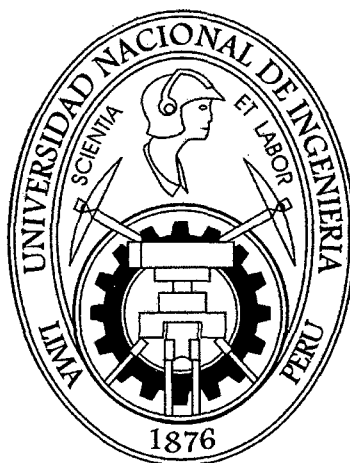


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“EVALUACION POR EXPOSICIÓN DE PARTICULAS
RESPIRABLES DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE
CEMENTOS LIMA S.A.”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:
ERNESTO CRISTIAN JORGE FLORES ICAZA**

**LIMA, PERÚ
2011**

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a mis amados padres, mis hermanas y a
las futuras generaciones.

A Dios por darme la fuerza en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primera instancia a mi asesor Ing. Javier Enrique Taípe Rojas, por brindarme su experiencia y sabiduría para poder lograr la realización de la presente Tesis.

Al Doctor Alejandro Mendoza Rojas, por sus orientaciones a mi tesis, en los Temas de Investigación y enseñarnos a comprender el método científico.

A mis colegas por las experiencias compartidas y a la Universidad Nacional de Ingeniería por lo aprendido.

Así mismo agradezco a las siguientes personas por su apoyo profesional como:

Ing. Amparo Becerra,
Ing. Jorge Villena Chávez ,

a los profesionales de la Empresa Cemento Lima S.A.

Ing. Gustavo Ugas Nadini,
Ing. Juan Romero Sequeiros
Ing. Jesús Bernedo Crespo

y a todos aquellas personas que de alguna u otra manera apoyaron en la realización y conclusión de la presente Tesis.

DESCRIPTORES TEMATICOS:

- SILICOSIS
- CEMENTERAS
- MINAS
- LIMITE PERMISIBLE DE POLVO RESPIRABLE

RESUMEN

En la actualidad se tratan de solucionar problemas relacionados al medio ambiente y enfermedades ocupacionales.

Y las empresas cementeras, mineras y a fines se han visto con la necesidad de realizar una evaluación de polvo respirable en ambiente de trabajo.

El presente trabajo comprende la evaluación por exposición a partículas respirables cuando el sistema de remoción esta en funcionamiento.

Es política de la empresa Cementos Limas S.A. cumplir con los reglamentos de Seguridad e Higiene tanto para el trabajador como para la sociedad, es por este motivo que es primordial tener una evaluación de polvo respirable en ambiente de trabajo.

INDICE

CARATULA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
DESCRIPTORES TEMATICOS	IV
RESUMEN	V
INDICE	VI
INTRODUCCIÓN	1
MATRIZ DE CONSISTENCIA	3
CAPÍTULO 1: ESTADO DE SITUACIÓN ACTUAL	4
1.1.EFECTOS EN LA SALUD POR EXPOSICIÓN AL POLVO	4
1.2. TRABAJOS EN LOS QUE EXISTE UNA EXPOSICIÓN DE POLVO QUE CONTIENE SÍLICE	5
1.3.BASE LEGAL VIGENTE	7
1.4.BREVE REFERENCIA DE LA EMPRESA	9
1.4.1.DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO	9
1.4.1.1. MISIÓN	9
1.4.1.2. VISIÓN	9
1.4.1.3. OBJETIVOS	9
1.4.1.4. VALORES	10
1.4.1.5. ANÁLISIS FODA	11
1.4.2. DIAGNOSTICO FUNCIONAL	14
1.4.2.1.PRODUCTOS	14
1.4.2.2.CLIENTES	15
1.4.2.3.PROVEEDORES	16
1.4.3. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	17
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	18
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	18
2.2 MARCO CONCEPTUAL	19
2.2.1 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MUESTREADOR DE AEROSOL	19
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	47
3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	47
3.2. OBJETIVO GENERAL	47
3.3. OBJETIVO ESPECÍFICO	47
3.4. HIPÓTESIS	48
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DEL TRABAJO	
4.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	49
4.2 COBERTURA DEL ESTUDIO	49

4.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANALISIS	49
4.3.1. SELECCIÓN DE MUESTRA	49
4.4 UNIDAD DE ANÁLISIS	59
4.4.1 FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	59
4.4.1.1 MÉTODO PARA MONITOREO DE CAMPO	59
4.4.1.2 DETERMINACIÓN ANALÍTICA	59
4.4.2. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	60
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFIA	106
ANEXOS	107
ANEXO I - EVALUACION DE POLVO RESPIRABLES EN LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE CRISTAL OCEAN S.A. -2010	108
ANEXO II - PRUEBA DE EQUIPOS EN LA PLANTA CEMENTOS LIMA S.A.	111
ANEXO III - INSPECCIÓN DE ÁREAS DONDE SE IBAN A REALIZAR LOS ENSAYOS EN LA EMPRESA CEMENTOS LIMA S.A.	112
ANEXO IV - IMAGENES DE LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA REMOCION DE PARTICULAS RESPIRABLES DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE CEMENTOS LIMA S.A.	113
ANEXO V - APENDICE A y B	115
ANEXO VI - EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A POLVO EN LA PLANTA PRODUCTORA DE CEMENTO DE CUBA UBICADA EN NUEVITAS CAMAGÜEY	119
ANEXO VII - PARTÍCULAS NO REGULADAS DE OTRA FORMA, RESPIRABLE 0600	126
ANEXO VIII - GUIA VISUAL PARA METODO 600 DE LA NIOSH	134
ANEXO IX - ELUTRIADOR HORIZONTAL	149

VIII

LISTADO DE TABLAS

TABLA N° 1.-	MATRIZ DE CONSISTENCIA	3
TABLA N° 2.-	TRABAJOS EN LOS QUE EXISTE UNA EXPOSICIÓN DE POLVO QUE CONTIENE SILICE.	5
TABLA N° 3.-	PARTÍCULAS RESPIRABLES	7
TABLA N° 4.-	PARTÍCULAS	8
TABLA N° 5.-	DESCRIPCION DE PRODUCTOS	14
TABLA N° 6.-	PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES, ÁREA: DIVISIÓN DE "ENVASE" - 18 DE NOVIEMBRE 2010	50
TABLA N° 7.-	PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES, ÁREA: DIVISIÓN "CARBÓN" - 19 Y 24 DE NOVIEMBRE 2010	51
TABLA N° 8.-	PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES, ÁREA: DIVISIÓN DE "PRODUCCIÓN" - 20 Y 24 DE NOVIEMBRE 2010	52
TABLA N° 9.-	PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES, ÁREA: "MUELLE CONCHAN" - 25 DE NOVIEMBRE 2010	53
TABLA N° 10.-	PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES, ÁREA: "LOMO DE CORVINA" - 25 DE NOVIEMBRE 2010	54
TABLA N° 11.-	PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES, ÁREA: DIVISIÓN DE "CONTROL DE CALIDAD" - 26 DE NOVIEMBRE 2010	55
TABLA N° 12.-	PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES, ÁREA: DIVISIÓN DE "MATERIAS PRIMAS" - 26 DE NOVIEMBRE 2010	56
TABLA N° 13.-	PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES, ÁREA: DIVISIÓN DE "MANTENIMIENTO MECÁNICO"	57
TABLA N° 14.-	PUESTO - 27 DE NOVIEMBRE 2010 DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES, ÁREA: DIVISIÓN DE "MANTENIMIENTO ELÉCTRICO" - 27 DE NOVIEMBRE 2010	58
Tabla N° 15.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN DE "ENVASE" - 18 DE NOVIEMBRE 2010	63

Tabla N° 16.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN "CARBÓN" - 19 Y 24 DE NOVIEMBRE 2010	65
Tabla N° 17.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN DE "PRODUCCIÓN" - 24 DE NOVIEMBRE 2010	67
Tabla N° 18.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: "MUELLE CONCHAN" - 25 DE NOVIEMBRE 2010	69
Tabla N° 19.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: "LOMO DE CORVINA" - 25 DE NOVIEMBRE 2010	71
Tabla N° 20.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN "CONTROL DE CALIDAD" - 26 DE NOVIEMBRE 2010	73
Tabla N° 21.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN DE "MATERIAS PRIMAS" - 26 DE NOVIEMBRE 2010	75
Tabla N° 22.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN "MANTENIMIENTO MECÁNICO" - 27 DE NOVIEMBRE 2010	78
Tabla N° 23.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN "MANTENIMIENTO ELÉCTRICO" - 27 DE NOVIEMBRE 2010	80

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN DE “ENVASE”	64
Gráfico N° 2.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN “CARBÓN”	66
Gráfico N° 3.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN DE “PRODUCCIÓN”	68
Gráfico N° 4.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: “MUELLE CONCHAN”	70
Gráfico N° 5.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: “LOMO DE CORVINA”	72
Gráfico N° 6.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN “CONTROL DE CALIDAD”	74
Gráfico N° 7A.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN DE “MATERIAS PRIMAS”	76
Gráfico N° 7B.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN DE “MATERIAS PRIMAS”	77
Gráfico N° 8.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN “MANTENIMIENTO MECÁNICO”	79
Gráfico N° 9.-	CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO, ÁREA: DIVISIÓN “MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”	81

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1.-	LOS CONTORNOS MUESTRAN UNA PRECISIÒN DEL 95% NIVEL DE CONFIANZA EN TÉRMINOS DEL SESGO Y LA DESVIACIÒN ESTÁNDAR RELATIVA (RSD)	33
Figura N° 2.-	COLECCIÒN DE DATOS CICLONES DE 10-mm DE NYLON EFICIENCIA EN FLUJO.	37
Figura N° 3.-	HD CICLÒN EFICIENCIA DE RECOLECCIÒN DE DATOS.	38
Figura N° 4.-	SESGO MAPA DE HD CICLÒN A 1.7 L/MIN .	40
Figura N° 5.-	SESGO MAPA DE HD CICLÒN A 2.2 L/MIN.	41
Figura N° 6.-	BOMBA DE VARIABILIDAD DE CICLÒN DE NYLON.	41
Figura N° 7.-	BOMBA DE VARIABILIDAD INDUCIDA DE CICLÒN DE NYLON. (ERROR INCOSTANCIA DE CAUDAL)	42
Figura N° 8.-	VARIABILIDAD ENTRE MUESTREADORES: MUESTREADOR DE NYLON A 1.7 L/MIN.(ERROR MUESTREADOR DE NYLON)	43
Figura N° 9.-	VARIABILIDAD ENTRE MUESTREADORES: MUESTREADOR DE NYLON A 2.2 L/MIN.(ERROR MUESTREADOR HD)	44
Figura N° 10.-	INEXACTITUD (%) DE CICLÒN DE NYLON DE 1.7 L/MIN EN NIVEL DE CONFIANZA DE 95% (INEXACTITUD DEL MÉTODO)	44
Figura N° 11.-	INEXACTITUD (%) DE CICLÒN DE NYLON DE 2.2 L/MIN EN NIVEL DE CONFIANZA DE 95% (INEXACTITUD DEL MÉTODO)	45
Figura N° 12.-	EQUIPO DE ENVASE	92
Figura N° 13.-	LLENADO DE SACOS GRANDES	99
Figura N° 14.-	UTILIZACION DE CABINAS DE CONTROL	103
Figura N° 15.-	LIMPIEZA DE POLVO DE SILICE	105

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se ha visto que es importante que todo trabajador regrese a su hogar sin sufrir un accidente o inicio de una enfermedad ocupacional. Organizaciones de diferentes países como la OSHA han tratado de dar solución a estos problemas decretando normas basadas en los que aprendieron en encuestas, en reuniones con grupos de empleados y en empleadores y en grupos de discusión con trabajadores de varias plantas e industrias en todo Estados Unidos de América.

En nuestro país las empresas mineras y cementeras y afines dan cumplimiento a las disposiciones legales, atendiendo las regulaciones internas y lo establecido en su Programa de Seguridad e Higiene por este motivo la empresa Cementos Lima S.A. invierte en la mejora de las condiciones del ambiente de trabajo.

Para lograr este objetivo es necesario realizar el monitoreo de polvo respirable para cuantificar la concentración de este agente en los diferentes ambientes donde laboran los trabajadores de Cementos Lima S.A.

A continuación se explica brevemente el contenido de cada respectivo capítulo que nos van a permitir lograr el objetivo que nos hemos planteado:

Capítulo 1: Se ha realizado una investigación sobre la legislación vigente que son las leyes, normas, reglamentos y decretos supremos emitidos por el Ministerio de Trabajo, Salud, Energía y minas. Asimismo presento la empresa donde se ha realizado el presente trabajo de investigación: organización, misión, objetivos, valores y los productos.

Capítulo 2: Comprende el Marco Teórico que es el soporte y sustento de la tesis. Describimos los antecedentes del problema mencionando la existencia de estudios relacionados con el tema. Marco Conceptual donde van las teorías académicas que

explican y dan soporte al trabajo. También se menciona los alcances de la investigación, su importancia y limitaciones de estudio.

Capítulo 3: Se efectúa el planeamiento del problema trazando el objetivo general y específico y seguidamente planteamos la hipótesis.

Capítulo 4: Se menciona el tipo y nivel de investigación y las actividades en la que se pueda aplicar. En esta investigación se ha hecho un procesamiento y análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

TABLA N°1-MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPÓTESIS	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN
EVALUACION POR EXPOSICIÓN DE PARTICULAS RESPIRABLES DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE CEMENTOS LIMA S.A.	<p>Los agentes contaminantes en los ambientes de trabajo pueden ocasionar problemas de salud en los trabajadores expuestos en este estudio concreto en Cementos Lima. El polvo respirable constituye un riesgo para la salud del trabajador y le pueden provocar una enfermedad profesional cuando se encuentran en una proporción mayor a lo que el organismo puede soportar y que se establece en las normas del Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas.</p> <p>¿Los polvos respirables producidos en la planta de procesamiento de Cementos Lima están dentro de los límites máximos permisibles vigentes decretados por el Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas?</p>	<p>Apreciar los niveles de concentración de polvo respirable en el ambiente de trabajo de la empresa Cementos Lima S.A. y compararlos con los límites permisibles establecidos por el Ministerio de Salud en el "Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo" y por el Ministerio de Energía y Minas en el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de envase. 2. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de carbón. 3. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de producción. 4. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división muelle conchan. 5. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división lomo corvina. 6. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del división control de calidad. 7. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de materias primas. 8. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de mantenimiento mecánico. 9. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de mantenimiento eléctrico. 10. Comparar los valores encontrados en cada área con los límites máximos permisibles vigentes decretados por el Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas 	<p>La liberación de polvo respirable en el ambiente de trabajo en la empresa Cementos Lima S.A. se encuentra por debajo del valor límite máximo permisible de polvo respirable decretado por el Ministerio de Trabajo, Salud y Energía y Minas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo y nivel de investigación. El tipo de investigación es experimental, y el nivel es descriptivo, correlacional y transversal. • Población. Está formada por las compañías mineras, cementeras y actividades afines. • Muestra. En este estudio solo se ha tomado Cementos Lima S.A.

CAPÍTULO 1 : SITUACION ACTUAL

1.1. EFECTOS EN LA SALUD POR EXPOSICIÓN AL POLVO

Los efectos en la salud por exposición al polvo pueden ser de origen neumoconióticos, tóxicos, anestésicos y narcóticos, cancerígenos, alérgicos, asfixiantes y productores de dermatosis; según el tamaño, la concentración y composición física y química.

