

077918

~~045884~~

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

EJ:2

T FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

615.925633

F. 216i

1971

F. CO. 00

INVESTIGACION DE LA POLUCION DEL AIRE

DE LAS MINAS SAN CRISTOBAL

T E S I S

PRESENTADA POR

JUAN ANTONIO GARCIA MENDEZ

PREVIA A LA OPCION DEL TITULO DE

LICENCIADO

EN

QUIMICA FARMACEUTICA

AGOSTO DE 1971





U N I V E R S I D A D D E E L S A L V A D O R

RECTOR

Dr. Rafael Menjivar.

SECRETARIO GENERAL

Dr. Miguel Angel Sáenz Varela.

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

DECANO

Dr. Raúl Arévalo Alvarez.

SECRETARIO

Dra. Amelia R. de Cortés.

ASESOR DE TESIS

Doctor José Mauricio Alvarez C.

JURADO CALIFICADOR DE TESIS

Doctor José Mauricio Alvarez C.,

Doctora Amelia R. de Cortez.,

Doctor Jorge Rosendo Molina.

Con amor y reconocimiento imperecederos a mis padres:

Licenciado Miguel García Martínez.

Profesora Graciela Méndez de García.

Con amor y lealtad, a mi muy estimada esposa:

Amelia del Socorro Brizuela de García,

y a mi pequeña y querida hijita:

Claudia María García Brizuela.

Con amor y estimación fraternales, a mis hermanos:

Ingeniero José Higuél García Méndez,

Doctor Juan Francisco García Méndez,

Doctor Tito Nicolás García Martínez Méndez,

lo mismo que a sus estimadas esposas y queridos hijos.

Como un homenaje póstumo de amor y veneración, a la memoria de mi nunca olvidado hermano

Carlos Rigoberto García Méndez, (Q.E.G.E.).

*A la Universidad de El Salvador y a la Facultad
de Ciencias Químicas de la misma.*

*Con gratitud y aprecio, a todos mis Profesores, que,
con la devoción del maestro, me transmitieron los --
conocimientos que ahora justamente merece la causa
de mi éxito.*

Con aprecio y especial estima:

*a mis familiares muy queridos,
a mis compañeros de estudio y
a mis amigos en general.*

Agradezco la colaboración recibida, para la realización de mi tesis, a las Instituciones y personas siguientes:

INSTITUCIONES:

*Facultad de Ciencias Químicas.
Minas "San Cristobal" El Divisadero.
Facultad de Medicina.
Instituto Salvadoreño del Seguro Social.
I. S. S. S.*

PERSONAS:

*Doctor José Mauricio Alvarez C.
Ingeniero Alirio Bernal.
Doctora Gloria Eugenia Torres.
Doctor Carlos Alberto Pettigiani.
Doctor Roberto Suprissa Villalta.
Doctor Roberto López Salazar.
Ingeniero Carlos Flores Hidalgo.
Señor Michael F. Airy.
Señor Phillip F. Merriss.
Señor Julio César Saravia.
Señorita María Elena Gómez.
Señora Liliam de Turcios.
Señor Carlos Alberto Serrano.
Señor Alberto Hernández.
Señora Marta L. de Sorto.*

I N D I C E

	Pag.
I <i>INTRODUCCION</i>	1
II <i>SILICOSIS, GENERALIDADES</i>	2
III <i>METODO EMPLEADO PARA MUESTREO DE AIRE</i>	10
IV <i>RESULTADOS OBTENIDOS</i>	18
V <i>METODO QUIMICO EMPLEADO</i>	28
VI <i>RESULTADOS OBTENIDOS</i>	32
VII <i>RESUMEN DE RESULTADOS EXPERIMENTALES</i>	41
VIII <i>CONCLUSIONES</i>	44
IX <i>RECOMENDACIONES</i>	46
X <i>BIBLIOGRAFIA</i>	47

I N T R O D U C C I O N

En el desarrollo de este trabajo el objetivo primordial es una investigación de la polulación del aire de la atmósfera confinada de una mina, por medio de muestreo de aire, recuento de partículas de polvo y análisis químico para la determinación de Sílice libre (SiO_2) y poder así dterminar si la exposición de los trabajadores a este tipo de atmósferas es perjudicial o no.

La exposición prolongada de un trabajador a una atmósfera de polvo rico en Sílice (SiO_2) conduce a una alteración del tejido pulmonar que se conoce como Neumoconiosis y que constituye una enfermedad de tipo profesional llamada Silicosis.

Cuando se efectúa una investigación de este tipo es preciso conocer el tamaño de partículas que causan esta alteración, el comportamiento dentro del sistema respiratorio así como las causas que obligan a que dichas partículas sedimenten.

Una vez conocido ésto y habiendo obtenido los resultados de los muestreos y análisis químicos para determinar la composición del polvo, se auna al diagnóstico médico para determinar si las concentraciones a que están expuestos los trabajadores de las Minas de San Cristobal El Divisadero, son capaces de producirles una Silicosis y las recomendaciones para poder prevenir con conocimiento de éstos valores el riesgo profesional.

La Silicosis es una enfermedad profesional propia de los trabajadores de las minas, pedreras, operaciones de limpieza por medio de chorro de arena, fabricación de vidrio, ladrillo cerámica, polvo de cereales, etc., y se caracteriza por una fibrosis del tejido pulmonar a causa de la exposición prolongada a una atmósfera cargada de (SiO₂) Sílice libre, es decir una atmósfera polucionada.

Síntomas y Tratamiento, (1).

En la fase preclínica ningún trastorno patológico. Uno de los síntomas más comunes es la falta de aliento y cansancio.

La fase clínica se caracteriza por la sensación de ahogo, disnea de esfuerzo.

La insuficiencia Respiratoria es la mayor manifestación de la Silicosis.

La Silicosis es a menudo dividida en tres etapas:

- 1- Cuando comienza a desarrollarse los rayos X muestran pequeños cambios en el tejido pulmonar.*
- 2- La formación de nódulos es plenamente evidente en el examen de rayos X.*
- 3- Una marcada infiltración pulmonar se nota con los rayos X.*

No existe tratamiento específico pero se ha encontrado que la inhalación de aluminio metálico proporciona alivio a los síntomas.

Polución del Aire.

Toda alteración o contaminación de la composición original del aire.

Causa de la Polución.

El polulante de la atmósfera de una mina es el polvo de Sílice, el cual es Dióxido de Silicio (SiO_2), se le denomina Sílice libre y tiene la propiedad de ser Citotóxico y Fibrogénico.

