
Cr	0.09 ± 0.02	0.36	0.5

* Normas establecidas en el Instructivo No. 10 del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, STPS.

En las tablas anteriores, se observa que los elementos encontrados con tiempos de irradiación cortos, son aquellos cuyas vidas medias radiactivas son de algunos minutos y aquellos de vida media mayor que 20 minutos pudieron observarse con las irradiaciones prolongadas.

De los elementos encontrados, el silicio, el magnesio y el aluminio, muestran concentraciones considerables; esto se puede atribuir, a que estos elementos son empleados en gran escala como materia prima para la manufactura de los abrasivos, junto con sustancias aglutinantes. Los demás elementos encontrados como composición química de los polvos, también forman parte de las materias primas, aunque en menor cantidad.

A partir de las concentraciones ponderadas de cada elemento y sus respectivos TLVs (ver tablas 7 y 8), se calculó el efecto aditivo de los contaminantes, empleándose la siguiente expresión matemática:

$$\frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \dots + \frac{C_n}{TLV_n} \quad (11)$$

Donde: C_n = Concentración del contaminante enésimo.

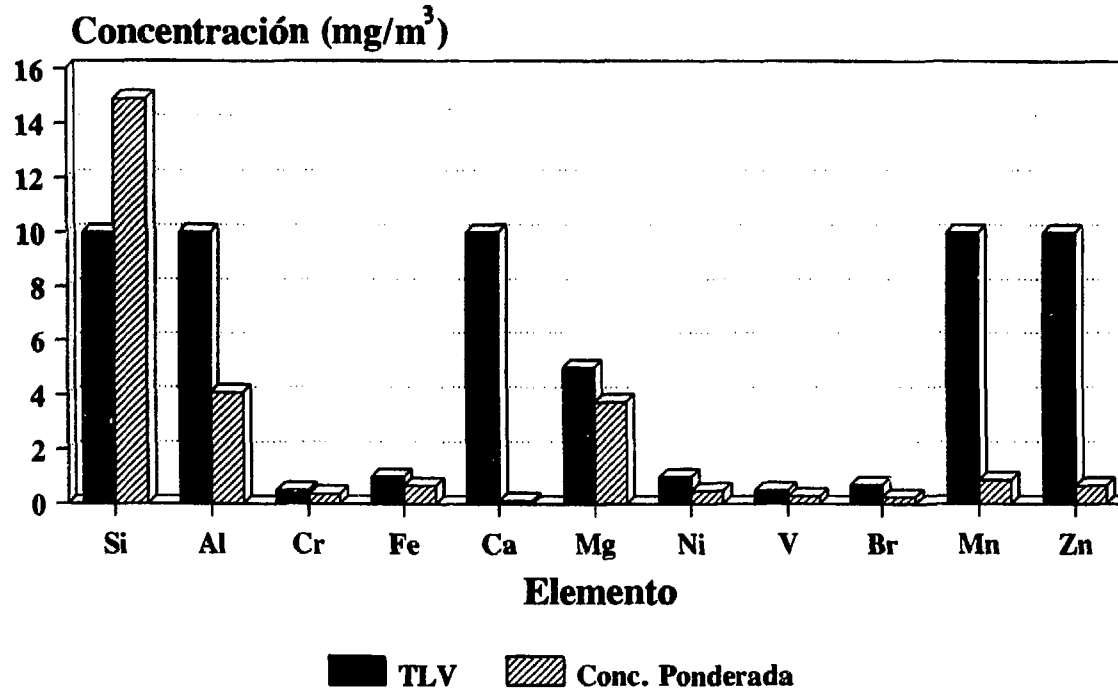
TLV_n = Valor máximo permisible de cada contaminante que participa en la mezcla.

El resultado obtenido fue mayor que uno, lo que indica que existe un efecto contaminante aditivo de todos ellos. Se buscó entonces, el sumando que forma también mayor que uno y este fue el correspondiente al silicio, ya que $C_{Si}/TLV_{Si} = 14.9/10 = 1.49$. Como el valor anterior, es en efecto mayor que uno, esto indica que existe un efecto independiente por parte de este contaminante.