En la industria del cemento, la exposición a polvo generalmente es de origen neumoconiótico, debido a que el contenido de sílice libre en el polvo, varía corriente según la composición de la materia prima, el de clinker o el cemento.

Es rara la exposición al polvo de sílice químicamente puro, ya que esta se combina con varios elementos y compuestos en forma natural y durante el uso industrial. La exposición a excesivas concentraciones de polvo de sílice puede causar enfermedades respiratorias crónicas y estos polvos contiene minerales fibrógenos, neumoconiosis.

La neumoconiosis constituye un grupo de enfermedades pulmonares producidas por la inhalación de ciertos tipos de polvo respirable y su acumulación en los pulmones, produciendo reacciones titulares a su presencia. La más graves son las que causan alteraciones fibróticas apreciables, por ejemplo, la silicosis.

La silicosis es la neumoconiosis más importante y la que provoca mayor número de víctimas en todo el mundo. El riesgo de silicosis depende del porcentaje de sílice cristalina libre en la fracción respirable de las partículas inhaladas, ya que la enfermedad se debe a la sílice cristitalina libre depositada en los espacios pulmonares.

Los cambios patológicos característicos de la silicosis está en relación con la capacidad citotóxica y fibrogenica de partícula de sílice.

Ciertos estudios han indicado que presencia de sílice en el pulmón ayuda al crecimiento del bacilo de tuberculosis.

La silicosis puede por lo tanto verse complicada por la tuberculosis presentando los síntomas adicionales característicos de la tuberculosis pulmonar.

El polvo de cemento normal, no debe causar silicosis debido a la ausencia de sílice libre sin embargo los trabajadores empleados en la producción de cemento, deben exponerse a una variedad de materias primas que en grado variado contiene sílice libre.

TABLA Nº 2

1.2 TRABAJOS EN LOS QUE EXISTE UNA EXPOSICIÓN DE POLVO QUE CONTIENE SILICE

Agente Causal	Operaciones	Composición del polvo	Contenido de cuarzo del polvo transportado por el aire
1. Roca con elevado contenido de cuarzo.	a) Minas de oro: explosión y elaboración del mineral b) Construcción de túneles: excavación. c) Minas del mineral: explotación y elaboración de varios minerales (hierro, plomo, zinc, plata, cobre, etc) d) Explotación elaboración y fresado de grafito. e) Explotación y elaboración de feldespato f) Canteras: pega, corte, trituración y tamizado de piedra. g) Mampostería: corte, pulimento y limpieza de piedra.	a) Según localidad. b) Según localidad c) Según localidad e) silicatos, calcio, fluoruro, sílice libre) f) Según localidad g) Según clase de piedra.	a) 50-90% b) Hasta 80%, según la clase de roca hasta 20% algunas veces más. d) 3-10% e) Hasta 30% f) Por lo común, no más de 40% según la clase de roca 80%, según la clase roca.
2. Abrasivos	Chorro con arena, fabricación y uso de piedra arenisca, piedras de moler, papel de lija, pulimentos.		Hasta 90%
3. Arena de cuarzo	Industria metalúrgica y fundiciones: fabricación de molduras y retiro de moldes, preparación mecánica de minerales, revestimiento y chorro abrasivo de moldes.	Cuarzo, óxido de hierro y otros metales, materiales aglutinantes.	2-20 %

4. Cerámicos	Fabricación de vajilla y artículos de barro.	Caolín, feldespato, arcilla, cuarzo.	15-20%
5. Cerámicos refractarios.	Trituración y fresado de materia prima, cocción en horno especial para objetos resistentes al calor y otros (refractarios ácidos), mamposterías de ladrillo en horno de calcinación.	Rocas que contienen sílice.	Cuarzo, cristobalita, tridimita, 1-10%
6. Polvo de limpieza	Fabricación, mezcla y embalaje.	Cuarzo molido, tiza (kieselk-reide), alcali	Hasta 80%
7. Diatomita	El calentamiento de la diatomita (kieselguhr) a unos 1250 C produce cristobalita.	82% de sílice amorfa, 12.4 % de H ₂ O, 4.2% de óxido de aluminio y hierro y el resto de tiza y óxido de magnesio.	Después de calentarlo hasta 80% de cristobalita.
8. Pigmentos	Fabricación de pigmentos a base de óxidos de hierro.	Óxidos de hierro, sílice.	8-40%
9. Cemento	Manipulación de materiales que contienen cuarzo en la producción de cemento.	57-66% de piedra caliza, 19%-26% de cuarzo (sólo en clases especiales de cemento, en la mayoría de los casos el porcentaje es mucho más bajos, 2%-4% de arcilla, 4-10% de óxido de hierro.	
10. Carbón Bituminoso	Explotación de carbón; raras veces otras operaciones (limpieza, carbonización, etc)	En promedio, 63%- 91% cerca de 3% de carbón, 8%-33% de promedio caliza, 4 % de cuarzo.	

Raichel, J – Silicosis, 1976

1.3 BASE LEGAL VIGENTE

Ley General de Salud. Ley N° 26842. 20/07/1997. Capítulo VII. De la Higiene y Seguridad en los ambientes de trabajo (*).

Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. 06/07/2005.

Reglamento de Seguridad e Higiene Minera. D.S. N° 046/01 – Ministerio de Energía y Minas. 20/07/2001.

LÍMITES PERMISIBLES

NACIONAL DE REFERENCIA

Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo D.S. N° 015-2005-SA del Ministerio de Salud, aprobado el 06/07/2005

El valor límite permisible establecido es el siguiente:

TABLA N° 3 PARTÍCULAS RESPIRABLES	
Polvo inerte o molesto: fracción respirable	3 mg/m ³

Reglamento de Seguridad e Higiene Minera. D.S. N° 046/01 – EM del Ministerio de Energía y Minas, aprobado el 20/07/2001.

En su artículo 86, señala lo siguiente: "Los límites máximos permisibles (LMP) de los agentes químicos medidos en el punto de emisión, será el siguiente:

- a) Polvo inhalable : 10 mg/m³ (1)
- b) Polvo respirable : 3 mg/m³ (1)
- c) Oxígeno (O₂) : mínimo 19.5 %
- d) Dióxido de carbono (CO₂) : máximo 9000 mg/m³ ó 5000 ppm

(*) La tesis se comenzó a elaborar a inicios del 2010, cuando todavía no se había decretado el D.S. 055-2010-EM

- e) Monóxido de carbono (CO) : máximo 29 mg/m³ ó 25 ppm
- f) Metano (NH₄) : máximo 5000 ppm
- g) Hidrógeno sulfurado (H₂S): máximo 14 mg/m³ ó 10 ppm
- h) Gases nitrosos (NO₂) : máximo 07 mg/m³ ó 5 ppm
- i) Anhidrido sulfuroso (SO₂) : máximo 5 ppm
- j) Aldehidos : máximo 5 ppm
- k) Hidrógeno (H) : máximo 5000 ppm
- l) Ozono : máximo 0.1 ppm

(1) Este valor es para la materia particulada inhalable (total) que no contenga amianto y con menos del 1% de sílice cristalina.

El titular de la actividad minera, efectuará mediciones periódicas de acuerdo al Plan de Monitoreo, sobre todo en los lugares susceptibles de mayor concentración, verificando que se encuentren por debajo del límite máximo permisible (LMP) para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores”.

INTERNACIONAL DE REFERENCIA

“American Conference Of Governmental Industrial Hygienists” (ACGIH 2007/2008).

TABLA N° 4 - PARTÍCULAS	
Respirables	3 mg/m ³
Inhalables	10 mg/m ³

NIVELES DE ACCIÓN

El carácter preventivo de la higiene industrial según lo establecido por la National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH, define el nivel de acción: “cuando la concentración ambiental alcance el 50 por 100 del valor límite admisible, en los muestreos realizados en un sólo día o a un solo producto, se deben adoptar medidas preventivas”.

Si las mediciones de la exposición de un trabajador a contaminantes químicos realizadas en un día indican que se excede el 50 por 100 del valor límite, existe una probabilidad significativa de que en otros días no muestreados supere también dicho valor.

1.4. BREVE REFERENCIA DE LA EMPRESA.

1.4.1 DIAGNOSTICO ESTRATÉGICO.

1.4.1.1 MISIÓN

Satisfacer a nuestros clientes suministrando productos y servicios de alta calidad y precios competitivos, protegiendo nuestros derechos empresariales dentro del marco legal y creando valor para nuestros accionistas, nuestros trabajadores y la sociedad en general.

1.4.1.2 VISIÓN

Ser siempre una organización líder en el mercado nacional y alcanzar una posición competitiva a nivel mundial.

1.4.1.3 OBJETIVOS

El desarrollo de las operaciones de Cementos Lima S.A se basa en dos desarrollos estratégicos:

El primer objetivo estratégico de la empresa está relacionado a la expansión de sus operaciones, tanto dentro, como fuera del mercado nacional, buscando siempre ser la organización líder en el mercado nacional, alcanzando una posición competitiva a nivel mundial, lo cual se está logrando a través de nuevas inversiones y de la presencia de exportaciones en nuevos mercados.

El segundo objetivo estratégico se refiere al control y a la reducción de costos, dirigido a mejorar la eficiencia productiva, a disminuir las paradas de planta y a mantener menor costo de combustible posible.

Para el logro de estos objetivos, Cementos Lima desarrolla importantes proyectos de inversión, vinculados principalmente a la aplicación de la capacidad de producción de la planta, al uso de combustibles alternativos, a la implementación de nuevos procesos productivos, a la mejora de medios de transporte entre otros factores.

1.4.1.4 VALORES

EXCELENCIA

Garantizamos la calidad de nuestros productos y el servicio al cliente interno y externo, basándonos en recursos humanos competentes y en el uso de tecnología de punta.

RESPONSABILIDAD

Consideramos como objetivos principales de nuestra gestión el desarrollo, la seguridad y la salud del personal, así como la protección y mejora del medio ambiente.

Contribuimos al desarrollo de la calidad de vida de nuestros trabajadores y de la comunidad.

ÉTICA COMO NORMA DE CONDUCTA

- Valoramos la honestidad.
- Reconocemos la lealtad.
- Promovemos un trato justo y el respeto mutuo.

COMPROMISO

Fomentamos la identificación e integración mediante una participación activa.

INNOVACIÓN

Propiciamos permanentemente la aplicación de nuevos y mejores sistemas de gestión.

LEGALIDAD

Hacemos prevalecer nuestros derechos sociales y protegemos nuestra actividad empresarial dentro del marco legal vigente.

1.4.1.5 ANÁLISIS FODA

FORTALEZAS

Posición dominante en los mercados geográficos. Los altos costos de transporte y la necesidad de una red de distribución son barreras de entrada a los mercados de la empresa cementera.

Capacidad de producción para la demanda futura. La cementera cuentan con una capacidad de producción que excede largamente la demanda que enfrenta cada una, reduciendo la necesidad de fuertes inversiones en el corto plazo. Así, la cementera está en posición de atender el crecimiento futuro de la demanda en la región del país.

Disponibilidad y cercanía de materias primas. La cementera tienen canteras propias de caliza y arcilla, reduciendo el costo de aprovisionamiento. Asimismo, han ubicado sus plantas cerca de tales canteras, lo que reduce el costo de transporte del material. Para el consumo de electricidad, la expansión de la oferta vía el Sistema Interconectado Nacional ha abaratado su disponibilidad.

Finalmente, el gas de Camisea incrementa las alternativas de recursos energéticos (junto al petróleo y el carbón, el cual es importado, adquirido localmente o extraído de minas propias).

Diversificación de ingresos. La industria se ha enfocado al desarrollo de fuentes alternativas de ingresos (venta de cal, materiales de construcción con base en concreto premezclado e incursión en el rubro de viviendas

prefabricadas). En algunos casos, las inversiones de largo plazo contemplan el ingreso a nuevos mercados y el desarrollo de sustitutos del cemento.

OPORTUNIDADES

Reactivación del sector construcción. Por su naturaleza procíclica, la industria continuaría beneficiándose de la fase expansiva del ciclo económico. Asimismo, su potencial de crecimiento es elevado (el Perú tiene uno de los menores consumos per cápita de cemento en la región).

Desarrollo de largo plazo del Programa Mivivienda y de la infraestructura de transporte.

La edificación de viviendas y las concesiones en infraestructura se consolidarían como importantes sustentos de la demanda de cemento.

Nueva tecnología, diversificación de la oferta y acceso a mercados externos. Una mayor variedad de productos diversificaría las fuentes de ingresos (en el mercado local el uso del concreto premezclado es relativamente bajo, pero muestra una tendencia creciente) y las posibilidades de exportación, reduciendo la vulnerabilidad asociada a la alta concentración en el mercado local.

DEBILIDADES

Costos fijos unitarios por capacidad instalada. Aunque constituye una fortaleza, la capacidad instalada ociosa de las cementeras incrementa el costo fijo unitario de producción.

Alta concentración en un mercado y en un producto. Las cementeras se encuentran muy concentradas en sus mercados geográficos, elevando su vulnerabilidad. Igualmente, cerca del 90% de sus ingresos se concentran en distintos tipos de cemento, de modo que la participación de otros materiales de construcción, con los cuales podrían diversificar sus riesgos, es baja.

Falta de un socio internacional. La industria a nivel internacional muestra una tendencia a consolidarse, lo que promueve la transferencia tecnológica y la comercialización del cemento. La industria carece de socios estratégicos,

retrasando la transferencia tecnológica que les permitiría ampliar su oferta de productos y diversificar sus fuentes de ingresos más rápidamente.

AMENAZAS

Sostenibilidad de la reactivación económica. El sector cementero se encuentra altamente vinculado al desempeño económico general. Aunque el panorama ahora se muestra estable, la reactivación podría ser afectada por factores políticos o institucionales.

Asimismo, pese al éxito inicial de los programas habitacionales del Estado, éstos aún deben resistir los cambios de gobierno para ser factores de dinamismo de largo plazo, como en Chile y Colombia.

Ingreso de nuevos competidores. Pese a ser empresa dominante, no debe descartarse el ingreso de nuevos competidores (Cementos Quisqueya importado por la empresa Cemex y Caliza Cemento Inca empresa China).

Sin embargo, es poco probable el establecimiento de un nuevo competidor, dado que afectaría negativamente los márgenes de rentabilidad de la industria.

Ingresos por ventas a otras industrias. Se realizan ventas a empresas en el sector minero. Un comportamiento negativo prolongado en las cotizaciones de los metales podría desincentivar la actividad minera, reduciendo su demanda de cemento.

Materiales o tecnologías que desplacen al cemento. Dada la preferencia por el cemento para edificaciones en general, este riesgo sería a largo plazo, y en la medida en que cambien los gustos y costumbres de la población o dispongan de materiales de construcción más económicos.

1.4.2. DIAGNOSTICO FUNCIONAL

1.4.2.1. PRODUCTOS.

TABLA Nº 5 - DESCRIPCION DE PRODUCTOS

TIPO	DESCRIPCION
I	USO GENERAL
II	MODERADA RESISTENCIA A LOS SULFATOS
III	ALTA RESISTENCIA INICIAL
IV	BAJO CALOR DE HIDRATACION
V	ALTA RESISTENCIA A LOS SULFATOS

APLICACIONES Y USOS:

TIPO I:

- Construcciones en general.
- Concreto simple, armado, estructural, pretensado, etc.
- Tarrajeos, morteros para mayólicas, fraguados, elementos prefabricados, tubos, bloques de concreto, pistas, veredas, canales.

TIPO II:

- Construcciones donde existe un ataque moderado de sulfatos, por ejemplo, terrenos salitrosos con 0.10 y 0.20 % de sulfatos.