Se le conoce también como cuarzo que es una de las formas de Sílice libre más comunes, ya que se considera que constituye el 12 por ciento de la corteza de la tierra.

En todo trabajo de investigación de estos problemas de polución de aire, es necesario determinar las siguientes propiedades de un polvo, las cuales ponen de manifiesto su capacidad para producir una enfermedad ocupacional caracterizada por una dolencia pulmonar.

Estas propiedades son: (2).

- 1- Composición Química y Mineralógica del polvo.
- 2- Tamaño de las partículas.
- 3- Concentración en el aire.
- 4- Duración de la exposición.

Composición del polvo.

La composición del polvo es determinante para la producción de una fibrosis del tejido pulmonar.

Estas fibrosis del tejido pulmonar reciben un nombre general de Neumoconiosis y un nombre específico que depende de la composición del polvo que se haya retenido en el pulmón.

En este sentido la forma productora de Silicosis es el Dióxido de Silicio (SiO_2), Sílice libre o Cuarzo.

Los Silicatos no producen Silicosis, sino que Asbestosis cuando se presenta en forma de fibras y Talcosis cuando se presenta en forma de láminas.

Tamaño de la Partícula.

Se considera que el tamaño de la partícula capaz de producir fibrosis en el tejido pulmonar es de 0.5 u a 10 u. Pero más también son las partículas menores de 10 u, especialmente de 0.5 u a 5 u, ya que las menores de 0.5 u tienden a seguir el movimiento browniano del aire y si sedimentan son eliminadas fácilmente, en cambio las mayores de 10 u, sedimentan fácilmente y no ocasionan daño, puesto que son eliminadas a nivel de las fosas nasales y otras en el tracto respiratorio.

El organismo tiene su defensa natural en el mismo sistema Respiratorio, puesto que posee la membrana mucosa que se encarga de secretar el moco, (mucina) posee así mismo estructuras que se encargan de favorecer la sedimentación de partículas por cambios bruscos de dirección y de velocidad.

Pero esta defensa es insuficiente para partículas de menos de 10 u, las cuales no sedimentan y pasan a depositarse en el tejido de los espacios aéreos pulmonares, comenzando a ejercer su acción Citotóxica y Fibrogénica, debido a la acumulación por causa de una exposición prolongada del trabajador.

La División de Seguridad Ocupacional de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos, propone definiciones para polvos respirables por valores establecidos así:

<i>Diámetro u</i>	<i>% de Penetración.</i>
10	0
5	25
$3\frac{1}{2}$	50
$2\frac{1}{2}$	75
2	100 (3)

Concentración en el aire.

Es necesario determinar la concentración de polvo de Sílice a la que se encuentran expuestos los trabajadores, para ello es necesario efectuar un minucioso y completo muestreo de aire para poder así mismo establecer experimentalmente la concentración de partículas de Sílice libre (SiO_2), que cumplen la característica de poseer un tamaño menor de 10 u.

Tiempo de exposición.

El tiempo que el trabajador permanece expuesto a la atmósfera polucionada, es quizá el aspecto más importante que hay que considerar, puesto que puede existir niveles altos de contenido de Sílice libre (SiO_2) y no existir Silicosis porque la exposición del trabajador es muy poca, y si existir Silicosis por una exposición pro

longada aún con niveles bajos.

Las neumoconiosis son procesos lentos pero incontenibles.

Aerosoles.

La dispersión en un gas (generalmente aire) de partículas sólidas y líquidas de tamaño pequeño, constituyen un aerosol.

Estos por su pequeña masa y por la resistencia que les opone el gas a su caída, pueden permanecer en suspensión por un tiempo prolongado.

Riesgos Químicos.

Están constituidos por los aerosoles y los gases, al penetrar al Sistema Respiratorio.

Estas partículas sólidas que constituyen los aerosoles, son removidas de ellos al penetrar al Sistema Respiratorio por tres mecanismos diferentes:

- 1- Precipitación Inercial.*
- 2- Sedimentación Gravitacional.*
- 3- Fenómenos de Difusión.*

La precipitación inercial es aquella que ocurre cuando el flujo de aire posee una velocidad alta y se ve favorecida por un cambio brusco de dirección, lo que obliga a que choque el flujo de aire a una velocidad alta permitiendo así se depositen más fácilmente las partículas.

La sedimentación gravitacional ocurre cuando la velocidad del flujo de aire es baja, es decir, se ve favorecida por un aire quieto.

La difusión se ve favorecida por una vibración incesante de las moléculas del aire (movimiento browniano), que ocasiona un bombardeo a las partículas microscópicas que se encuentran suspendidas en el aire.

Material es y Aparatos Empleados.

Crisol de porcelana.

Crisol de Platino.

Beakers.

Erlenmeyers.

Phillips Beakers.

Hot-Plate.

Pinzas.

Embudos.

Papel Filtro Watman No. 40 y No. 42.

Desecador.

Espátula.

Mechero Fisher.

Midget Impinger.

Microscopio.

Láminas (Celdas Dunn para recuento de partícula).

Frascos Impinger.

Contómetro de mano.

Alcohol.

Acido Fluorhídrico 48%

Acido Sulfúrico 1 a 1.

Acido Bórico.

Bisulfato de Potasio.

Acido Clorhídrico 1 a 9.

Anaranjado de metilo.

Acido Fosfórico.

Balanza Analítica.

Horno.

Acido Fluorobórico.

Pulpa de papel filtro.

1 Probeta de 10 ml.

1 Probeta de 100 ml. (Plástico).

1 Pipeta de 25 ml.

Pulpa de Papel Filtro.

Para prepararla se utiliza 12 papeles filtro de 11 cm. de diámetro Watman No. 40, los cuales se colocan en dos litros de agua destilada. Cada vez que se utiliza se agita para homogenizarla.

METODO EMPLEADO PARA MUESTREO DE AIRE

1) Muestreo de aire haciendo uso del Midget Impinger y Recuento de Partículas por medio del Microscopio y Celdas Dunn.

Para ello se utiliza el aparato denominado Midget Impinger, el cual por medio de una bomba de cuatro ciclos (tiempo) hace el vacío en un frasco Impinger el que contiene un líquido tal como agua, alcohol etílico, alcohol Isopropílico, o una mezcla de alcohol y agua.