Los diferentes elementos encontrados en la composición química de los polvos, pueden atacar selectivamente a distintos órganos. Sin embargo de acuerdo con los resultados del presente trabajo, aunque existe un efecto aditivo de los contaminantes, no es un riesgo potencial de la mayoría de ellos. Por parte del silicio, sí existe un riesgo potencial, ya que este sobrepasa el límite máximo permisible y tiene un efecto independiente. Cabe recordar aquí que el riesgo para el trabajador se dirige hacia sus vías respiratorias, ocasionando con esto un problema de salud, en caso particular por la silicosis.

Para mostrar, objetivamente los resultados obtenidos en el análisis de los elementos químicos en los polvos y su comparación con los niveles máximos permisibles, se desarrolló la gráfica No. 1, en la cual se puede apreciar que la concentración obtenida para el silicio, se encuentra por encima de lo permisible.

Gráfica No. 1 Resultados del análisis por activación neutrónica



RESULTADOS DEL ANALISIS POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.

Los resultados obtenidos de este análisis, se manejaron estadísticamente, obteniéndose el promedio de las concentraciones de cada elemento y su respectiva desviación estándar, esos resultados se encuentran en la tabla 9. Los elementos que se analizaron por esta técnica fueron: silicio, aluminio, cromo, fierro, plomo, calcio, magnesio, níquel y vanadio. Algunos de ellos pudieron ser analizados también mediante análisis por activación neutrónica y en esos casos los resultados de ambas técnicas coincidieron favorablemente.

Tabla 9. Elementos químicos en los polvos encontrados mediante absorción atómica.

ELEMENTO	CONCENTRACION PROMEDIO (mg/m^3)	CONCENTRACION PONDERADA (mg/m^3)	TLV* (mg/m^3)
Si	3.968 ± 1.42	15.87	10.0
AL	1.125 ± 0.73	4.50	10.0
Cr	0.078 ± 0.18	0.31	0.5
Fe	0.156 ± 0.10	0.62	1.0
Pb	0.003 ± 0.01	0.01	0.15
Ca	0.064 ± 0.02	0.25	10.0
Mg	0.825 ± 0.13	3.30	5.0
Ni	0.118 ± 0.10	0.47	1.0
V	0.110 ± 0.02	0.44	0.5

* Normas establecidas en el Instructivo No. 10 del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, STPS.

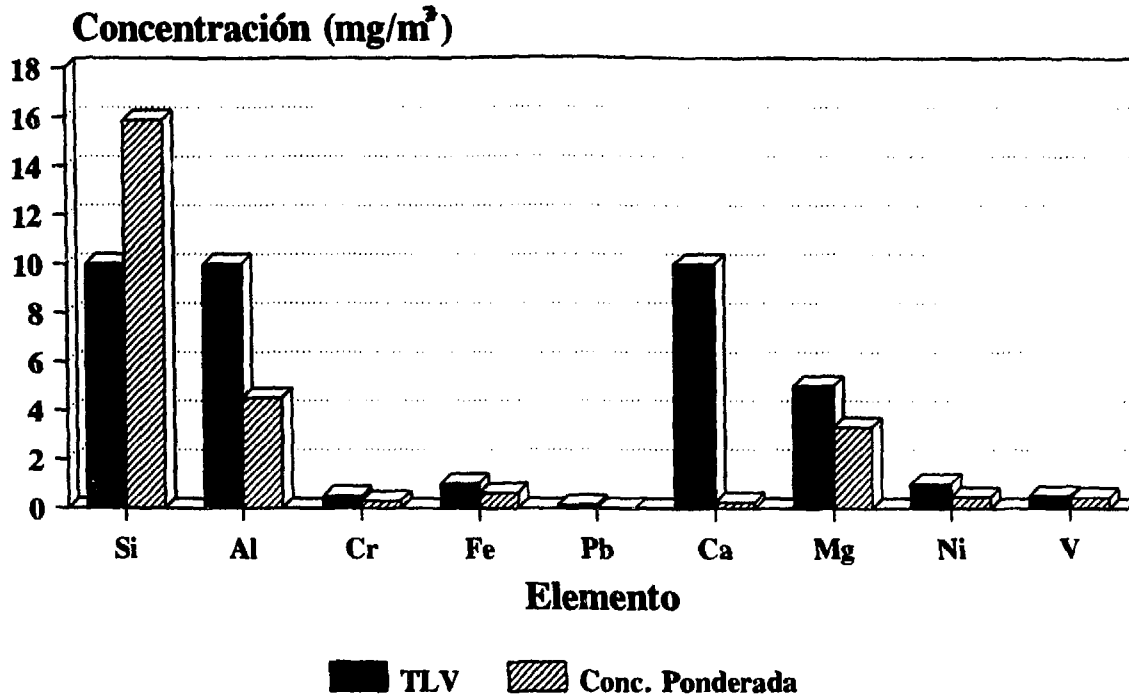
El manganeso y el zinc se encontraron en concentraciones menores que el límite de detección de la espectrofotometría por absorción atómica y el bromo no es posible de analizar mediante esta técnica, debido a sus características químicas.⁽²³⁾