TIPO III:

- Construcciones donde se necesita un desarrollo rápido de la resistencia, por ejemplo, construcciones urgentes, reparaciones de bases de máquinas, compuertas, etc.
- Se puede reemplazar por un TIPO I con un aditivo acelerante.

TIPO IV:

- Construcciones donde se necesita bajo calor de hidratación, para evitar agrietamientos y contracciones, por ejemplo en vaciados masivos.
- Se puede reemplazar por un TIPO I con un aditivo retardador.

TIPO V:

- Resistente a la acción de los sulfatos.
- Suelos con contenido de sulfatos entre 0.20 y 2.0 %.
- Para contenido de sulfatos mayores de 2.0 %, deberá agregarse puzolana.

1.4.2.2. CLIENTES

La poca penetración del concreto premezclado y productos similares, así como la inexistencia de una base consolidada de clientes de las cementeras (que adquieran el cemento y elaboren productos de mayor valor agregado), hace que el poder de negociación de los clientes (empresas distribuidoras pequeñas y usuarios finales) sea bajo¹.

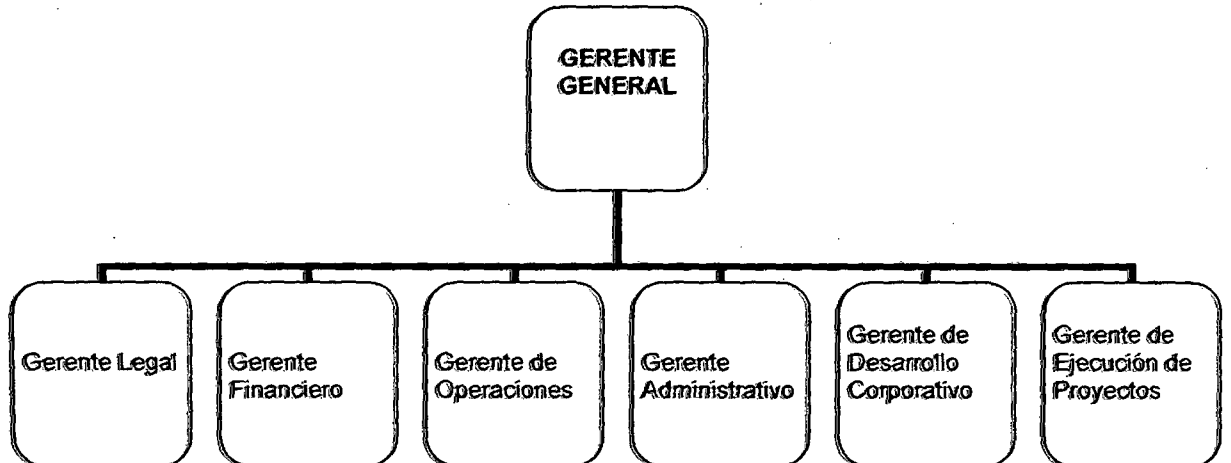
Algunas cementeras incluso se han integrado hacia delante (producción y comercialización del concreto premezclado), reduciendo aún más dicho poder. La existencia de redes de distribución propias lo reduce todavía más². No obstante, la industria depende fuertemente del poder adquisitivo de la población.

1.4.2.3. PROVEEDORES

Las materias primas caliza y arcilla provienen de canteras propias³. En el caso de la electricidad, existen una adecuada oferta disponible y proyectos en evaluación, reflejándose en un costo de energía eléctrica relativamente bajo y en un mayor poder de negociación frente a las empresas eléctricas. Asimismo, dado que las cementeras son clientes libres (pueden negociar sus contratos con las distribuidoras o generadoras), pueden asegurarse el suministro a precios competitivos. Cementos Lima cuenta con una subsidiaria que es Generación Eléctrica de Atocongo (GEA) y actualmente se encuentra en un proceso de conversión energética para usar gas natural en lugar del petróleo Diesel ². Respecto a los combustibles, el carbón es básicamente importado y está sujeto a fluctuaciones en su precio internacional. De igual manera, la cementera es vulnerable ante la variabilidad en las cotizaciones del petróleo. Sin embargo, el gas de Camisea esta ayudando a aumentar las fuentes energéticas alternativas, reduciendo más el poder de los proveedores.

-
1. En otros mercados la penetración de concreto premezclado es mayor y por lo tanto la base de clientes de las empresa cementera se concentra en pocas empresas que adquieren el cemento y lo transforman en concreto para luego venderlo al usuario final.
 2. Dada la alta participación de la autoconstrucción (60% de las ventas finales), las empresas cementeras necesitan de una red de distribución que les permita llegar a los usuarios finales.
 3. En el mediano plazo no existe el riesgo de que se agoten las reservas de ambos materiales en las canteras de las cementeras.

1.4.3. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.



Por mandato legal y del Estatuto de la Empresa, se somete a la Junta General de Accionistas el Balance General, el Estado de Ganancias y Pérdidas, el Estado de Cambios en el Patrimonio Neto y el Estado de Flujos de Efectivo por el Ejercicio terminado el 31 de diciembre de cada año, así como la Memoria que sintetiza los hechos y actos más importantes de la marcha de la Empresa durante el año respectivo.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema:

Título: Captación de partículas contaminantes.

Autor: Mariscal Espinoza, Waldo Alfonso

Facultad: Mecánica – Universidad Nacional de Ingeniería.

Resumen:

Presenta todas las consideraciones necesarias para la operación del sistema, se detallan cuadros estadísticos, gráficos y especificaciones del proceso de operación del sistema.

Título: Modernización de colectores de polvo.

Autor: Asmat Siquero, Juan Enrique

Facultad: Mecánica - Universidad nacional de Ingeniería.

Resumen:

Se muestra el control de la contaminación ambiental por medio de la modernización de colectores de polvo.

Título: Diseño de un sistema automático.

Autor: Sanchez Guaylupo, Victor Miguel

Facultad: Mecánica - Universidad nacional de Ingeniería.

Resumen:

Detalla diferentes métodos de desempolvadura

Título: Calculo y dimensionamiento de un sistema.

Autor: Soto Torres, Luis Edgard.

Resumen:

Se describe el diseño de un sistema de extracción de polvo, las consideraciones para el diseño, métodos para hallar perdidas de presión, calculo de elementos

de captación, dimensionamiento de los ductos, selección de los colectores de polvo y ventilador centrífugo exhaustor.

Título: Implementación de un Sistema de Ventilación.

Autor; Martos Clavo, Efraín Edgard.

Facultad: Mecánica - Universidad nacional de Ingeniería.

Resumen:

Se plante un sistema de ventilación que permite mejorar las condiciones laborales y ambientales.

2.2 Marco Conceptual.

2.2.1 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MUESTREADOR DE AEROSOL RESPIRABLE.

(David L. Bartley, Chih-Chieh Chen, Ruiguang song, Thomas J. Fischbach)

Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud, 4676 Columbia Parkway, Cincinnati, OH 45226.

Las pruebas de rendimiento para evaluar los métodos de muestreo de aerosoles respirables se han ido desarrollando en el tiempo. Las pruebas implican la medición de la eficiencia del flujo de colección depende de las dimensiones de aerosoles discriminatorio parte de la toma de muestras mediante una calibradora de partículas aerodinámicas.

El sesgo relativo a una norma de toma de muestras internacionales adoptadas por la Conferencia Americana de Higienistas Gubernamental Industrial, la Organización Internacional de Normalización y el Comité Europeo de Normalización se centra más en las distribuciones de los tamaño de los aerosoles de aplicación sangría. La imprecisión del flujo de los efectos, filtros pesan los errores y variabilidad entre muestreadores sea medido o estimado. La incertidumbre en el experimento de evaluación en sí misma se explica.

El muestreador puede ser rechazado si, la confianza en las pruebas especificadas no muestra una alta precisión. Alternativamente, los datos permiten especificar un valor de inexactitud. Dos muestreadores personales

disponibles comercialmente fueron sometidos a las pruebas de performance sugeridos.

El resultado fue la especificación de los caudales en la que los muestreadores se acerquen a la definición internacional. Los límites máximos en la inexactitud en la que una muestra se puede esperar que el funcionamiento se determinaron. El efecto de la aceptación de los criterios de rendimiento, en lugar de las especificaciones de diseño para el muestreo de toma de muestras en cumplimiento, es para fomentar el uso de muestreadores exactos y, por tanto, el desarrollo de los muestreadores de mejora.

La investigación en diseño mejorado de toma de muestras de aerosol se volverá más activo dentro de los próximos años si se establezcan los criterios de toma de muestras de rendimiento. Hasta hace poco, toma de muestras para su cumplimiento, así como la mayoría de las aplicaciones de rutina de higiene industrial en los Estados Unidos, se ha realizado un solo tipo de toma de muestras de aerosol respirable, el ciclón de nylon de 10 mm. Especificaciones de diseño del muestreador ha inhibido la motivación para desarrollar nuevas muestras, ya que ha habido poca oportunidad de una nueva toma de muestras que se utilizan actualmente.

El sistema especificado cuenta con un muestreador con muchas dificultades en el muestreo de aerosoles pero además tiene sus ventajas. Varias variables son desconocidas en el muestreo así se usen diferentes instrumentos, así como el tamaño de los aerosoles que al considerarlo insignificante no se muestran las diferencias. Sin embargo, es el sistema de muestreo en uso hoy en día por más de 20 años de edad. Mejoras tales como la auto-regulación moderna personal triunfos de muestreo, que se han desarrollado alrededor de toma de muestras de gas y de vapor, se han tardado en llegar a la práctica de toma de muestras de aerosoles. Por otra parte, soladores puede ser inexactitudes método (de los efectos de carga de aerosoles, por ejemplo), invisible para el usuario, que se detecta en las pruebas de rendimiento de rutina.

La medida más reciente para el establecimiento de normas de actuación ha sido la adopción de una definición internacional de aerosol respirable por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) (1) para el establecimiento de TLV. La nueva definición ha sido adoptada por la Organización Internacional de Normas (ISO) y el Comité Europeo de Normalización (CEN). La necesidad en el CEN es la selección de procedimientos de muestreo uniforme al mismo tiempo a cada país miembros de elección en cuanto a equipo de muestreo.

La nueva definición es un compromiso entre el British Medical Research Council (BMRC) (6) y una propuesta de la versión más reciente de la ACGIH, sí uno de una serie de versiones anteriores.

El CEN y los documentos ISO describir con más detalle las pruebas de toma de muestras de rendimiento similares a los descritos aquí. En el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) y Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) de muestreo y los métodos analíticos muchos han sido desarrollados con los requisitos de precisión estrictas que pueden aplicarse, con algunas modificaciones, para el muestreo de aerosoles también. En concreto, el 95% de todas las muestras recolectadas deben caer dentro de $\pm 25\%$ de un valor real o estándar, lo que representa tanto para el sesgo y la imprecisión en el método de muestreo. Indemnización por la inexactitud de la experimentación, la evaluación que uno también debe hacerse.

Un criterio adicional requiere que el sesgo promedio debe ser inferior al 10%. Similar es el ISO requisito de muestras de aerosol.

En las condiciones de uso y después de la aplicación de factores de conversión, el 67% de los resultados se sitúe dentro del 10% del resultado que se obtendría si la curva especificada se ha seguido exactamente "Estos principios fueron la base para la toma de muestras de aerosoles criterios de eficacia propuestos anteriormente y proporcionar orientación para este artículo.

En concreto, el sesgo de método y de la imprecisión en cualquier distribución de tamaño de los aerosoles de interés se calculan en relación con un estándar a través del uso de modelos de la eficacia en la captura de aerosol del captador versus diámetro aerodinámico.

Variaciones en el muestreador Operación y Evaluación.

- Variaciones del muestreador: filtro de pesaje (representaron el exterior, ya que toma de muestras se evalúan por separado los filtros y bombas de toma de muestras)
- Variación en la dimensión del muestreador (variabilidad entre muestreadores).
- Incertidumbre flujo de la bomba (explica, en parte, en el exterior)
- Rebote de las partículas (no probado aquí)
- Fluctuación del flujo de la bomba (controlada por exigir amortiguadores de pulsaciones)
- Reproductores viento (posiblemente importante a altas velocidades de viento)
- Carga de muestreador (no probado aquí)
- Forma de aerosol y la densidad (que se supone despreciable).

Errores de evaluación:

- Deriva de la concentración de aerosoles distribución de tamaños
- De los errores de recuento
- De la deriva de aerosoles
- De carga (controlada en la evaluación por la descarga de aerosoles, en aplicación al exigir muestras favorable)
- De humedad (controlada mediante el uso de aerosol no higroscópico)

- Error instrumental (que se supone aquí bajo control):
 - Calibración de tamaño
 - Partículas fantasma
 - Distorsión de aerosol líquido en partículas aerodinámicas Sizer (sin líquido utilizado)

Efectos de la densidad de aerosoles

Los experimentos se han simplificado, sin embargo, por la separación de los errores: aerosol respirable personal de los sistemas de muestreo consiste en una cabeza de muestreo para la ponderación de las pequeñas partículas de aerosol en una forma definida, junto con la bomba de muestreo necesarios y medianas empresas de recogida. Los trabajos anteriores en el 10 - mm ciclón de nylon ha demostrado que, aparte de pequeñas variaciones entre muestreadores derivadas de las dimensiones de muestreador inconstante, la cabeza de muestreo sufre principalmente de error sistemático o sesgo, mientras que la bomba, cuando no esté sobrecargado, y medio de recogida (filtro de pesaje) generar errores aleatorios, principalmente en la evaluación de concentraciones de masa respirable. Esta separación de los errores simplifica la toma de muestras de prueba.

A saber, la cabeza de muestreo, hasta ahora designados como la "muestra", puede comprobarse por separado del filtro y la bomba, y el sesgo en el muestreo de aerosoles de cualquier distribución del tamaño previsto, calculado. La verificación de la equivalencia entre las concentraciones en masa calculada respirable y de las concentraciones medidas con el muestreador (incluyendo filtro de titular) en la evaluación de los tamaños de los aerosoles distribuidos ha sido documentado.

Con este fin, una calibradora de partículas aerodinámicas, que puede medir la distribución del tamaño de aerosol, se utiliza. De diámetro del sistema de muestreo de aerosoles-eficiencia en la recaudación dependiente se mide como la relación entre la distribución de tamaños de aerosoles después de la cabeza de muestreo para la distribución antes de la cabeza de muestreo. El muestreador

se puede comparar con un estándar de la curva de eficiencia de recolección, como la definición internacional. En concreto, se calcula el sesgo de muestreo de distribuciones de tamaño realista.

Además de los prejuicios, la variabilidad en el método aplicado puede ser significativo. Diversas fuentes de imprecisión, posiblemente sea importante para toma de muestras o el uso de evaluación. El más significativo de estos efectos son contabilizados como sigue: el experimento de la eficiencia de muestreo descrito en la siguiente sección mide la variabilidad entre muestreadores (además de la toma de muestras de sesgo), el efecto de filtro de peso se estima inexactitud de procedimientos para el pesaje en la aplicación, y de manera similar, el efecto de la variabilidad del caudal de la bomba es estimado a partir de la corriente medida la dependencia de la tasa de eficiencia en la cobranza junto con el conocimiento de las bombas que se utilizan en la práctica. Así, una prueba de imprecisión separada que requiere la experimentación con múltiples unidades completas en una cámara de toma de muestras de polvo es eliminado. Esta cámara es difícil de mantener y analizar como a la homogeneidad de polvo.