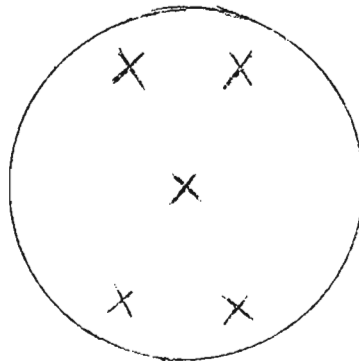
La bomba es conectada por un tubo de hule de $\frac{7}{8}$ de pulgada, el tubo se introduce en la parte superior del tubo del frasco Impinger.

Esta bomba está calibrada a muestrear 0.1 pie cúbico por minuto.

Este 0.1 pie cúbico equivale a 2.83 litros.

El Midget Impinger posee un regulador de vacío para poder mantener una regulación en el flujo de aire, que penetra al frasco Impinger.

El vacío provocado en el frasco Impinger obliga a penetrar aire al frasco a una velocidad alta, de modo que la partícula de polvo se moje y quede suspendida en el líquido, luego con una pipeta o sirviendo el mismo tubito de pipeta, se coloca parte de la muestra en dos celdas de Dunn, verificandose a continuación el recuento de las partículas de polvo en la forma siguiente: en cada celda se efectúan lecturas en 5 campos distantes elegidos al azar tal como:



Recuento de Polvo.

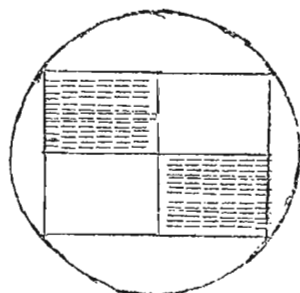
Antes de efectuarlo hay que tener en cuenta lo siguiente:

1- El recuento debe hacerse, en lo posible dentro de las 24 horas siguientes a la toma de la muestra.

2- El Microscopio debe de tener un objetivo de 16 mm. 0. y el ocular modificado de Whipple. M.S.A.

3- Debe de asegurarse de que el tubo del Microscopio está graduado para que el cuadrado del disco ocular mida exactamente 1 mm.^2 . Así cada campo equivale a 0.5 mm.^2 , y a 0.5 mm.^3 del líquido, lográndose así que el cálculo sea más sencillo. Hay que asegurarse durante el recuento que la longitud del tubo del microscopio no ha variado. Si el Microscopio no puede graduarse, se mide la superficie del campo mediante un micrómetro de platina y se incluye este valor en la fórmula.

4- Se entiende por campo, la superficie observada bajo dos cuartos del cuadrado del disco ocular. La suma de estos dos cuartos del cuadrado (sombreado del dibujo),



medida en mm^2 , corresponde al valor S , que se considera en el denominador de la fórmula de recuento. Si la profundidad de la celda es de 1 mm. , que es el caso de las celdas MSA tipo Dunn, este mismo valor en mm^3 , corresponde al volumen de líquido cuyas partículas se cuentan por cada campo.

5- Se preparan dos celdas Dunn por cada muestra, más una para el testigo (blanco) y se limpian cuidadosamente. Se considera que la celda está bien limpia, si al mirarla al microscopio, llena con ---

agua, no hay más de unas 5 partículas por cada campo. Esto depende del cuidado con que se limpien las celdas, así como la clase de agua que se utilice.

6- Se llena la celda testigo (blanco) con el mismo líquido con que se llenaron los frascos impingers, que debe ser también el líquido usado en las diluciones.

7- Se observa la muestra agitando y se hace una estimación aproximada de la dilución que pueda ser necesario efectuar.

8- Cuando es necesaria una dilución, se diluye hasta no más de 30 ml., en el frasco Impinger. Si se necesita mayor dilución, se toma parte de la muestra y se diluye en un matraz aforado. Se calcula el volumen total de la dilución por medio de la fórmula siguiente:

$$V = \frac{V_i \times V_f}{m}$$

donde: V = Volumen total en ml. m = Cantidad sacada del tubo en ml.

V_i = Volumen inicial en el tubo en ml.

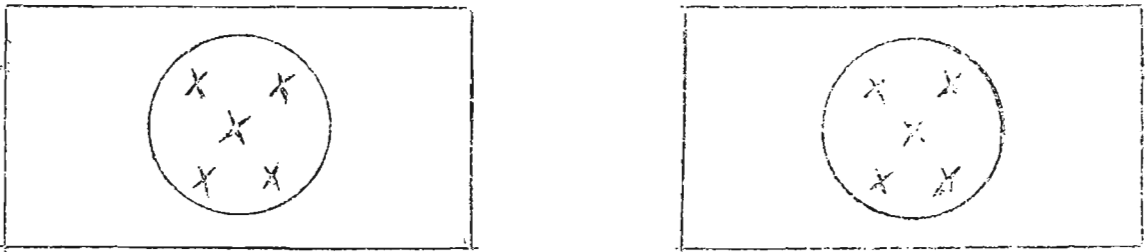
V_f = Volumen a que se diluyó la cantidad m en ml.

9- Se llenan dos celdas por cada muestra con un intervalo de 10 minutos entre una y otra.

10- Se deja en reposo cada celda durante 20 minutos, luego

se enfoca sirviendo de guía, una marca que poseen las celdas en el fondo de la depresión. Se cuentan rápidamente subiendo y bajando lentamente el objetivo del microscopio para poder contar todas las partículas.

11- En cada celda deben contarse 5 campos elegidos al azar y sin mirar por el ocular del microscopio, mientras se está moviendo la celda y distribuidos en forma tal que comprendan diversos puntos de ella. No deben elegirse campos muy cerca de las orillas.



12- La diferencia entre los recuentos totales de ambas celdas no debe de pasar de 10% y la diferencia entre campos no debe ser muy alta, aún cuando en este caso no es posible dar cifras, ya que es posible encontrar diferencias grandes entre distintos campos de la misma celda.

13- Si la diferencia entre celdas es superior al 10% debe prepararse una tercera y tomar el promedio de las tres.