Es importante indicar aquí, que el plomo analizado mediante absorción atómica, no puede analizarse mediante análisis por activación neutrónica por sus características nucleares.⁽¹¹⁾

Con los resultados de la tabla 9 se calculó también el efecto aditivo teniendo en cuenta la expresión (11) dada antes. El resultado fue mayor que uno y el efecto independiente del silicio, calculado como C_{Si}/TLV_{Si} fue también mayor que uno. Con esto se comprueba la importancia que tiene este elemento como problema potencial al trabajador.

Para ver más objetivamente los resultados obtenidos de éste análisis, comparados con los niveles máximos permisibles, establecidos en el instructivo No 10 del Reglamento General de Seguridad e Higiene,⁽²⁾ se desarrolló la gráfica No 2, en la cual se observa que el silicio, es el único elemento que se encuentra por encima de su valor límite (10 mg/m^3).

Gráfica No. 2 Resultados de absorción atómica



CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de evaluación de partículas de esmeril del área de Terminado, de la Compañía Nacional de Abrasivos S.A., se lograron las siguientes conclusiones:

1.- Las concentraciones encontradas para polvos totales y polvos respirables rebasan los límites máximos permisibles, por lo que se estima que existe una alta cantidad de polvos en el ambiente de trabajo, que pueden dar origen a problemas que van desde la simple incomodidad en el puesto de trabajo hasta enfermedades profesionales como la neumoconiosis.

2.- El contenido promedio de sílice obtenido en las muestras es alto y rebasa los límites máximos permisibles, generando por sí sólo un riesgo potencial al personal que está expuesto, a diario, en su trabajo.

3.- A diferencia del sílice, los otros elementos contaminantes encontrados en los filtros, no influyen considerablemente como agentes de riesgo potencial a los trabajadores, por encontrarse debajo de los límites máximos permisibles.

4.- El empleo de las técnicas de análisis por activación neutrónica y espectrofotometría de absorción atómica para muestras en Higiene Industrial, ofrecen una gran sensibilidad y proporcionan un análisis multielemental, cualitativo y cuantitativo.

RECOMENDACIONES

- El operador de los tornos y ruedas en el área de Terminado, debe utilizar un respirador Ultra Twin con careta facial de policarbonato, con filtro-cartucho tipo S marca MSA,⁽²⁴⁾ recomendado por la NIOSH, para una protección contra polvos finos, ya que la concentración de partículas en el ambiente está por encima de los límites establecidos como seguros. Esta alternativa debe implementarse como medida de protección, mientras se establecen eficazmente los controles de ingeniería, tales como una ventilación local por extracción y colectores generales de partículas, que eviten daños a la ecología. Y aún cuando se hayan implementado los controles de ingeniería, el equipo de protección personal recomendado, se debe utilizar, cuando el sistema de campanas, ductos y colector general de polvos, estén en mantenimiento o sean insuficientes porque la carga del proceso sea muy grande.

Para disminuir o eliminar la acción tóxica de silicio en el ambiente de trabajo se considera indispensable que las industrias en donde se manejen dicho elemento, observen las siguientes medidas de protección para la salud de los trabajadores.

- Todos los tornos o máquinas empleadas en los procesos de acabado de abrasivos deben estar dentro de campanas de extracción localizadas, en perfectas condiciones de mantenimiento y uso, y conectadas a un colector común de polvos. Se recomienda además, conservar húmeda la fuente productora de polvos.

- Suministrar equipos de protección personal respiratoria adecuados.