Por último, se presentan los nuevos medios de cálculo de la exactitud del método. Detalles sobre el manejo de los datos de los experimentos de evaluación se dan. El enfoque se aplica en la evaluación de dos muestras personales disponibles en el mercado respirable. Contabilizan como sigue: el experimento de la eficiencia de muestreo descrito en la siguiente sección mide la variabilidad entre muestreadores (además de la toma de muestras de sesgo), el efecto de filtro de peso se estima inexactitud de procedimientos para el pesaje en la aplicación, y de manera similar, el efecto de la variabilidad del caudal de la bomba es estimado a partir de la corriente medida la dependencia de la tasa de eficiencia en la cobranza junto con el conocimiento de las bombas que se utilizan en la práctica. Así, una prueba de imprecisión separada que requiere la experimentación con múltiples unidades completas en una cámara de toma de muestras de polvo es eliminado. Esta cámara es difícil de mantener y analizar como a la homogeneidad de polvo.

Por último, se presentan los nuevos medios de cálculo de la exactitud del

método. Detalles sobre el manejo de los datos de los experimentos de evaluación se dan. El enfoque se aplica en la evaluación de dos muestras personales disponibles en el mercado respirable.

ANALISIS

Diseño Experimental

Los datos se tomaron bajo las siguientes condiciones:

F [=4] las tasas de toma de muestras de flujo (Q en L/min): 1.5, 2.0, 2.5, 3.0

S [=8] muestreadores, numeradas $s = 1, \dots, S$

R [=4] repeticiones, numeradas $r = 1, \dots, R$

Los muestreadores fueron evaluados uno a la vez. Así, un muestreador problemático en efecto la posición de la cámara está ausente.

Además, la falta de peso del filtro elimina otra fuente de error de evaluación. En cada uno de los por encima de 128 experimentos, la eficiencia de los muestreos $E(D)$ en cada uno de los 25 valores de los aerosoles de diámetro D se midió. Las 128 funciones medidas de diámetro D se puede etiquetar $E_{rs}(D, Q)$. Este diseño fue seleccionado desde:

(1) información del caudal de agua era necesaria para optimizar el flujo de la mejor manera posible a una eficiencia de muestreo estándar $E_{std}(D)$ y para estimar el efecto de la bomba de muestreo personal de la incertidumbre de flujo (descrito belows);

(2) el gran número de experimentos ayudaron a media basada en la incertidumbre que se deriva de la variación en la prueba de concentración de

aerosoles en las dos mediciones, cuya proporción era necesario para cada medición de la eficiencia de recaudación.

La evaluación del error experimental (σ_{eval} más adelante) se espera que sea insignificante, y (Se esperaba 3) baja variación cabeza entre muestreadores.

MODELOS DE FUNCIONES DE LA EFICACIA DE MUESTREO

Mide la eficiencia de muestreo funciones $E(D)$ se modelan con suaves curvas, utilizando un estándar de rutinas de regresión no lineal (por ejemplo, dentro de **SAS**), (*) ponderada de si es necesario para dar cuenta de la falta de homogeneidad en la variabilidad frente a D . Hay varias razones para el modelado. Contando los errores de las mediciones de un número limitado de partículas de aerosol son promediadas a través de suavizado de los puntos vecinos en D , si las funciones no están sobre-parametrizados.

Integración de $E(D) \times dC / dD$ (la concentración en masa por unidad de intervalo de diámetro) para encontrar la concentración en masa total de la muestra en una nube de polvo distribuida se simplifica. Además, los datos son más fáciles de comprendió en términos de un pequeño número de parámetros en lugar de una serie de 25 números. Por último, el reducido número de parámetros utilizados simplifica el cálculo de la propagación de errores en otras funciones no es práctico para seleccionar un modelo simple, aplicable a todas las muestras que puedan ser evaluados. Sin embargo, el ruido Gaussiano agravando con simples formas límite de las curvas de eficiencia de toma de muestras ha dado como resultado en los modelos de utilidad.

Las curvas de limitación puede ser muy simple. Por ejemplo, el muestreador conocido como "(impactadores" y "ciclones" están cerca de las extensiones de la función de escalón unitario $\theta(D_0 - D)$ (igual a cero en los argumentos negativos, de lo contrario, uno), mientras que la elutriador "horizontal" es una extensión de la parábola $1 - (D/D_0)^2$. D_0 es un parámetro constante estrechamente relacionada con la toma de muestras "(cut-size", donde la eficiencia de muestreo es de 50%).

Este enfoque, aunque en gran medida empírico, no incorpora lo que es común a muchas muestras de aerosoles, tales como las condiciones asintótica:

$$(1) \partial E / \partial D \rightarrow 0; D \rightarrow 0 \text{ or } D \rightarrow \infty,$$

(*) SAS (Statistical Analysis System) es un sistema de programas para el análisis de datos.

Los muestreadores por ejemplo, (inhalable) a menudo tienen una cola de gran diámetro D.

Uso de un número mínimo de parámetros, estas condiciones pueden ser atendidas mediante la capitalización de ruido de la varianza σ_s^2 en limitar las funciones anteriormente:

$$E(D) = \int_0^{\infty} \frac{dD'}{\sqrt{2\pi}\sigma_s D'} e^{-\frac{\ln^2 D'/D}{2\sigma_s^2}} E_{\text{limit}}(D') \quad (1)$$

Cuando, por ejemplo:

$$E_{\text{limit}}(D) = a \cdot \Theta(D_0 - D), \quad \text{los ciclones y impactadores, y}$$

$$E_{\text{limit}}(D) = a \cdot [1 - (D/D_0)^2] \cdot \Theta(D_0 - D), \quad \text{elutriador, (2)}$$

permitiendo que intercepta a diferir de 1,0 a través del parámetro a.

Dentro de este artículo es igual a uno.

El modelo que los resultados de los ciclones y impactadores puede expresarse en términos de la función normal acumulativa Φ ya que

$$E(D; a, \sigma_s, D_0) = a \Phi \left[\frac{1}{\sigma_s} \ln \left(\frac{D_0}{D} \right) \right] \quad (3a)$$

El modelo análogo anterior para la elutriador horizontal puede ser expresada como:

$$E(D; a, \sigma_s, D_0) = a \Phi \left[\frac{1}{\sigma_s} \ln \left(\frac{D_0}{D} \right) \right] - a \frac{D^2}{D_0^2} e^{2\sigma_s^2} \Phi \left[\frac{1}{\sigma_s} \ln \left(\frac{D_0}{D} \right) - 2\sigma_s \right] \quad (3b)$$

Para caracterizar la dependencia del caudal de la eficiencia en la recaudación, el modelo ha obtenido la siguiente (20) útil y se aplica aquí. Parámetros D_0 y σ se modelan como:

$$\begin{aligned} D_0 &= \theta_1 (Q/2.0 \text{ L/min})^{-\theta_2} \\ e^{\sigma_s} &= \theta_3 (Q/2.0 \text{ L/min})^{-\theta_4} \end{aligned} \quad (4)$$

$\theta = \{\theta_j\}$ son constantes, estimado a partir de regresión no lineal de los datos.

La parametrización de la ecuación 4 incluye los factores de forma de θ_2 y θ_4 , que se añade a la flexibilidad del modelo.

Tenga en cuenta que el uso de 2,0 L / min en la ecuación 4 es sólo para conveniencia y no tiene ninguna importancia para el modelado. Parámetros de modelado por muestreador s ($= 1, \dots, S$) son designados por ello (para estimar la variabilidad entre muestreador).

sesgo Δ y su incertidumbre

Los datos de los resultados anteriores experimentos en las funciones Es el modelo $S(D) = E(P, Q; s)$, Que se puede analizar como sigue. Que dC / dD representan las concentraciones de polvo por unidad de aerosol rango de diámetro aerodinámico (mg/m³/gm) para que la toma de muestras se espera que funcione correctamente. Propuesta en (CEN es que el rango debe abarcar todos los log-normal de las distribuciones de partículas con un tamaño total geométricas desviaciones estándar entre 1,75 y 3,5 y el diámetro medio de masa inferior a 25 μm .

Por otra parte, muestreadores respirables se evaluarán sólo en la distribución del tamaño de aerosol con la fracción del total de aerosol respirable a más de 5%. Esta omite los tamaños más allá de la línea definida por: (diámetro de masa media, desviación estándar geométrica) = (10 μm , 1,5) a (25 μm , de 2,75). La parte más estrecha de las mayores distribuciones de tamaño de los aerosoles, por lo tanto omiten en consideración. La razón es que la distribución del tamaño de fracción respirable pequeñas en general o bien tienen una pequeña concentración en masa respirable (es decir, la precisión en la medición de aerosoles no es necesario salvo en casos especiales), o en realidad consisten en diámetro pequeño aerosol respirable mezclado con aerosoles extremadamente grande, y esto sería evaluado con precisión.

Las concentraciones ponderada \hat{c}_s después de la S^{th} cabeza de muestreo se puede estimar en una distribución de tamaño determinado dC/dD :

$$\hat{c}_s = \int_0^{\infty} dD E_s dC/dD \quad (5)$$

La concentración ponderada c_{std} recopiladas por un muestreador estándar o ideal puede ser estimado de la misma manera, salvo que una curva estándar $E_{std}(D)$ sustituye a los valores medidos $E_s(D)$ en el integrando. En concreto, la norma internacional para la eficiencia de los muestreos de aerosol respirable (como una fracción del total de aerosoles) se define utilizando el modelo log-normal por encima de:

$$E_{std}(D; a, \sigma, D_0) = \frac{1}{2} [1 + e^{-a \Phi}] \Phi \left[\frac{1}{\sigma} \ln \left(\frac{D_0}{D} \right) \right] \quad (6)$$

donde $D_0 = 4.25 \mu\text{m}$ y $\sigma = \ln(1.5)$. El factor de Φ en la ecuación 6 representa el ángulo de media-baja eficiencia en la entrada del viento en muestras montado en el cuerpo. Designando \hat{c} como la media de \hat{c}_s , la estimación del sesgo de media $\hat{\Delta}$ con respecto a la norma se puede calcular:

$$\hat{\Delta} = [\hat{c} - c_{std}] / c_{std} \quad (7)$$

La incertidumbre en esta estimación de la tendencia es un parámetro importante en los criterios de evaluación y toma de muestras está dado por.

$$\sigma_{\hat{\Delta}}^2 \equiv \text{var}(\hat{\Delta}) = \frac{1}{S} \left[\sigma_{\text{samp}}^2 + \sigma_{\text{eval}}^2 \right] / c_{\text{std}}^2 \quad (8)$$

En términos de constantes, σ_{eval} y σ_{samp} σ_{eval} . Caracteriza errores en el experimento de evaluación de manera aleatoria en cada variación de muestreo (entre los muestreadores se supone que es insignificante en comparación), mientras que el σ_{samp} da la variabilidad entre los muestreadores. Esta ecuación para $\text{var}(\hat{\Delta})$ toma el lugar de la ecuación 2, con la varianza método de referencia determinado por el segundo mandato. Los detalles sobre cómo calcular σ_{eval} y σ_{samp} y de otras constantes de interés se presentan en el Apéndice A- Anexo V.

Total Imprecisión RSD

Como se mencionó anteriormente, un trabajo anterior indica que los errores de peso pueden llegar a dominar la imprecisión del método de muestreo.

Sin embargo, el criterio de eficacia propuesta tiene en cuenta la variabilidad y el efecto de bomba de personal de la inexactitud del caudal de agua en caso de que sea este grande. En los párrafos siguientes se mide la variabilidad entre los muestreadores, el primer efecto de la bomba, los errores de peso, y realmente, la imprecisión total del sistema de muestreo.

La variabilidad Intersampler, RSDsamp

El intersampler variabilidad está determinada por el análisis anterior, como la estimación σ_{samp} . Dividiendo por la norma c_{std} da la intersampler componente de la desviación estándar relativa como:

$$\text{RSD}_{\text{samp}} = \sigma_{\text{samp}} / c_{\text{std}} \quad (9)$$

Efecto de la bomba, RSDflow

Determinar el efecto de la incertidumbre de la bomba exige resultados a valores de caudal de agua de la vecina de Q. La masa m de muestreo en el filtro durante el tiempo t depende de la Q de caudal a través de:

$$m = Q \cdot t \cdot c(Q), \quad (10)$$

donde se indica la dependencia de la concentración c ponderado de Q. Dejar RSD_{pump} representan la incertidumbre en el caudal de la bomba. Entonces, el efecto sobre la masa m incluidos en la muestra se expresa por RSD_{flow} dada aproximadamente por:

$$\text{RSD}_{\text{flow}} = \text{RSD}_{\text{pump}} \left| 1 + \frac{Q}{c} \frac{\partial c}{\partial Q} \right| \quad (11)$$

Tal como se propone en CEN y ISO, la desviación típica relativa de la bomba de medios de caudal de agua se toma como $3 \cdot \text{RSD}_{\text{pump}} = 5\%$, especificando el mayor flujo con una imprecisión aceptable.

Los errores de pesaje, RSDweig

Al igual que en RSD_{pump}, el efecto del peso de error se calcula mediante la evaluación de la desviación estándar de RSD_{weig} en el filtro de peso esperado en el método que se aplique. Una desviación estándar de 40 microgramos se utiliza aquí como un ejemplo específico de la imprecisión en la masa depositada.

Esto se traduce (por ejemplo) a $RSD_{weig} = 4,2\%$ a las ocho horas de muestreo de $c = 1 \text{ mg} / \text{m}^3$ en $Q = 2 \text{ l} / \text{min}$. Todos los cálculos en este documento se refieren a $C_{STD} = 1 \text{ mg}/\text{m}^3$ y el valor de $40 \text{ }\mu\text{m}$ para el peso de la desviación estándar.

Utilizando los valores anteriores, el (total) imprecisión muestreador entonces se calcula como:

$$RSD^2 = RSD_{weig}^2 + RSD_{flow}^2 + RSD_{samp}^2 \quad (12)$$

Precisión

De una definición específica de precisión para la evaluación de métodos de muestreo y de análisis para la industria el cumplimiento de las decisiones de las normas de higiene es de uso generalizado. Supongamos que en el muestreo de un verdadero concentrado C_{std} de un método facilita las estimaciones de la concentración con un promedio de C y σ imprecisión. La precisión A se define por un intervalo que es simétrica respecto al valor real C_{std} ; El intervalo debe cubrir una fracción, designado como (por ejemplo, 95%), de las estimaciones de la concentración de un método. En concreto, la integración en todas las estimaciones individuales de concentración C' , la ecuación de

$$\int_{C_{std}(1-A)}^{C_{std}(1+A)} \frac{dc'}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(c' - C_{std})^2}{2\sigma^2}} = \alpha \text{ (e.g, 95\%)}, \quad (13)$$

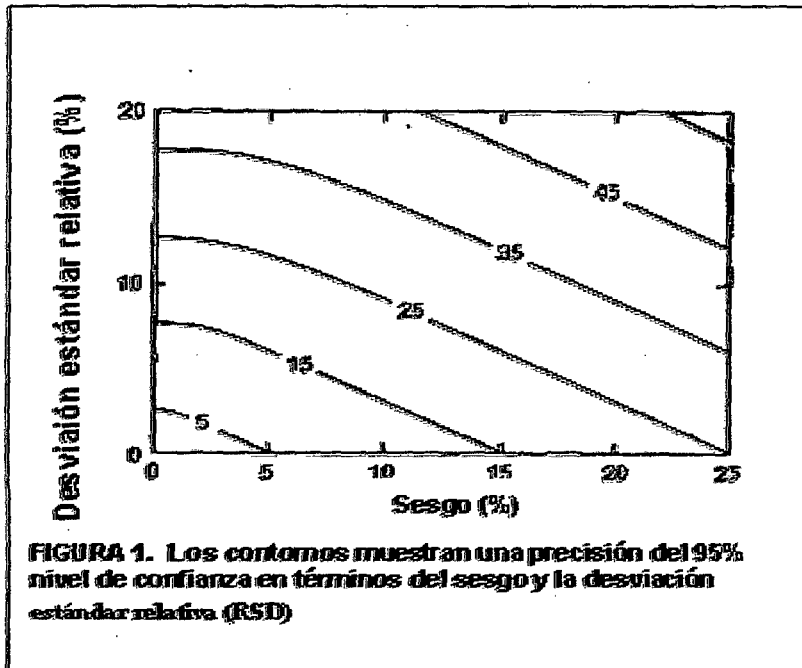
define implícitamente la exactitud A en términos de medios de C , σ imprecisión, C_{std} verdad, y la fracción A . Es conveniente expresar esto en términos de medidas de error relativo a la concentración estándar C_{std} . Definir la tendencia media Δ y la verdadera desviación estándar relativa RSD

por:

$$\begin{aligned}\Delta &\equiv [c - c_{std}]/c_{std} \\ RSD &\equiv \sigma/c_{std}\end{aligned}\tag{14}$$

la igualdad anterior puede ser expresada como:

$$\Phi[(\Delta + A)/RSD] - \Phi[(\Delta - A)/RSD] = \alpha,$$



Donde: $\Phi(1)$ es la función normal acumulativa. La función $A(\Delta, RSD)$ se puede determinar numéricamente la ecuación 15 y se ilustra gráficamente en la figura Figura 1.