Para los cálculos se utiliza las siguientes fórmulas:

$$\text{Número de Partículas} = \frac{A + B - 2T}{10}$$

$$\text{Concentración de polvo} = \frac{N \times 1000 \times V}{S \times 2.83 \times t} = \text{partículas por litro.}$$

Ejemplo:

<u>Celda A</u>	<u>Celda B</u>	<u>A + B</u>	<u>Testigo</u>	<u>2</u>	<u>T</u>
20	17				
24	19	109			
20	21	<u>110</u>	22	44	
27	24	219			
<u>18</u>	<u>29</u>				
109	110				

$$\text{Aplicando: } \frac{A + B - 2T}{10} = \frac{219 - 44}{10} = 17.5 \text{ partículas} = N$$

Conociendo los valores de: $V = 10 \text{ ml.}$, de alcohol utilizados en el frasco impinger para muestreo.

$$S = 0.5 \text{ mm.}$$

$$2.83 \text{ lt} = 0.1 \text{ pié cúbico.}$$

$$t = 2 \text{ minutos.}$$

$$N = 17.5 \text{ partículas.}$$

Se aplica la fórmula de concentración de polvo, resultando:

$$\frac{17.5 \times 1000 \times 10}{0.5 \times 2.83 \times 2} = 61.837 \text{ p.p.l.}$$

Según las normas establecidas en Higiene Industrial, se elabora una ficha tal como la que aparece a continuación:

HIGIENE INDUSTRIAL

RECUENTO DE POLVO

HUESTRA: _____

ESTABLECIMIENTO: _____ FICHA _____

TOMADA EN: _____

OPERADOR _____ TIEMPO DE MUESTREO _____ FECHA _____ HORA _____

RECUENTO:

VOLUMEN TOTAL: _____ ml

Cálculo del volumen total cuando se ha diluido fuera del tubo del impinger.

$$V = \frac{V_i \times V_f}{m} = \text{ml.}$$

V = Volumen total en ml.

V_i = Volumen inicial en el tubo en ml.

m = Cantidad sacada del tubo en ml.

V_f = Volumen a que se diluyó la cantidad m en ml.

CAMPO	TESTIGO	CELDA A	CELDA B
1			
2			
3			
4			
5			
Suma 5 Campos			
A+B			
2 T			
A+B-2T			

$$\frac{A+B - 2 T}{10} = N \text{ ---- partículas.}$$

A= Suma de los recuentos de los 5 campos de la celda A

B= Suma de los recuentos de los 5 campos de la celda B

T= Suma de los recuentos de los 5 campos de la celda testigo (blanco.)

N= Recuento promedio neto por cada campo.

CALCULO: Concentración de polvo. = $\frac{N \times 1000 \times V}{s \times 2.83 \times t} = \text{---} = \text{ppl.}$

N = Recuento promedio neto por cada campo.

V = Volumen total en ml.

S = Superficie de cada campo, en mm² (Numericamente igual, cuando se usa una celda de 1mm de profundidad, al volumen de líquido en cada campo en mm.)

t = Tiempo de muestreo en minutos.

Contado por _____ Hora _____ Fecha _____

Firma: _____

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREO DE AIRE : Aparato Midget Impinger
 RECUENTO DE PARTICULAS : Microscopio y Celdas Dunn.
 LUGAR DE MUESTREO : Crucero (800 N° 1 pendiente)
 TIEMPO DE MUESTREO : Dcs minutos
 ACTIVIDAD : Recolección Mineral (Broza)

Nº de Muestra	Celda A	Celda B	A+B	T	2 T	Número de partículas. Recuento Promedio Neto.	Concentración de polvo en p.p.l
						$\frac{A + B - 2T}{10}$	
1	129	130	259	22	44	21.5	75.971
2	109	110	219	22	44	17.5	61.837
3	112	110	222	22	44	17.8	62.897
4	96	98	194	22	44	15.0	53.003
5	106	108	214	22	44	17.0	60.070

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREO DE AIRE : Aparato Midget Impinger
 RECUBIERTO DE PARTICULAS : Microscopio y Celdas Dunn.
 LUGAR DE MUESTREO : Crucero B Norte 900
 TIEMPO DE MUESTREO : Un Minuto
 ACTIVIDAD : Barrenado

Nº de Muestra	{ Celda A	{ Celda B	A+B	T	2 T	Nº de partículas. Recuento Promedio Neto. $\frac{A + B - 2T}{10}$	Concentración de polvo en p.p.l. $\frac{N \times 1000 \times V}{S \times 2.83 \text{ t}}$
1	216	214	430	22	44	38.6	275.714
2	200	204	404	22	44	36.0	257.142
3	172	170	342	22	44	29.8	212.857
4	202	206	408	22	44	36.4	260.000
5	208	212	420	22	44	37.6	268.571

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREO DE AIRE : Aparato Midget Impinger
 RECuento DE PARTICULAS : Microscopio y Celdas Dunn.
 LUGAR DE MUESTREO : Nivel 900
 TIEMPO DE MUESTREO : Dos minutos
 ACTIVIDAD : Sin trabajo

Nº de Muestra	Celda A	Celda B	A+B	T	2 T	Número de partículas recuento promedio Neto. $\frac{A + B - 2T}{10}$	Concentración de polvo en p.p.1 $\frac{N \times 1000 \times V}{5 \times 2.83 \text{ t}}$
1	83	88	171	22	44	12.7	44.876
2	96	98	194	22	44	15.0	53.003
3	90	88	178	22	44	13.4	47.349
4	86	84	170	22	44	12.6	44.501
5	82	88	170	22	44	12.6	44.501

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREO DE AIRE : Aparato Midget Impinger
 RECUECTO DE PARTICULAS : Microscopio y Celdas Dunn
 LUGAR DE MUESTREO : Crucero N° 3 Norte 900
 TIEMPO DE MUESTREO : Un minuto
 ACTIVIDAD : Carrero, llenado y Transporte Carro con Brzza.

Nº de Muestra	Σ Celda A	Σ Celda B	A+B	T	2 T	Número de partículas Recuento promedio Metc.	Concentración de polvo en p.p.l.
						$\frac{A + B - 2T}{10}$	$\frac{N \times 1000 \times V}{5 \times 2,83 \text{ t}}$
1	163	160	323	22	44	27,9	199,000
2	171	174	345	22	44	30,1	215,000
3	180	172	352	22	44	30,8	220,000
4	176	178	354	22	44	31,0	221,428
5	162	164	326	22	44	28,2	201,427

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREO DE AIRE : Aparato Midget Impinger
 RECuento DE PARTICULAS : Microscopio y Celdas Dunn.
 LUGAR DE MUESTREO : Chimenea N° 1 Norte 900
 TIEMPO DE MUESTREO : Dos minutos
 ACTIVIDAD : Sin trabajo