- Realizar exámenes médicos cada 3 meses, específicamente se recomiendan las espirometrías, en trabajadores de mayor antigüedad, en los puestos de exposición a los polvos y en aquellos cuyos exámenes médicos presenten alguna desviación importante. Los trabajadores que manifiestan síntomas de silicosis deben ser atendidos de inmediato y ser transferidos a otras áreas, que no presenten riesgos a la salud del trabajador.

- Es indispensable también que se asean escrupulosamente los lugares de trabajo, para reducir al mínimo la acción nociva de los polvos que contienen silicio, ya que la práctica de buen orden y limpieza evita que el polvo se disperse en el aire y se origine la posibilidad de que sea inhalado.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Jorge Ortiz Trejo y Javier Alcántara Calderón; Efecto de la variación del porcentaje de hexametiltetramina en resinas fenólicas aplicadas como aglutinante en abrasivos; Tesis, U.A.E.M., 1981. y referencias allí citadas.
- 2.- Instructivo No. 10 del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo; Secretaría del Trabajo y Previsión Social, México, 1992.
- 3.- Curso de Higiene Industrial; Fundación MAPFRE, Ed. Mapfre S.A., Madrid, 1983.
- 4.- Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. U.S. Department of Health, Education and Welfare, IOSH, 1977.
- 5.- Czernek Andrew: Target Health Hazard; Jof Safety and Health, U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, Washington, D.C. 20402. Vol. 1, No.2, January 1973.
- 6.- Robert H. Dreisbach; Manual de Envenenamientos prevención, diagnóstico y tratamiento; Ed. El Manual Moderno S.A., 4a. ed., 1981, pp. 229-233.
- 7.- Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales; Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, O.P.S. y O.M.S., Ed. Limusa, 1988.

8.- Fundamentos de Higiene Industrial; Ed. Consejo Interamericano de Seguridad, USA. 1977.

9.- NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd, Ed., V.1, P & CAM 109, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-A, 1977.

10.- Albert, Lilia; Toxicología Ambiental; 2a. ed., México, Ed. Limusa, 1988.

11.- A. Travesi; Análisis por Activación Neutrónica, teoría, práctica y aplicaciones; Ed. Publicaciones Científicas de la J.E.N., Madrid, España, 1975.

12.- J.M.A. Lenihan, S.J.Thomson; Activation Analysis Principles and Applications; Academic Press, London and New York, 1965.

13.- Landsberger S., Jervis P.E. and Monaro J.; Trace analysis of wet atmospheric deposition by nuclear methods, in trace analysis; Vol. 4, Academic Press, New York, pp 237-291, 1985.

14.- Hamilton E. P. and Chatt; A determination of trace elements in atmosphere deposition by instrumental neutron activation analysis; J. Radioanal, Chem. 71, 29-45, 1982.

15.- A. Ponce M.; El Reactor TRIGA Mark III del Centro Nuclear de México, Series de Divulgación ININ, México, 1980.

16.- Douglas A. Skoog, Donald M. West; Análisis Instrumental; Ed. Interamericana, México, 1971.

17.- Slavin W.; Atomic absorption spectroscopy; 2a. ed., New York. Interscience, 1978.

18.- Manual de Operación No. 6, Jefatura de Medicina del Trabajo, Depco. de Promoción para la Prevención de Riesgos de Trabajo. IMSS.

19.- Higiene industrial, medio ambiente laboral, determinación de silice (cuarzo, cristobalita y tridimita) el polvo transportado por el medio ambiente laboral; método de Difracción de Rayos X, Diario Oficial, del 27 de octubre de 1987.

20.- Herlinda Samayoa Sepúlveda; Determinación del contenido de Cu, Mg, Zn, Fe, Mn, Ni y Si en aleaciones de aluminio A3800, mediante espectrofotometría de absorción atómica para el establecimiento de control de materia prima; Tesis, U.A.E.M., 1985.

21.- S.H. Omag; Anal Chim. Acta 46, 225 (1996). Silicates: Si, Al, Fe, Ti, Na, Ca y Mg.

22.- Beauty B. R.; Atomic absorption spectroscopy; Perkin-Elmer, 1982.

23.- W.T. Elwell and J.A. Gidley; Atomic absorption spectrophotometry; Pergamon Press, 2nd. Ed., 1966.

24.- Mine Safety Appliances Company; hoja de datos 10-00-03 SP, para Sistemas de Respiradores Comfo II y Ultra-Twin.