Un experimento de método de evaluación se lleva a cabo para estimar las cantidades del método de muestreo característica, Δ y RSD. Los resultados del experimento en las estimaciones, designado como $\hat{\Delta}$ y \hat{RSD} . Debido a la finitud de la RSD y el número de repeticiones y porque el método de la variabilidad, designado como σ_{eval} en el equipo de evaluación, un experimento de

evaluación sólo puede determinar la imperfecta exactitud A . El diseño se presenta aquí, sin embargo, muestra cómo se determina que el criterio de precisión se cumple con ninguna de confianza deseado γ (e.g., 95%) En el experimento de evaluación.

Varias alternativas (de control integral, el enfoque de Bonferroni, y los intervalos de la tolerancia) a la confianza de la informática en la precisión han sugerido en la literatura (22). En pocas palabras, el control integral especifica, para cada una exactitud, una región en el filo $(\hat{\Delta}, R\hat{S}D)$ que contiene una gran proporción γ (e.g., 95%) de los valores medidos $(\hat{\Delta}, R\hat{S}D)$. En el control de Bonferroni, el sesgo y la imprecisión se considerará igual a su límite individual superior a las confianzas especificado. Por último, la teoría de los intervalos de tolerancia lineal se ha aplicado para especificar la confianza en las pruebas de evaluación. Recientemente se ha demostrado que el enfoque de Bonferroni sobreestima los límites de confianza de precisión debido a la utilización de los límites de confianza individual sobre los prejuicios y la imprecisión. Una aproximación, el enfoque de control integral se toma aquí. La superficie en términos de Δ y RSD_{samp} se aproxima a un avión. El resultado es una generalización para tener en cuenta $\sigma_{\text{eval}} > 0$. Detalles para el computo 95% los límites de confianza de 95%A en la precisión se presentan en el Apéndice B que se encuentra en el Anexo V de la tesis.

EXPERIMENTO

Procedimiento

El diseño experimental y análisis de datos dados anteriormente se han probado experimentalmente en dos muestras disponibles en el mercado de aerosol respirable. La Higgins y Dewell (HD) sampler, fabricados en los Estados Unidos por BGI, Inc. (Modelo No. BGI-4) fue seleccionado debido a su aplicación con éxito en el Reino Unido. El muestreador HD es conductor y, como resultado, se espera que sufran menos de los efectos de carga de muestras de aerosoles de

plástico no conductor. El 10 - nylon mm Dorr-Oliver ciclón, fabricado por la Mine Safety Appliances Corp. (MSA Parte N ° 456228), también fue probado, debido a las prácticas históricas de muestreo en los Estados Unidos.

Repetición de las pruebas de cuatro de los ocho ejemplos de toma de muestras en cuatro caudal de agua se han realizado para cada uno de los dos tipos de toma de muestras.

Las muestras se analizaron muestras aisladas como de cara al viento, uno a la vez, en un túnel de baja velocidad del viento con la sección transversal igual a 46 cm X 46 cm. El túnel se caracteriza por medir la velocidad del aire sobre una sección transversal igual a 25 cm X 25 cm zona central de la región donde los muestreadores iban a ser evaluados. Las mediciones se realizaron usando un anemómetro de hilo caliente orientados con túnel de flujo del viento. El anemómetro fue a lo largo del calibrado usando una Kurz Sistema de Calibración de la velocidad del aire, serie 400. El resultado fue la velocidad media del aire = 0,54 m / seg.

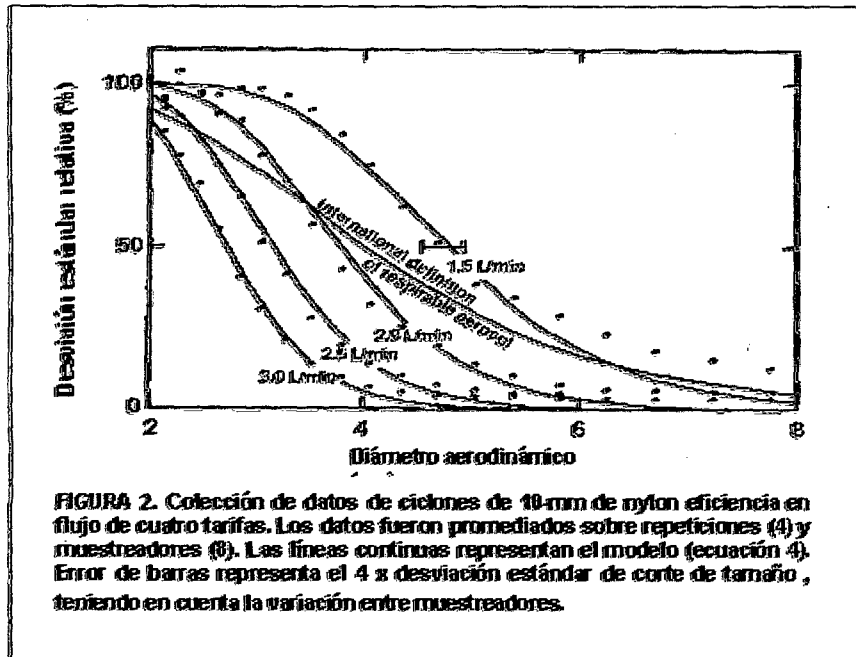
La variación temporal equivalía al 2,5%. La variación espacial de la velocidad del aire sobre la rejilla cuadrada equivalía a 3,5%. Aerosol se introdujo en el extremo aguas arriba del túnel por medio de un nebulizador ultrasónico Sonotek antes de una X-Neutralizer estática para el desempeño de cargos de aerosol. La apertura del nebulizador y concentración de la solución de aerosol fueron seleccionados a fin de proporcionar una amplia distribución de partículas de aerosol con muchos diámetros presentes cerca de rápido cambio en la eficiencia de los ciclones 'colección. La concentración de aerosoles en el medio del túnel fue de aproximadamente 5 cm³.

Distribución del tamaño de los aerosoles se determinaron utilizando una ETI Aerodynamic Particle Sizer 3300 (APS) calibrado con esferas de poliestireno estándar, los bancos Laboratories, Inc. Las muestras fueron conectadas a la EPA por cm a 1,2 (ID) de tubo de cobre, que hizo una curva de 180 ° (diámetro = 12,7 cm) antes de la entrada en la APS situado debajo del túnel. La distribución del tamaño de los aerosoles después de pasar por la cabeza de muestreo fue medido. La eficiencia de recolección fue tomado en una proporción de la

distribución del tamaño de medida sin el tubo de cobre, y por lo tanto las pérdidas dentro del tubo cancelado (con y sin toma de muestras).

El cobre de diámetro de abertura fija tubo era normal que el flujo de túnel de viento, y el caudal de agua en la tubería era idéntica a la del sistema de muestreo medido. Por lo tanto, la eficiencia de muestreo resultante se mide en relación con las concentraciones en la muestra "con el acuerdo de tubos específicos, en lugar de muestras isocinética como en la situación ideal. La importancia de esta puesta en marcha puede estimarse a partir de la teoría de los sistemas de muestreo de paredes delgadas. Por ejemplo, la eficacia de la aspiración de 4 partículas joya, con un caudal igual a 2,0 L / min se calcula igual a 98%.

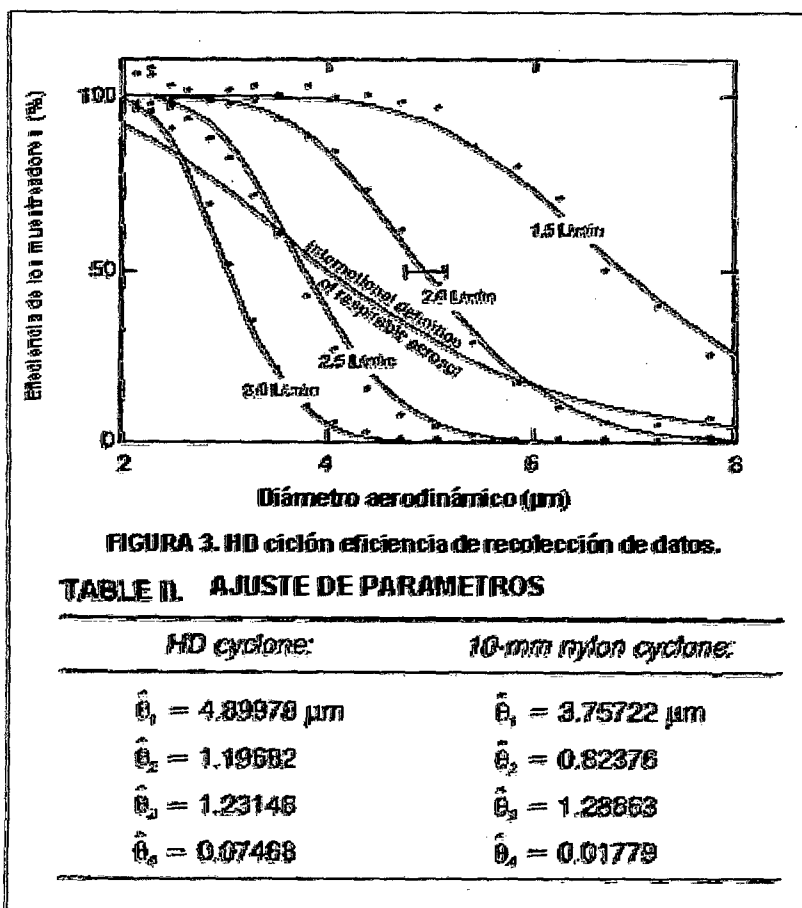
Constancia de los aerosoles en la región de toma de muestras de prueba del túnel de viento fue de vital importancia. De lo contrario, la relación de distribución sería inevitable sesgo de las diferencias espaciales en la colocación de la sonda isocinética y toma de muestras. Homogeneidad espacial se logró mediante la mezcla, utilizando la turbulencia intencionalmente introducido por medio de deflectores en el túnel cerca de la formación de aerosoles y nebulizadores posterior eliminación de las turbulencias con material de nido de abeja.



El tiempo de muestreo para la medición de cada distribución fue seleccionada para ser igual a 1 min a fin de lograr un equilibrio entre los errores de cómputo y de la deriva de concentración en el túnel de viento. La concentración se midió antes y después de cada evaluación, toma de muestras individuales y resultó ser muy constante: variación equivalía al 0,5%.

Tartrato de sodio de potasio fue seleccionado como el aerosol de prueba, debido a su esfericidad. La densidad aparente es igual a 1,77.

Comparaciones con microscopio electrónico de uso común con otros aerosoles, como prueba de ftalato ácido de potasio (KHP) indicó que el tartrato de sodio de potasio tiene partículas esféricas y libres de poros. Las partículas se generan con un diámetro medio de masa = 4 μm , y la desviación estándar geométrica = 2.2. Estos valores fueron seleccionados para cubrir el corte región de tamaño de los muestreadores de prueba y para reducir al mínimo los recuentos de espurias de un número excesivo de partículas submicrométricas. El limitado número de partículas grandes > 8 μm resultado de ruido en la eficiencia se mide en esta región.



Resultados

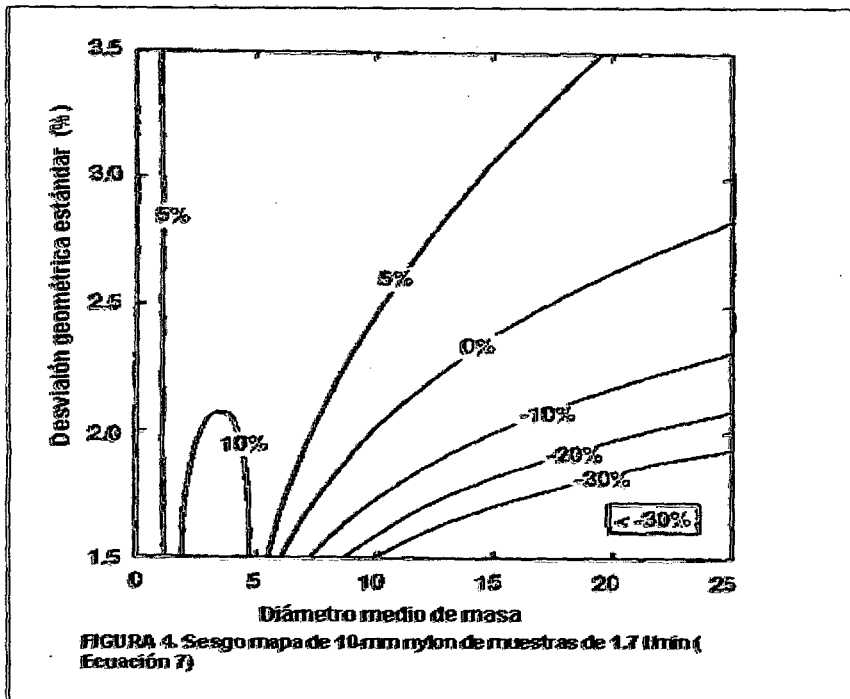
Los resultados experimentales se presentan en las figuras 2 y 3 para el 10-mm ciclón de nylon y el ciclón HD conductores, respectivamente. Las parcelas de reflejar los datos como promedios a lo largo de las ocho muestras y cuatro repeticiones, y muestran el flujo de modelo de la tasa dependiente encaja descrito anteriormente. La curva - los ajustes se hicieron en diámetros de aerosol en el ruido de la cantidad de partículas de baja fue baja: $2 \mu\text{m} < D < 6 \mu\text{m}$ para el ciclón de nylon y $2 \mu\text{m} < D < 8 \mu\text{m}$ para el ciclón HD. Estas regiones son lo suficientemente grandes como para determinar los tamaños de corte y los gradientes de la eficiencia de muestreo en los caudales de prueba. Para comprobar que la eficiencia de muestreo es baja en los diámetros más grandes que los aerosoles de estos valores, por separado una experiencia limitada se

completó utilizando aerosoles más grandes de ensayo (diámetro medio de masa = $6 \mu\text{m}$, y la desviación estándar geométrica = 2,4). La eficiencia de muestreo estima en $8 \mu\text{m}$ se encontró a la igualdad de 3% (nylon ciclón) y 2% (HD) del ciclón. En la notación de la ecuación 4, el ajuste de parámetros se muestra en la Tabla II.