N° de Muestra	Celda A	Celda B	A+B	T	2 T	Número de partículas Recuento Promedio Neto.	Concentración de polvo en p.p.l.
						$\frac{A + B - 2T}{10}$	$\frac{N \times 1000 \times V}{S \times 2.83 \times t}$
1	96	94	190	22	44	14.6	51.590
2	112	110	222	22	44	17.8	62.897
3	106	108	214	22	44	17.0	60.070
4	98	100	198	22	44	15.4	54.416
2	104	102	206	22	44	15.8	55.901

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREC DE AIRE : Aparato Midget Impinger
 RECUEMTO DE PARTICULAS : Microscopio y Celdas Dunn
 LUGAR DE MUESTREC : Crucero N° 3, Norte 900
 TIEMPO DE MUESTREC : Un minuto
 ACTIVIDAD : Barrenado y Tiro

Nº de Muestra	Celda A	Celda B	A+B	T	2 T	Número de partículas Recuento Promedio Neto.	Concentración de polvo en p.p.l.
1	160	159	319	22	44	$\frac{A + B - 2T}{10}$ 27.5	$\frac{N \times 1000 \times V}{S \times 2.83 \times t}$ 196.428
2	180	182	362	22	44	31.8	227.142
3	188	190	378	22	44	32.2	230.000
4	178	180	358	22	44	31.4	224.285
5	184	188	372	22	44	32.8	234.285

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREO DE AIRE : APARATO Midget Impinger
 RECuento DE PARTICULAS : Microscopio y Celdas Durrn
 LUGAR DE MUESTREO : Trituradora 1 (Exterior)
 TIEMPO DE MUESTREO : Un minuto
 ACTIVIDAD : Trituración, Brnza de mayor tamaño

Nº de Muestra	Σ Celda A	Σ Celda B	A+B	T	2 T	Número de partículas Recuento Promedio Neto, $\frac{A + B - 2T}{10}$	Concentración de polvo en p.p.l., $\frac{N \times 1000 \times V}{S \times 2,83 \times t}$
1	204	206	410	22	44	36,6	261,428
2	202	202	404	22	44	36,0	257,147
3	200	206	406	22	44	36,2	258,571
4	202	206	408	22	44	36,4	260,000
5	190	202	400	22	44	35,6	254,285

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREO DE AIRE : Aparato Midget Impinger
 RECUENTO DE PARTICULAS : Microscopio y Celdas Dunn
 LUGAR DE MUESTREO : Trituradora 2 (Exterior)
 TIEMPO DE MUESTREO : Un minuto
 ACTIVIDAD : Trituración Groza de Trit 1 a Partículas menores.

Nº de Muestra	Σ Celda A	Σ Celda B	A+B	T	2 T	Número de partículas Recuento Promedio Neto. $\frac{A + B - 2T}{10}$	Concentración de polvo en p.p.l. $\frac{N \times 1000 \times V}{S \times 2.83 \text{ t}}$
1	202	212	414	22	44	37.0	264.285
2	216	218	434	22	44	39.0	278.571
3	210	208	418	22	44	37.4	267.142
4	212	214	426	22	44	38.2	272.857
5	206	210	416	22	44	37.2	265.714

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREC DE AIRE : Aparato Midget Impinger
 RECUEMTO DE PARTICULAS : Microscopio y Celdas Dunn
 LUGAR DE MUESTREC : Castillo Santa Francisca
 TIEMPO DE MUESTREC : Dos minutos
 ACTIVIDAD : Colerco y Parrillero

Muestra Nº de	Σ Celda A	Σ Celda B	A+B	T	2 T	Número de partículas Recuento premedic Neto.	Concentración de polv. en p.p.l.
1	80	82	162	22	44	11.8	41.696
2	126	128	254	22	44	21.0	74.204
3	80	84	164	22	44	12.0	42.402
4	74	76	150	22	44	10.6	37.455
5	78	80	158	22	44	11.4	40.282

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTREO DE AIRE : Aparato Midget Impinger
 RECuento DE PARTÍCULAS : Microscopio y Celdas Dunn
 LUGAR DE MUESTREO : Trituradora (Ensayos Laboratoric)
 TIEMPO DE MUESTREO : Un minuto
 ACTIVIDAD : Trituración, Reducción a polvo fino.

Nº de Muestra	Σ Celda A	Σ Celda B	A+B	T	2 T	Número de partículas Recuento Promedio Neto.	Concentración de
							polvo en p.p.l.
							$\frac{N \times 1000 \times V}{S \times 2.83 \times t}$
1	182	176	358	22	44	31.4	224.285
2	184	172	356	22	44	30.2	215.714
3	209	206	415	22	44	37.1	265.000
4	180	184	364	22	44	32.0	228.571
5	190	192	382	22	44	33.8	241.428

2) Método Químico de N.A. Talvitie, Para determinar Sílice Libre -----
(SiO₂) Haciendo uso del Acido Fosfórico. (4)

Se pulveriza el material para que pase a través del tamiz malla 200, se mezcla cuidadosamente y se pesa 0.5 gramos o más en vidrio de reloj, se transfiere a crisoles de porcelana, usando un cepillo de pelo de camello.

Se incineran las muestras a 700°C., por medio de un mechero Fisher.

Se dejan enfriar y se transfieren a un Phillips Beaker.

Se agrega 25 ml., de ácido Ortofosfórico al 85% y se cubre el beaker con un embudo al que se le ha doblado el cuello, para que el líquido condensado se deslice por las paredes del beaker y no salpique.

Se coloca el beaker directamente en el calentador de precisión, que se ha puesto a precalentar por espacio de 45 minutos y se comienza a tomar el tiempo con un reloj.

Cuando hierve se comienza agitando el beaker por espacio de 3 segundos a un minuto, a fin de minimizar el sobrecalentamiento y mantener la muestra distribuida por todo el ácido.

Este calentamiento se mantiene por 12 minutos, tiempo necesario para que se disuelvan los silicatos.

Al final de los 12 minutos, se remueve el beaker del calentador y se agita por un minuto para disolver cualquier sílice gelatinoso, que pueda haber sido depositado en las paredes del beaker.

Se coloca el beaker en una superficie fría e inmediatamente, pero con cuidado se remueve el embudo de modo que el líquido adherido rueda hacia abajo por las paredes del beaker.

Se deja enfriar a temperatura del cuarto y entonces se lava las paredes del beaker rápidamente con 125 ml., de agua caliente ($60^{\circ}\text{C.} - 70^{\circ}\text{C.}$), y se agita vigorosamente hasta que el ácido fosfórico de consistencia semejante a un jarabe (siruposo), se disuelve completamente.

Se lava la parte inferior y superior del beaker con 10 ml. de ácido fluorobórico y se agita para mezclarlo.

Luego se filtra a través de un papel filtro (Watman 42) al que ha sido agregado una pequeña cantidad de pulpa de papel.

Se transfiere el residuo cuantitativamente al filtro con agua y se lava cuidadosamente con ácido clorhídrico 1 a 9 seguido de lavados con agua, hasta reacción neutra.

Se incinera el papel filtro en un crisol de platino, el cual ha sido previamente pesado (tarado); primeramente a calor bajo para carbonizar el papel y finalmente cerca de 950°C. , por unos minutos.

Se enfría el crisol en un desecador y se pesa.

Se humedece el residuo con ácido sulfúrico 1 a 1, y se --
agrega 5 ml., o más de ácido fluorhídrico al 48%.

Se calienta suficientemente hasta que el cuarzo aparece --
completamente disuelto, entonces se incrementa el calentamiento para
volatilizar los ácidos.

Se coloca en el horno a 950°C. , por unos pocos minutos.

Se enfría en un desecador y se pesa.

Una vez realizados los análisis químicos, se procede a --
los cálculos en la forma siguiente: (5)

Peso de la muestra 0.5903 gr.

(A)

Peso del crisol de Platino y residuo con H_3PO_4 12.800 gr.

Peso del crisol de Platino 12.5218 gr.

Peso del residuo con H_3PO_4 0.2782 gr.

(B)

Peso del crisol de Platino y el residuo de HF 12.5978 gr.

Peso del crisol de Platino 12.5218 gr.

Peso del residuo de HF 0.0760 gr.

(C)

Calculos:

$$\frac{B \times 100}{A} \% \text{ H}_3\text{PO}_4 \text{ residuo (D)} \quad \frac{0.2782 \times 100}{0.5903} \quad 47.12 \% \text{ residuo insoluble en H}_3\text{PO}_4$$

$$\frac{C \times 100}{A} \% \text{ residuo de HF (E)} \quad \frac{0.0760 \times 100}{0.5903} \quad 12.89 \% \text{ residuo con HF.}$$

$$D - E \% \text{ de Cuarzo.} \quad 47.12 - 12.89 \quad 34.21 \% \text{ Sílice libre reportado.}$$

Una vez efectuados los cálculos, se tabulan en la forma -
siguiente:

DETERMINACION DE SILICE LIBRE (SiO₂)

LUGAR DE RECOLECCION : Crucero 800 No. 1 Fuente
 TAMIZ MALLA 200 - 200 TIPO DE LA MUESTRA: Roca.

Peso de Muestra	Descripción de la Muestra	Residuo Incluido en H3P04	Residuo después tratamiento con HF.	% residuo H3P04 % residuo HF % SiO ₂	% Silice libre reportado.
0.5903 gr.	Polvo gris	0.2782 47.12 %	0.0760 12.89 %	47.12 % 12.89 % 34.21 %	34.21 %
0.5400 gr.	Polvo gris	0.2500 46.29 %	0.0500 9.25 %	46.29 % 9.25 % 37.04 %	37.04 %
0.5200 gr.	Polvo gris	0.2300 44.23 %	0.0450 8.64 %	44.23 % 8.64 % 35.59 %	35.59 %
0.5600 gr.	Polvo gris	0.2600 46.42 %	0.0600 10.82 %	46.42 % 10.82 % 35.60 %	35.60 %
0.5260	Polvo gris	0.2330 45.24 %	0.0500 9.50 %	45.24 % 9.50 % 35.74 %	35.74 %

DETERMINACION DE SILICE LIBRE (SiO2)

LUGAR DE RECOLECCION : Cruceiro 800 Nº 1 Poniente
 TAMIZ MALLA 20J - 200 Tipo de la muestra : Polvo sedimentado

Pesc de Muestra	Descripción de la Muestra	Residuo Insoluble en H3PO4	Residuo después tratamiento con HF	% residuo H3PO4 % residuo HF % de SiO2	% silice libre reportado.
0.5023 gr.	Polvo gris	0.1771 35.09 %	0.0560 10.98 %	35.00 % 11.14 % 23.86 %	23.86 %
0.5100 gr.	Polvo gris	0.1790 35.09 %	0.0560 10.98 %	35.09 % 10.98 % 24.11 %	24.11 %
0.5150 gr.	Polvo gris	0.1800 33. %	0.0400 7.76 %	33.00 % 7.76 % 25.24 %	25.24 %
0.5080 gr.	Polvo gris	0.1785 35.15 %	0.0550 10.82 %	35.15 % 10.82 % 24.32 %	24.32 %
0.5120 gr.	Polvo gris	0.1900 35.15 %	0.0600 11.71 %	35.15 % 11.71 % 23.44 %	23.44 %

DETERMINACION DE SILICE LIBRE (SiO₂)

LUGAR DE RECOLECCION : Crucero N° 3 Norte 900
 TAMIZ MALLA: 200 - 200 Tipo de la Muestra : Roca

Pesc de Muestra	Rescripci3n de la Muestra.	Residuo Insoluble en H3PO4.	Residuo despu3s tratamiento con HF	% residuo H3PO4 % residuo HF % SiO2	% Silice Libre Reportado
0,5135 gr.	Polvo gris	0,3356 65,35 %	C, C780 15,18 %	65,35 % 15,18 % 50,17 %	50,17 %
0,5200 gr.	Polvo gris	0,3390 65,19 %	0,0790 15,19 %	65,19 % 15,19 % 50,00 %	50,00 %
0,5160 gr.	Polvo gris	0,3370 65,31 %	0,0785 15,21 %	65,31 % 15,21 % 50,10 %	50,10 %
0,5050 gr.	Polvo gris	0,3250 64,35 %	0,0600 15,84 %	64,35 % 15,84 % 48,51 %	48,51 %
0,5200 gr.	Polvo gris	0,3380 66,92 %	0,0880 16,92 %	66,92 % 16,92 % 50,00 %	50,00 %

DETERMINACION DE SILICE LIBRE (SI02)