La ecuación 6 se indica que la corte internacional de aerosol respirable de tamaño (expresado en términos de partículas totales) es igual a $4,0 \mu\text{m}$ (el valor de $4,25 \mu\text{m}$ en referencia a la fracción de penetración de entrada del captador). Los datos experimentales de las Figuras 2 y 3 implica que la eficacia de toma de muestras de ambos tipos de gotas ciclón hacia el cero mucho más bruscamente que hace la norma inter-nacional. Con el fin de compensar este efecto, el funcionamiento óptimo del ciclón fue determinado por el desplazamiento de aproximadamente $0,5 \mu\text{m}$ en relación con la norma internacional, dando lugar a $4,5 \mu\text{m}$, como la reducción del tamaño de su elección. Los datos indican que esta reducción de tamaño es de cerca cumplir el 10-mm ciclón de nylon opera a $1,7 \text{ l / min}$ y por el ciclón en alta definición con caudal igual a $2,2 \text{ l / min}$. Por lo tanto, estos flujos fueron seleccionados para un estudio detallado. Asimismo, la tasa de flujo de $2,2 \text{ l / min}$, se estudió durante el ciclón HD debido a los resultados de un experimento independiente en la dependencia del caudal de la toma de muestras HD fabricados por SIMPEDS para su uso en el Reino Unido.

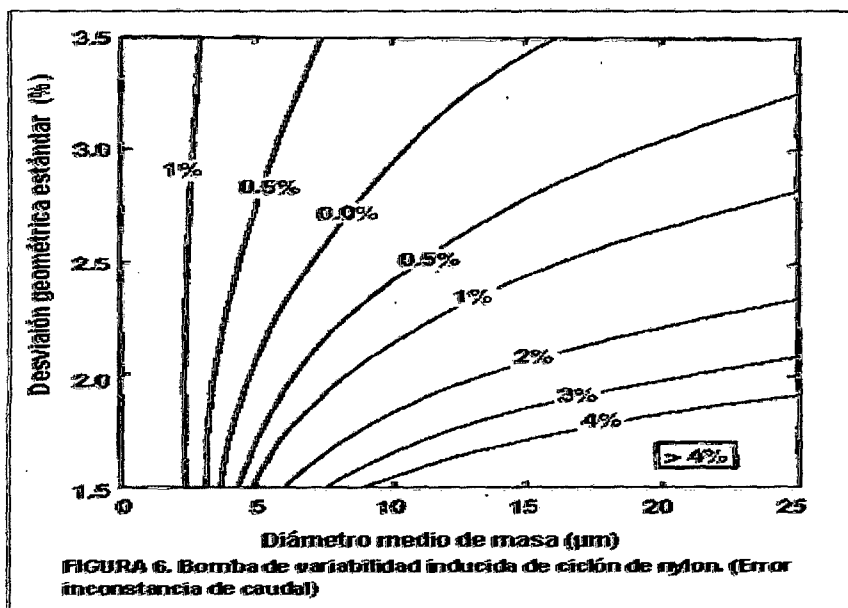
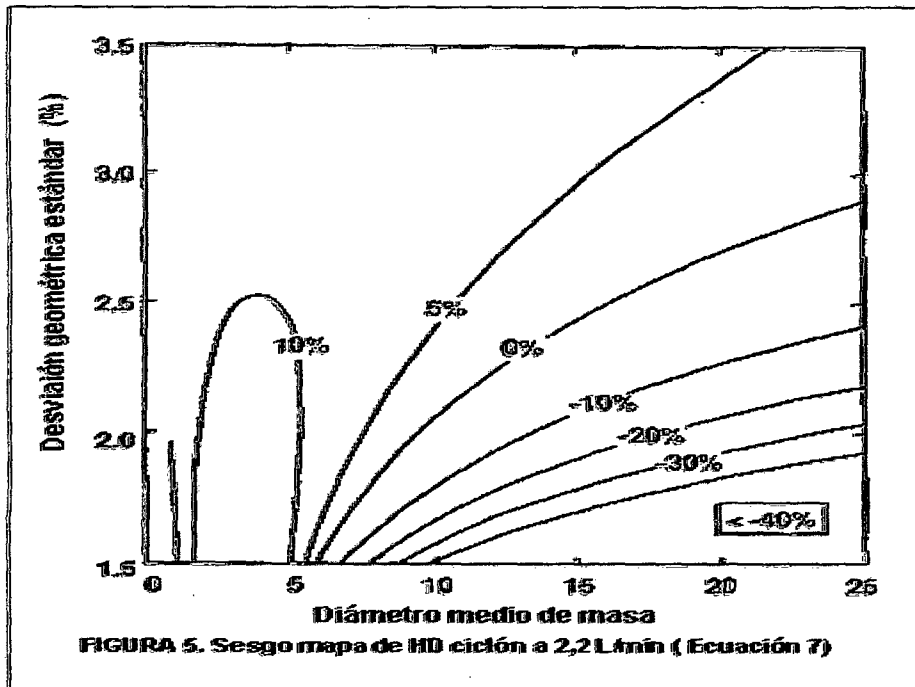
Justificación de esta elección arbitraria de otro modo de reducir el tamaño se indica en las figuras 4 y 5, donde los autores muestran el sesgo de medio estimado $\bar{\Delta}$, calculado como se describió anteriormente (ecuación 7) para los dos ciclones en los caudales de interés. Como puede verse, la tendencia de los dos tipos de toma de muestras es casi idéntica. Además, la magnitud sesgo sigue siendo menos del 10% sobre una amplia gama de distribuciones de tamaño.

Por último, este sesgo se combina con los errores de filtro de peso, la inconstancia del caudal y entre la variabilidad del muestreador. El resultado es que del inexactitud método, que se estima que en el Apéndice B- Anexo V parcelas contorno de la inexactitud método se dan en las figuras 10 y 11.



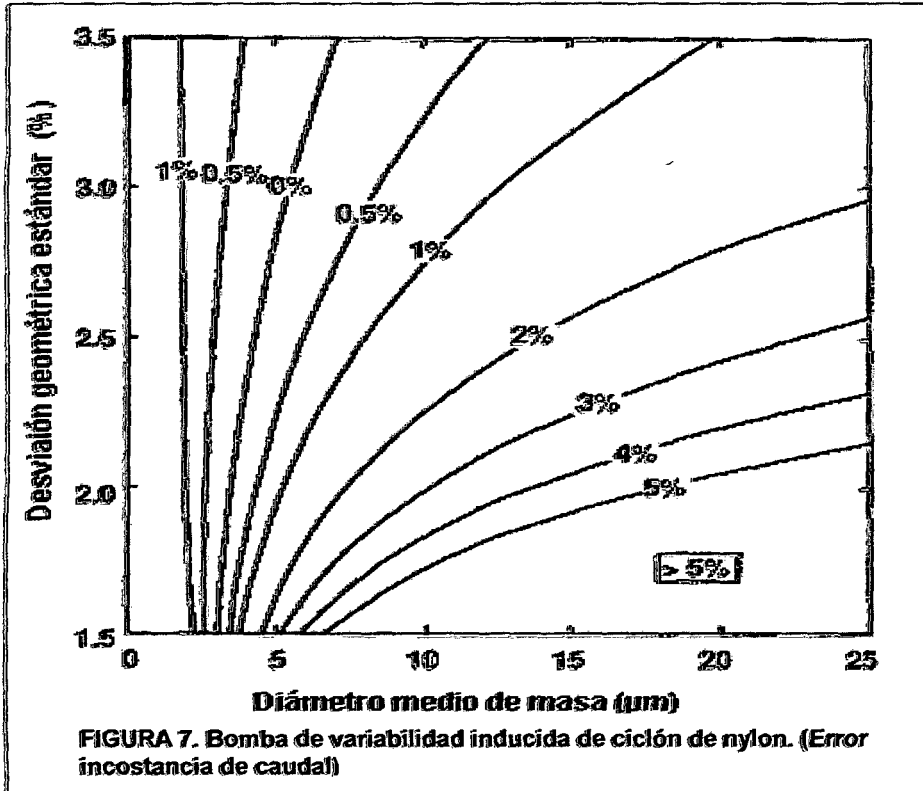
Dos muestras disponibles en el mercado aerosoles respirables se evaluó para su uso en una amplia distribución de tamaños de aerosoles. Desviación (sesgo) de la norma internacional se estimó a partir de los datos experimentales. Los errores aleatorios se espera en el uso de muestras y se estima en parte midiendo por separado los presentes error experimental en la prueba de evaluación.

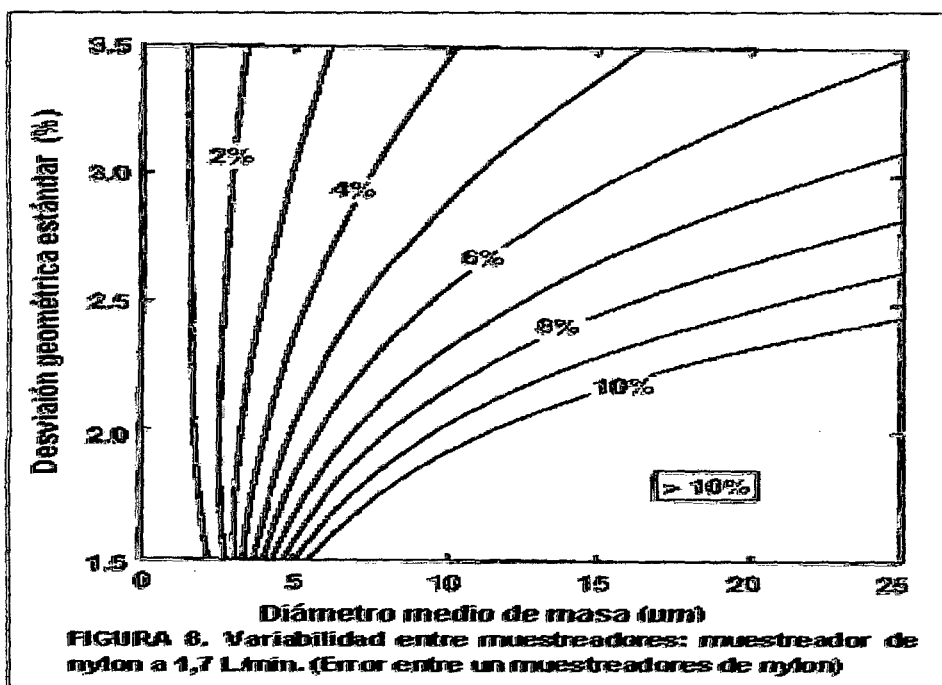
El resultado es un límite superior de la inexactitud en el 95 de cada 100 mediciones de la concentración. Esta imprecisión estima atribuido a un método de muestreo depende de la confianza, aquí considerará igual a 95%, en las pruebas de evaluación.



El valor inexactitud puede ser usado para dentro suficientes de que la concentración está por encima de una cantidad específica. Por ejemplo, supongamos que una concentración igual a 2,1 respirable mg/m^3 se mide, y que

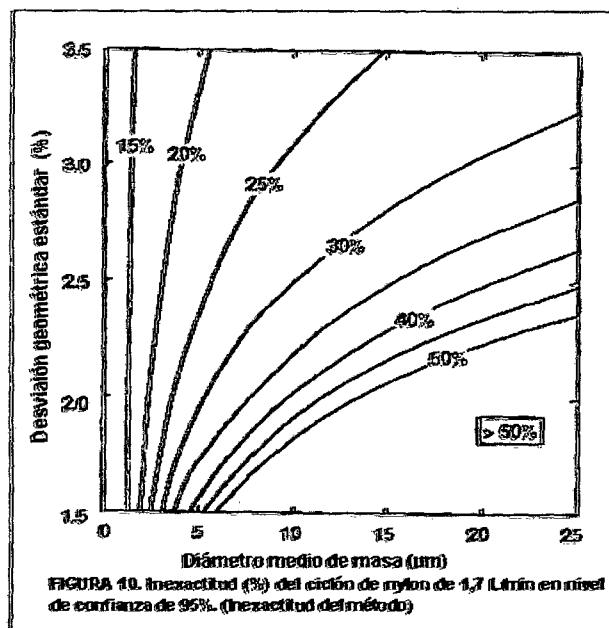
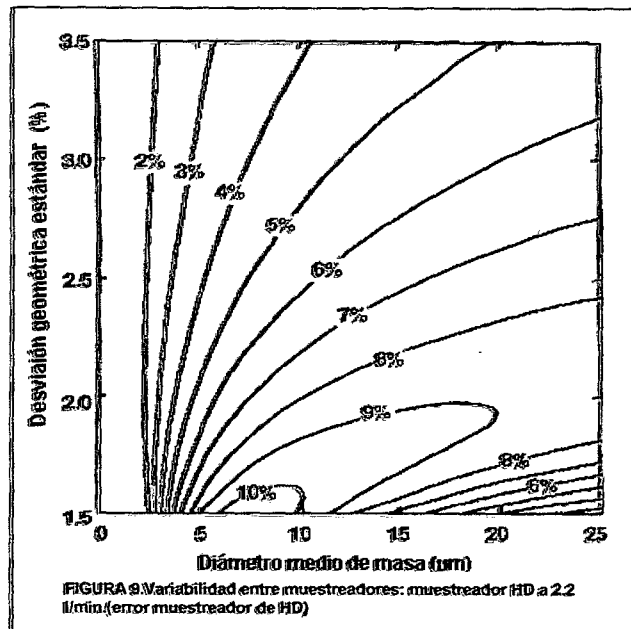
la inexactitud es inferior a 37%. Luego, dentro de los límites de confianza especificado (95% en las pruebas de evaluación) es la probabilidad de al menos el 95% de que la concentración real es mayor que $2,1 \text{ mg / m}^3 / (1,00 + 0,37) = 1,53 \text{ mg / m}^3$



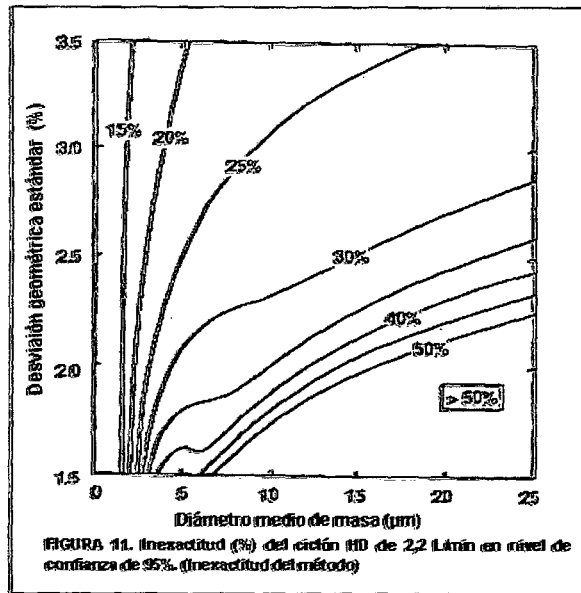


Otras posibilidades para la interpretación de los datos de concentración también existen, dependiendo de cómo la información se va a utilizar. Por ejemplo, también puede ser demostrado que la concentración es inferior a un valor específico. Además, aparte de las decisiones de cumplimiento, puede haber casos en los que sólo se requiere una concentración media de varios días. En este caso las variaciones aleatorias y el valor de la inexactitud asociados asumen menos importancia que el sesgo en relación con un aerosol respirable estándar.