LUGAR DE RECOLECCION : Crucec No 3 No. 3 Norte 900

TAMIZ MALLA 200 - 200 Tipo de la Muestra : Polvo sedimentado

Peso de Muestra	Descripción de la Muestra	Residuo Insoluble en H3PO4	Residuo después tratamiento con HF	% residuo H3PO4 % residuo HF % SiO2	% Silice Libre Reportado
0.5060 gr.	Polvo gris	0.1800 37.54 %	0.0300 5.92 %	37.54 % <u>5.92 %</u> 31.62 %	31.62 %
0.5100 gr.	Polvo gris	0.1900 37.25 %	0.0200 3.92 %	37.25 % <u>3.92 %</u> 33.33 %	33.33 %
0.5095 gr.	Polvo gris	0.1870 36.66 %	0.0180 3.55 %	36.66 % <u>3.55 %</u> 33.11 %	33.11 %
0.5180 gr.	Polvo gris	0.1960 37.83 %	0.0250 4.82 %	37.83 % <u>4.82 %</u> 33.01 %	33.01 %
0.5120 gr.	Polvo gris	0.1940 37.89 %	0.0190 3.71 %	37.89 % <u>3.71 %</u> 34.18 %	34.18 %

DETERMINACION DE SILICE LIBRE (SiO₂)

LUGAR DE RECOLECCION : Crucero Norte B 900
 TAMIZ MALLA 200 - 200 Tipo de la muestra : Rocca

Peso de Muestra	Descripción de la Muestra	Residuo Insoluble en H3PO4	Residuo después tratamiento con HF	% residuo H3PO4 % residuo HF % SiO ₂	% Silice Libre Reportado
0.5286 gr.	Polvo gris	0.3175 60.06 %	0.0500 9.45 %	60.06 % 9.45 % 50.61 %	50.61 %
0.5300 gr.	Polvo gris	0.3200 60.37 %	0.0600 11.32 %	60.37 % 11.32 % 49.05 %	49.05 %
0.5100 gr.	Polvo gris	0.3000 58.62 %	0.0550 10.78 %	58.62 % 10.78 % 47.84 %	47.84 %
0.5200 gr.	Polvo gris	0.3050 52.65 %	0.0580 11.15 %	52.65 % 11.15 % 47.50 %	47.50 %
0.5150 gr.	Polvo gris	0.3100 60.19 %	0.0530 10.29 %	60.19 % 10.29 % 49.90 %	49.90 %

DETERMINACION DE SILICE LIBRE (SiO₂)

LUGAR DE RECOLECCION : Crucero Norte 6 900

TAMIZ MALLA 200 - 200 Tipo de la muestra : Polvo Sedimentado

Peso de Muestra	Descripción de la Muestra	Residuo Insoluble en H3PO4	Residuo después tratamiento con HF	% residuo H3PO4 % residuo HF % SiO ₂	% Silice Libre Reportado
0.5050 gr.	Polvo gris	0.1960 38.81 %	0.0260 5.14 %	38.81 % 5.14 % 33.67 %	33.67 %
0.5175 gr.	Polvo gris	0.1840 35.55 %	0.0130 2.51 %	35.55 % 2.51 % 33.04 %	33.04 %
0.5235 gr.	Polvo gris	0.1946 37.17 %	0.0220 4.20 %	37.17 % 4.20 % 32.97 %	32.97 %
0.5300 gr.	Polvo gris	0.2000 37.73 %	0.0240 4.52 %	37.73 % 4.52 % 33.21 %	33.21 %
0.5105 gr.	Polvo gris	0.1900 37.21 %	0.0210 4.11 %	37.21 % 4.11 % 33.10 %	33.10 %

DETERMINACION DE SILICE LIBRE (S.102)

LUGAR DE RECOLECCION : Chimenea N° 1 Norte 900
 TAMIZ MALLA 200 - 200 TIPO DE LA MUESTRA : Rocca

Peso de Muestra	Descripción de la Muestra	Residuo Insoluble en H3PO4	Residuo después tratamiento con HF	% residuo H3PO4 % residuo HF % SiO2	% Sílice libre Reportado
0.5054 gr.	Polvo gris	0.3483 68.91 %	0.0800 15.82 %	68.91 % 15.82 % 53.09 %	53.09 %
0.5100 gr.	Polvo gris	0.3460 67.04 %	0.0900 17.64 %	67.84 % 17.64 % 50.20 %	50.20 %
0.5200 gr.	Polvo gris	0.3500 67.30 %	0.0850 16.34 %	67.30 % 16.34 % 50.96 %	50.96 %
0.5080 gr.	Polvo gris	0.3470 68.30 %	0.0890 17.51 %	68.30 % 17.51 % 50.79 %	50.79 %
0.5160 gr.	Polvo gris	0.3490 67.63 %	0.0880 17.05 %	67.63 % 17.05 % 50.58 %	50.58 %

DETERMINACION DE SILICE LIBRE (SiO₂)

LUGAR DE RECOLECCION : Chimenea N° 1 Norte 900
 TAMIZ MALLA 200 - 200 Tipo de la Muestra : Polvo sedimentado

Peso de Muestra	Descripción de la Muestra	Residuo Insoluble en H3PO4	Residuo después tratamiento con HF	% residuo H3PO4 % residuo HF % SiO ₂	% Sílice Libre Reportado
0.5300 gr.	Polvo gris	0.2200 41.50 %	0.0350 6.60 %	41.50 % <u>6.60 %</u> 34.90 %	34.90 %
0.5200 gr.	Polvo gris	0.2000 38.46 %	0.0260 5.00 %	38.46 % <u>5.00 %</u> 33.46 %	33.46 %
0.5150 gr.	Polvo gris	0.1900 36.89 %	0.0190 3.68 %	36.89 % <u>3.68 %</u> 33.21 %	33.21 %
0.5100 gr.	Polvo gris	0.1800 35.28 %	0.0130 2.54 %	35.28 % <u>2.54 %</u> 32.74 %	32.74 %
0.5250 gr.	Polvo gris	0.2100 40.00 %	0.0340 6.47 %	40.00 % <u>6.47 %</u> 33.53 %	33.53 %

Con los resultados experimentales de muestreo de aire para recuento de partículas y determinación del contenido de Sílice libre del polvo sedimentado y de la roca, se determina el límite permisible de partículas para cada lugar de trabajo utilizando para ello, las siguientes fórmulas:

$$\frac{9 \times 10^6}{\% \text{ SiO}_2 + 5} = \text{Límite permisible en partículas por litro.}$$

p.p.l.

$$\frac{250}{\% \text{ SiO}_2 + 5} = \text{Límite permisible en millones de partículas por pie cúbico de aire. (m.p.p.c.a.)-}$$

Ejemplo:

$$\frac{9 \times 10^6}{49.75 + 5} = 1.6 \times 10^5 = 160.000 \text{ partículas por litro.}$$

$$\frac{250}{49.75 + 5} = 4 \text{ millones.} = \text{m.p.p.c.a.}$$

Estos valores se comparan con los valores encontrados experimentalmente, determinándose así el riesgo existente.

Estos datos se tabulan en la forma siguiente:

RESUMEN DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

COMPARACION DE PORCENTAJE DE SILICE LIBRE Y CONCENTRACION DE SILICE EN EL AIRE CON EL LIMITE PERMISIBLE, PARA DETERMINAR EL RIESGO EXISTENTE.

LUGAR	Promedio Silice libre SiO ₂	Concentración de polvo en p.p.l. $N \times \frac{1000}{S} \times V$	Límite Permisible en p.p.l. $9 \times \frac{10^6}{S \times SiO_2 + 5}$	Límite per- misible en p.p.l. $9 \times \frac{10^6}{S \times SiO_2 + 5}$	RIESGO
Crucero 800 No. 1 Peñiente Recolección Mineral.	35.63 %	62.555	2.3 X 10 ⁵ 230,000	6 millones	No existe riesgo
Crucero B Norte 900 Barrenado	48.98 %	254.856	1.6 X 10 ⁵ 160,000	4 millones	Sí existe riesgo
Crucero No 3 Norte 900 Carrero. Llena- do y transporte Barrenado	49.75 %	211.371	1.6 X 10 ⁵ 160,000	4 millones	Sí existe riesgo
Nivel 900 Sin Trabajo	49.96 %	46.846	1.6 X 10 ⁵ 160,000	4 millones	No existe riesgo
Chinameca No 1 Norte 900 Sin Trabajo	51.15 %	56.974	1.6 X 10 ⁵ 160,000	4 millones	No existe riesgo

RESUMEN DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

COMPARACION DE PORCENTAJES DE SILICE LIBRE EN LA ROCA Y CONCENTRACION DE SILICE LIBRE EN EL AIRE CON EL LIMITE PERMISIBLE, PARA DETERMINAR EL RIESGO EXISTENTE.

LUGAR	Prmcedir % Silice Libre S102	Concentración de pclva en P.P.L. $\frac{N \times 1000 \times V}{S \times 2.83 \times t}$	Límite permisible en P.P.L. $\frac{9 \times 10^6}{\% \text{ S102} + 5}$	Límite permisible en m.p.p.c.a $\frac{250}{\% \text{ S102} + 5}$	RIESGO
Crucero N° 3 Norte 900 Barrenado y tiro	49.75 %	222,428	1.6 X 105 160,000	4 millones	Sí existe riesgo
Castillo Santa Francisca Ccleros y Parrileros.	46.88 %	47,207	1.7 X 105 170,000	4 millones	NO existe riesgo
Trituradora 1 Exterior.	46.88 %	258,285	1.7 X 105 170,000	4 millones	Sí existe riesgo
Trituradora 2 Exterior	46.88 %	269,713	1.7 X 105 170,000	4 millones	Sí existe riesgo
Trituradora Ensayos Laboratorio.	46.88 %	234,999	1.7 X 105 170,000	4 millones	Sí existe riesgo

El informe de trabajadores de la mina, al mes de abril de este año, indica el estado de tres mineros enfermos, de los cuales; dos presentan trastornos comunes, pero uno de ellos presenta tuberculosis pulmonar moderada, y disnea a los grandes esfuerzos.

Este trabajador, fué hospitalizado y recibió tratamiento en el I. S. S. S., siendo el diagnóstico del Dr. José Antonio Avilés - el siguiente:

Tuberculosis Pulmonar

Excavada Izquierda

Activa Moderada

No hay elementos radiológicos que sugieran Neumoconiosis.

C O N C L U S I O N E S

Está plenamente comprobada, la relación que existe entre el polvo de Sílice y la Neumoconiosis (Silicosis), como causante de la fibrogenicidad del tejido pulmonar.

De los resultados experimentales, concluyó que existen riesgos en los siguientes lugares de trabajo:

Crucero B Norte 900

Crucero No. 3 Norte 900

Las operaciones de trabajo dentro de la mina, más expuestas en estos lugares, son las de barrenado de la roca y llenado de carros transportadores de broza, puesto que los valores encontrados sobrepasan los límites permisibles para esos lugares.

Las operaciones más expuestas fuera de la mina, son las de trituración; y las menos expuestas, son las de Coleros y Parrilleros.

A pesar de usar barrenado con agua, siempre se libera gran cantidad de partículas al ambiente.

La ventilación de la mina es buena, pues los valores encontrados en los niveles cuando no efectúan ningún trabajo, no sobrepasan los límites permisibles; indicando que existe una dilución

R E C O M E N D A C I O N E S

Insistir en los exámenes de precontratación y su historial de trabajo.

Establecer un control radiológico periódico en el I.S.S.S. para los trabajadores de las minas para poder determinar exactamente el momento en que aparecen signos radiológicos que indiquen una Neu--moconiosis.

Insistir en la Educación de los trabajadores con respecto al uso de equipo personal de protección, al riesgo a que se exponen y las consecuencias futuras.

En las operaciones de trabajo de más riesgo, establecer -- un control de la ventilación.

Los trabajadores con trastornos pulmonares y los que se sospeche Neumoconiosis, asignarles otras actividades para controlar en -- parte el riesgo.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- BOLETIN DE LA COMISION INDUSTRIAL DE OHIO. DICIEMBRE 1944.-
- 2.- BLOOMFIELD J. INTRODUCCION A LA HIGIENE INDUSTRIAL.
2a. EDICION POR J.J. BLOOMFIELD EN COLABORACION CON HERNAN DEZ OYANGUREN, WALTER DUMMER Y RICARDO HAD--
DAD. MEXICO REVERTE 1964 - XV 374 p.
- 3.- HATCH, T.F. PULMONARY DEPOSITION AND RETENTION OF --
INHALED AEROSOLS. NEW YORK, ACADEMIC PRESS. 1964 192 p.
- 4.- TALVITIE N.A. "DETERMINATION OF QUARTZ IN PRESENCE
OF SILICATES USING PHOSFORIC ACID".
ANALYTICAL CHEMISTRY 23 - 623, 1951.-
- 5.- SYLLABUS. PUBLIC HEATHTH SERVICE PUBLICATION. No. 614