Una vez más, los datos de evaluación permiten la resolución de cuestiones de principios de estadística. Desde otro punto de vista, las normas de funcionamiento permiten la determinación de la exposición del lugar de trabajo, independientemente del instrumento utilizado y los parámetros ambientales.



Con el uso real de una variedad de muestreadores, diseñadores de instrumentos puede ver su viabilidad en el desarrollo de los muestreadores de mejora. Como ejemplos concretos, las mejoras pueden ser necesarias, tanto en la manipulación de partículas de aerosol cargados y en la toma de muestras en condiciones de viento. Las partículas cargadas en un muestreador no conductor son inmóviles y por lo tanto proporcionar una fuente localizada de campo eléctrico.



Esto puede afectar considerablemente las trayectorias de las partículas de aerosol acusado en el aire que fluye en la toma de muestras. Cuantitativamente, la variabilidad del 10% ha sido reportado que se asocia con efectos de carga en el uso de los 10 ciclones nylon mm. Por otra parte, existen evidencias que un muestreador imputado podrá estar por debajo del muestreador moderadamente cargado de aerosoles por tanto como 40%.

Por último, la conductividad del soporte del filtro en sí tras el 10-mm ciclón puede ser significativo. Un aumento del 25% en los aerosoles recogidos después de aumentar la conductividad del titular, se ha informado.

El experimento descrito en este artículo trata la velocidad del viento baja (0,5 m / seg) y la turbulencia, ninguno de los cuales se espera que afecte la toma de muestras de partículas de pequeño tamaño respirable.

Existe muy poca información sobre la toma de muestras de aerosoles respirables en los vientos más altos, que pueden alcanzar 3.4 m / seg, en algunos lugares de trabajo. A los 3 m / seg ciclón de nylon de un estudio en el 10 mm indica que aproximadamente el 10% de reducción en la eficiencia de recolección en el muestreo de aerosoles de tamaño no especificado, con un promedio sobre todas las direcciones de un pariente ciclón libre existentes en el viento. Un efecto similar se espera en el muestreo personal. En este caso, el flujo de aire se ve afectado fuertemente por el órgano donde se encuentra el muestreador. La velocidad del viento (en la toma de muestras) se reducirá

cuando el cuerpo se enfrenta al viento, pero en realidad podrían ser ampliadas en relación con el ambiente cuando la velocidad del viento transversal al viento. Otras áreas de mejora existen también. Por ejemplo, la orientación de los efectos dependientes puede ser importante a altas velocidades del viento promedio de más de direcciones si no está justificada. Por otra parte, cargas elevadas y el efecto de la partícula "blow-off" debería ser investigado. Además, los efectos específicos de la toma de muestras de aerosoles líquidos deben ser tratados. A pesar de la incertidumbre en cuanto a las diferencias entre las muestras (por ejemplo, HD frente a ciclón de nylon o de cabeza humana) bajo las condiciones de trabajo con cargo o los efectos del viento, una recomendación en cuanto a toma de muestras operación se puede hacer.

Para obtener el mejor juego de la definición internacional de polvo respirable, el ciclón de nylon que funcionará a 1,7 l / min y el ciclón de alta definición a 2,2 L / min. Curiosamente, el valor de 1,7 l / min corresponde a una recomendación anterior para el muestreo de acuerdo con una Comisión de la Energía Atómica (CEA) la definición de polvo respirable con el corte de tamaño igual a 3,5 micras.

Los datos sobre el ciclón en ese momento, sin embargo, sólo eran preliminares y difieren del cuerpo actual de los datos tomados por varios investigadores independientes. La definición de AEC se adaptaría mejor a 2,0 L / min-casualmente, la tasa tradicional utilizado por la Administración de Seguridad y Salud de Minas.

El futuro, sin duda, traerá nuevas mejoras en el muestreo de aerosoles. Muestreadores que proporcionan información sobre el tamaño de aerosoles o en estimaciones de deposición menos regional, sería útil, en particular en la investigación epidemiológica. Más innovaciones que, como la instrumentación dispersión de la luz o la definición de respirable en términos de tasas de eliminación de partículas y sub-detalles deposición micras también son viables y que requieren un avance más allá de las pruebas de rendimiento aplicados aquí.

La aplicación de esta evolución exige la adopción (por la toma de muestras de usuario) de las normas de rendimiento que permiten la flexibilidad de diseño, manteniendo la precisión.

CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Planteamiento del problema.

Los agentes contaminantes en los ambientes de trabajo pueden ocasionar problemas de salud en los trabajadores expuestos en este estudio concreto en Cementos Lima. El polvo respirable constituye un riesgo para la salud del trabajador y le pueden provocar una enfermedad profesional cuando se encuentran en una proporción mayor a lo que el organismo puede soportar y que se establece en las normas del Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas.

¿Los polvos respirables producidos en la planta de procesamiento de Cementos Lima están dentro de los límites máximos permisibles vigentes decretados por el Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas?

3.2. Objetivo general.

Apreciar los niveles de concentración de polvo respirable en el ambiente de trabajo de la empresa Cementos Lima S.A. y compararlos con los límites permisibles establecidos por el Ministerio de Salud en el “Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo” y por el Ministerio de Energía y Minas en el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.

3.3. Objetivo específico.

1. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de envase.
2. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de carbón.

3. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de producción.
4. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división muelle conchan.
5. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división lomo corvina.
6. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del división control de calidad
7. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de materias primas.
8. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de mantenimiento mecánico.
9. Evaluar por exposición a partículas respirables los puestos de trabajo representativos del área división de mantenimiento eléctrico.
10. Comparar los valores encontrados en cada área con los límites máximos permisibles vigentes decretados por el Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas

3.4. Hipótesis.

La liberación de polvo respirable en el ambiente de trabajo en la empresa Cementos Lima S.A. se encuentra por debajo del valor límite máximo permisible de polvo respirable decretado por el Ministerio de Trabajo, Salud y Energía y Minas.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1. Tipo y nivel de investigación.

El tipo de investigación es experimental, y el nivel es descriptivo, correlacional y transversal.

4.2 Cobertura del estudio.

Cubre minas y cementeras y actividades afines en las cuales exista una exposición de polvo respirable. (LMP: 3 mg/m³)

4.3 Población, muestra y unidad de análisis.

Población:

Está formada por las compañías mineras, cementeras y actividades afines.

Muestra:

En este estudio solo se ha tomado Cementos Lima S.A.

4.3.1. Selección de muestra.

Se realizó la toma de muestra en trabajadores que realizan sus labores mayormente en una sola área de la empresa y llegan a cumplir una jornada de trabajo de ocho horas.

PUESTOS DE TRABAJO EVALUADOS

Las mediciones efectuadas fueron representativas de la exposición ocupacional a partículas respirables de los trabajadores, por lo que se colocó la bomba de succión en la cintura del trabajador y la toma de muestra a la altura de la zona respiratoria, a fin de captar las partículas a los cuales se encuentran expuestos durante la jornada laboral.

En las TABLA N° 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14, se muestran la descripción de los puestos de trabajo evaluados.

TABLA N° 6

**PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
 AREA: DIVISIÓN DE "ENVASE"
 18 DE NOVIEMBRE 2010**

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)
070211149	ESTIBADOR	ALFREDO PALACIOS	AESVA	388
070211147	OPERADOR DESPACHO A GRANEL	ALEX NUCKOWSKI CARRASCO	SERVIMAR	409
070211157	OPERARIO DE LIMPIEZA	EUSEBIO SOTACORO MALLQUI	A & B	357
070211144	ESTIBADOR	MIGUEL LOZANO CASTRO	AESVA	411
070211155	OPERARIO DE ENVASE	JUAN ANTONIO CAMPOS CRUZADO	CLSA	392
070211151	OPERARIO DE ENVASE	JORGE ALBERT VILLEGAS CCATAMAYO	CLSA	435
070211143	OPERARIO DE APOYO	CLAUDIO ORE CHAVEZ	SERVIMAR	431
070211152	OPERARIO DE ENVASE	JORGE LUIS AGUIRRE GALARZA	CLSA	405
070211153	ESTIBADOR	WILMER QUISPE ROJAS	AESVA	450
070211161	OPERARIO DE LIMPIEZA	CARLOS MOSCOSO DE LA CRUZ	A & B	414

TABLA N° 7

**PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
 AREA: DIVISIÓN "CARBON"
 19 Y 24 DE NOVIEMBRE 2010**

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)
070211154	OPERARIO CARBON	WALTER SANTIAGO VALVIZ	SERVIMAR	451
070211160	OPERARIO DE LIMPIEZA	MANUEL SANDOVAL LOZANO	A & B	483
070211162	OPERARIO DE PRODUCCION	GIUDO MORENO LUCA	CLSA	459
070211150	ESTIVADOR DE CARBON	MIGUEL MAQUITO HUAYHUA	INDEPENDIENTE	440
070211145	ESTIVADOR DE CARBON	CARLOS SEMINARIO CHAVEZ	INDEPENDIENTE	444
070211212	OPERARIO DE MAQUINA BARREDORA 05	RAMON NARRO SILVA	CLSA	337
070211227	VIGILANTE PUESTO PORTON PH	ELMER ARROYO	SISA	416

TABLA N° 8

**PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
 AREA: DIVISIÓN DE "PRODUCCIÓN"
 20 Y 24 DE NOVIEMBRE 2010**

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TUempo DE MUESTREO (minutos)
070211156	AYUDANTE OPERADOR BROCK	MIGUEL RODRIGUEZ RODRIGUEZ	M & S	428
070211158	OPERADOR DE PRODUCCION	ELARGIO FRANCISCO CASTRO REYES	CLSA	475
070211148	OPERADOR CARGADOR FRONTAL	EBERTO ORE JERI	CLSA	477
070211146	OPERADOR DE PRODUCCION	EDUARDO GILL PASCASIO MORALES	CLSA	481
070211222	OPERRAIO DE LIMPIEZA	ROBERTO ROLDAN OLIVEIRA	A & B	428
070211231	OPERARIO DE REEMPLAZO	LUIS CARDENAS SOTO	SERVIMAR	421
070211233	OPERARIO DE LIMPIEZA	NOLBERTO HUATAYA RAMIREZ	A & B	424
070211229	OPERARIO DE REEMPLAZO	LUIS ENRIQUE TERRONES TARAZONA	SERVIMAR	447
070211217	OPERARIO DE REEMPLAZO	PABLO SEGARRA RIVERA	SERVIMAR	442
070211220	OPERARIO DE REEMPLAZO	EDINSON CORNEJO GUEVARA	SERVIMAR	398
070211219	ELECTRICISTA DE GUARDIA	JESUS OLIVERA SOLOGUREN	CLSA	471
070211221	MECANICO DE GUARDIA	MARIO ROBERTO MEJIA ARIAS	CLSA	480

TABLA N° 9

**PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
 AREA: "MUELLE CONCHAN"
 25 DE NOVIEMBRE 2010**

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)
070211223	OPERARIO DE LIMPIEZA	JOSET MATTA GRANDEZ	SERVIMAR	427
070211216	OPERADOR DE GRUAS / MANIOBRISTA	RUBEN ESTANISLAO QUISPE SEGUNDO	CLSA	428
070211235	OPERADOR DE MANIOBRAS APOYO	DANNY DANCOURT FASANANDO	SERVIMAR	373
070211218	AYUDANTE DE MECANICO	JORGE ZURCA FRANCO	SERVIMAR	454
070211225	OPERADOR DE GRUAS / MANIOBRISTA	EULOGIO AMADO VILLAR RAMOS	CLSA	432

TABLA N° 10

**PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
 AREA: "LOMO DE CORVINA"
 25 DE NOVIEMBRE 2010**

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)
070211230	MECANICO	EUSEBIO ROJAS GARGATE	CLSA	494
070211232	OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	CESAR AUGUSTO JUNCO GOMEZ	TRANSPORTE J	504
070211224	OPERARIO DE LIMPIEZA	RICARDO RIVAS YAUKO	SERVIMAR	439
070211208	AYUDANTE DE MECANICO	LUIS ALBERTO CAYCHO SORIANO	SERVIMAR	404
070211210	OPERARIO DE LIMPIEZA	FERNANDO MEDINA	SERVIMAR	483
070211234	AYUDANTE DE ELECTRICISTA	MARTIN HUAMAN OSORIO	DEMARSA	416

TABLA N° 11**PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
ÁREA: DIVISIÓN DE "CONTROL DE CALIDAD"
26 DE NOVIEMBRE 2010**

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)
070211211	MUESTRERO DE PLANTA	VICTOR RIVAS SABA	CLSA	464
070211209	MUESTRERO	LUIS MENDEZ MEDRANO	CLSA	457
070211214	MUESTRERO DE ENVASE	REYNALDO ACHILLI MAYHUI	SERVIMAR	378

TABLA N° 12

**PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
 ÁREA: DIVISIÓN DE "MATERIAS PRIMAS"
 26 DE NOVIEMBRE 2010**

CHANCADORA PRIMARIA

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)
070211200	OPERARIO DE CHANCADORA PRIMARIA	JOSE ESPINO MENDOSA	CLSA	371
070211198	OPERARIO DE CHANCADORA PRIMARIA	FERNANDO SOTO RUIZ	CLSA	373

CANCHA DE SILICE

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)
070211205	ESTIVADOR DE SILICE	OSCAR LEON MENDOZA	INDEPENDIENTE	381
070211206	ESTIVADOR DE SILICE	LUIS NAVARRO ACONSO	INDEPENDIENTE	383

TABLA N° 13

**PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
 ÁREA: DIVISIÓN DE "MANTENIMIENTO MECÁNICO"
 27 DE NOVIEMBRE 2010**

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)
070211199	MECANICO	CARLOS CHUMPITAZ ESPINOZA	CLSA	432
070211201	MECANICO	PAULO TUPULLIMA LOPEZ	CLSA	447
070211196	MECANICO	MIGUEL REYNA ROLDAN	CLSA	426
070211203	MECANICO	ANGEL PUENTE PINO	CLSA	449
070211204	MECANICO	MAXIMO SARAVIA NAVARRO	CLSA	517
070211213	MECANICO	ALBERTO AGAPITO SOTO	CLSA	482

TABLA N° 14

**PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
ÁREA: DIVISIÓN DE "MANTENIMIENTO ELÉCTRICO"
27 DE NOVIEMBRE 2010**

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)
070211215	ELECTRICISTA	FRANK CHUQUICONDOR TARAZONA	F & T	525
070211207	ELECTRICISTA	ALBERTO VILCHEZ GONZALES	CLSA	527

4.4 UNIDAD DE ANÁLISIS.

4.4.1 FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

4.4.1.1 MÉTODO PARA MONITOREO DE CAMPO

La metodología que se va emplear es la especificada para evaluaciones de higiene ocupacional en ambiente de trabajo, para partículas fracción respirable, señalada en el Método 600: PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, RESPIRABLE del Manual de Métodos Analíticos del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

Para ello se utilizara bombas de succión, para flujos de muestreo hasta 5 Litros por Minuto (LPM), ciclón selector de partículas de nylon, y tomas de muestra con filtro de PVC (Policloruro de vinilo), de 37 mm de diámetro y 5 micras.

Estos sistemas de muestreo fueron pre-calibrados antes del monitoreo con un calibrado primario. Al Término del muestreo, también se realizó la post-calibración, siguiendo las normativas y estándares antes mencionado.

4.4.1.2 DETERMINACIÓN ANALÍTICA

Las muestras recolectadas en los filtros de PVC van a ser analizadas en el laboratorio de Seguridad e Higiene Industrial (LABSHI) de la UNI bajo la técnica de Determinación Gravimétrica con sensibilidad a 1/100000 de mg, acorde a lo señalado en el método 0600 del Manual de Métodos Analíticos del NIOSH.

4.4.2. Procesamiento y análisis de datos:

En la Tabla N° 15, se presenta los resultados de las concentraciones de exposición a partículas respirables en los ambientes de trabajo de la División de "Envase"; en estas áreas, el puesto del operario de limpieza resultó con una concentración de 3.03 mg/m^3 de polvo respirable, siendo este valor superior al límite máximo permisible de 3 mg/m^3 . Sin embargo, en los demás puestos de trabajo monitoreados se tuvo como resultado, concentraciones que superaron el 50 % del LMP; por lo tanto cabe indicar que es necesario tomar acciones correctivas a fin de minimizar o eliminar este riesgo químico.

En el Gráfico N° 1, se ilustra las concentraciones halladas por cada puesto de trabajo monitoreado en la División de "Envase".

En la Tabla N° 16, se observa los resultados de las concentraciones de exposición a partículas respirables en los ambientes de trabajo de la División "Carbón"; en estas áreas, el puesto de estibador resultó con una concentración de 3.22 mg/m^3 de polvo respirable, siendo este valor superior al límite máximo permisible de 3 mg/m^3 . Tener en cuenta que el día 19 de noviembre se tuvo parada de planta, motivo por el cual no se podría asegurar que los trabajadores de éstas áreas no se encuentren con riesgo de exposición al polvo, ya que los monitoreos no se realizaron en un día normal de trabajo.

En el Gráfico N° 2, se ilustra las concentraciones halladas en cada puesto de trabajo monitoreado en la División "Carbón".

En la Tabla N° 17, se observa los resultados de las concentraciones de exposición a partículas respirables en los ambientes de trabajo de la División de "Producción"; en esta área el puesto del ayudante operador Brock y el operario de reemplazo, ambos de las empresas contratistas: M&S y SERVIMAR SAC, respectivamente, resultaron con concentraciones que superó el 50 % del LMP; motivo por el cual es necesario considerar medidas de prevención.

En el Gráfico N° 3, se ilustra las concentraciones halladas en cada puesto de trabajo monitoreado en la División de "Producción"

En la Tabla N° 18, se observa los resultados de las concentraciones de exposición a partículas respirables en los ambientes de trabajo del área "Muelle Conchan"; en esta área el puesto del operario de limpieza, resultó con concentración igual a 1.28 mg/m^3 el cual superó el 50 % del LMP; motivo por el cual es necesario considerar medidas de prevención.

En el Gráfico N° 4, se ilustra las concentraciones halladas en cada puesto de trabajo monitoreado en las áreas de "Muelle Conchan".

En la Tabla N° 19, se observa los resultados de las concentraciones de exposición a partículas respirables en los ambientes de trabajo del área de "Lomo de Corvina"; en estas áreas los puestos del operador de cargador frontal y el operario de limpieza, ambos de las empresas contratistas: Transporte J y SERVIMAR SAC, resultaron con concentraciones de 8.58 mg/m^3 y de 9.70 mg/m^3 , respectivamente, los cuales superaron el LMP de 3 mg/m^3 .

En el Gráfico N° 5, se ilustra las concentraciones halladas en cada puesto de trabajo monitoreado en las áreas de "Lomo de Corvina".

En la Tabla N° 20, se observa los resultados de las concentraciones de exposición a partículas respirables en los ambientes de trabajo de la División de "Control de Calidad"; en estas áreas ninguno de los puestos monitoreados superó el LMP de 3 mg/m^3 .

En el Gráfico N° 6, se ilustra las concentraciones halladas en cada puesto de trabajo monitoreado en la División de "Control de Calidad".

En la Tabla N° 21, se observa los resultados de las concentraciones de exposición a partículas respirables en los ambientes de trabajo de la División de "Materias Primas"; en estas áreas ninguno de los puestos monitoreados superó el LMP de 3 mg/m^3 .

En el Gráfico N° 7 A y Gráfico N° 7 B se ilustra las concentraciones halladas en cada puesto de trabajo monitoreado en la División de "Control de Calidad".

En la Tabla N° 22 se observa los resultados de las concentraciones de exposición a partículas respirables en los ambientes de trabajo de la División de "Mantenimiento Mecánico"; en estas áreas ninguno de los puestos monitoreados superó el LMP de 3 mg/m^3 . Sin embargo es necesario considerar medidas

correctivas preventivas para uno de los puestos de mecánico, ya que la concentración que pasó el 50 % del LMP fue de 1.32 mg/m^3 .

En el Gráfico N° 8, se ilustra las concentraciones halladas en cada puesto de trabajo monitoreado en la División de "Mantenimiento Mecánico".

En la Tabla N° 23, se observa los resultados de las concentraciones de exposición a partículas respirables en los ambientes de trabajo de la División de "Mantenimiento Eléctrico"; en estas áreas ninguno de los puestos monitoreados superó el LMP de 3 mg/m^3 .

En el Gráfico N° 9, se ilustra las concentraciones halladas en cada puesto de trabajo monitoreado en la División de "Mantenimiento Eléctrico".

TABLA N° 15

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN DE "ENVASE"
18 DE NOVIEMBRE 2010**

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓN N (mg/m ³)	LÍMITE PERMISIBLE , mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
ESTIBADOR	ALFREDO PALACIOS	AESVA	08:31:00 a.m.	04:10:00 p.m.	388	1.83	3.0
OPERADOR DESPACHO A GRANEL	ALEX NUCKOWSKI CARRASCO	SERVIMAR	08:26:00 a.m.	03:55:00 p.m.	409	0.91	
OPERARIO DE LIMPIEZA	EUSEBIO SOTACORO MALLQUI	A & B	08:00:00 a.m.	02:43:00 p.m.	357	2.04	
ESTIBADOR	MIGUEL LOZANO CASTRO	AESVA	07:50:00 a.m.	03:15:00 p.m.	411	0.62	
OPERARIO DE ENVASE	JUAN ANTONIO CAMPOS CRUZADO	CLSA	07:50:00 a.m.	03:59:00 p.m.	392	2.41	
OPERARIO DE ENVASE	JÓRGE ALBERT VILLEGAS CCATAMAYO	CLSA	08:00:00 a.m.	04:15:00 p.m.	435	1.70	
OPERARIO DE APOYO	CLAUDIO ORE CHAVEZ	SERVIMAR	08:18:00 a.m.	03:52:00 p.m.	431	1.90	
OPERARIO DE ENVASE	JORGE LUIS AGUIRRE GALARZA	CLSA	08:15:00 a.m.	03:00:00 p.m.	405	1.13	
ESTIBADOR	WILMER QUISPE ROJAS	AESVA	07:45:00 a.m.	03:10:00 p.m.	450	0.81	
OPERARIO DE LIMPIEZA	CARLOS MOSCOSO DE LA CRUZ	A & B	07:57:00 a.m.	02:42:00 p.m.	414	3.03	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

Gráfico N° 1

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN DE "ENVASE"**

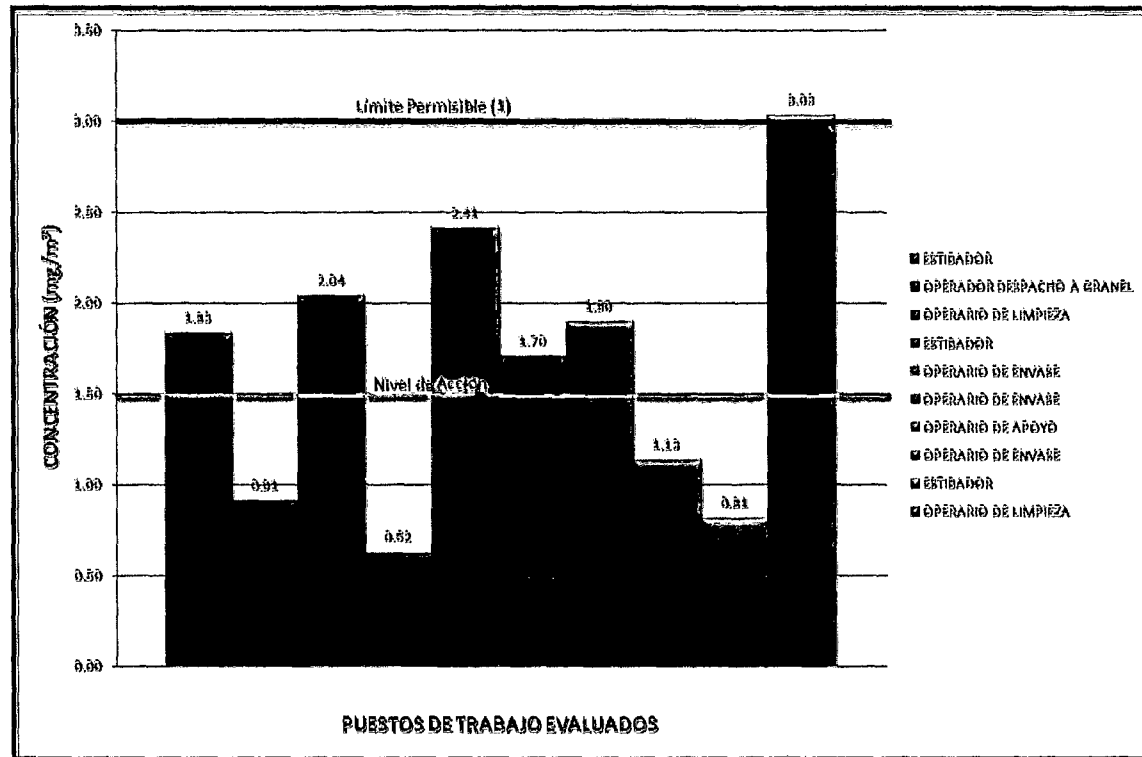


TABLA N° 16

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
 AREA: DIVISIÓN "CARBON"
 19 Y 24 DE NOVIEMBRE 2010**

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓN (mg/m ³)	LÍMITE PERMISIBLE, mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
OPERARIO CARBON	WALTER SANTIAGO VALVIZ	SERVIMAR	07:33:00 a.m.	03:00:00 p.m.	451	0.79	3.0
OPERARIO DE LIMPIEZA	MANUEL SANDOVAL LOZANO	A & B	07:40:00 a.m.	03:36:00 p.m.	483	1.98	
OPERARIO DE PRODUCCION	GIUDO MORENO LUCA	CLSA	07:26:00 a.m.	03:01:00 p.m.	459	0.12	
ESTIBADOR DE CARBON	MIGUEL MAQUITO HUAYHUA	INDEPENDIENTE	07:44:00 a.m.	03:29:00 p.m.	440	3.22	
ESTIBADOR DE CARBON	CARLOS SEMINARIO CHAVEZ	INDEPENDIENTE	07:38:00 a.m.	03:27:00 p.m.	444	0.91	
OPERARIO DE MAQUINA BARREDORA 05	RAMON NARRO SILVA	CLSA	08:50:00 a.m.	02:25:00 p.m.	337	0.10	
VIGILANTE PUESTO PORTON PH	ELMER ARROYO	SISA	08:14:00 a.m.	03:10:00 p.m.	416	0.10	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

Gráfico N° 2

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN "CARBON"**

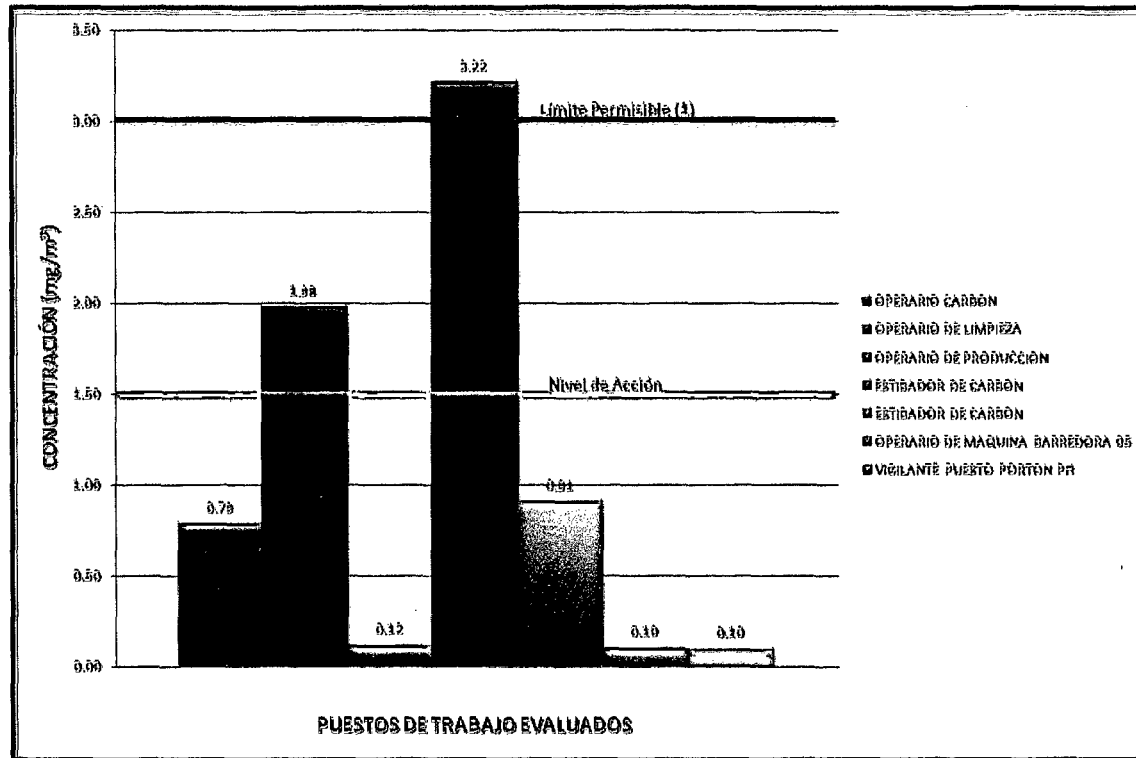


TABLA N° 17
CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN DE "PRODUCCIÓN"
24 DE NOVIEMBRE 2010

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓN (mg/m ³)	LÍMITE PERMISIBLE, mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
AYUDANTE OPERADOR BROCK	MIGUEL RODRIGUEZ RODRÍGUEZ	M & S	07:19:00 a.m.	03:28:00 p.m.	428	2.18	3.0
OPERADOR DE PRODUCCION	ELARGIO FRANCISCO CASTRO REYES	CLSA	07:19:00 a.m.	03:08:00 p.m.	475	0.71	
OPERADOR CARGADOR FRONTAL	EBERTO ORE JERI	CLSA	07:15:00 a.m.	03:06:00 p.m.	477	0.12	
OPERADOR DE PRODUCCION	EDUARDO GILL PASCASIO MORALES	CLSA	07:10:00 a.m.	03:05:00 p.m.	481	0.27	
OPERRAIO DE LIMPIEZA	ROBERTO ROLDAN OLIVEIRA	A & B	07:30:00 a.m.	03:45:00 p.m.	428	0.83	
OPERARIO DE REEMPLAZO	LUIS CARDENAS SOTO	SERVIMAR	07:52:00 a.m.	03:20:00 p.m.	421	0.10	
OPERARIO DE LIMPIEZA	NOLBERTO HUATAYA RAMIREZ	A & B	07:32:00 a.m.	03:47:00 p.m.	424	0.20	
OPERARIO DE REEMPLAZO	LUIS ENRIQUE TERRONES TARAZONA	SERVIMAR	07:40:00 a.m.	03:07:00 p.m.	447	1.15	
OPERARIO DE REEMPLAZO	PABLO SEGARRA RIVERA	SERVIMAR	07:44:00 a.m.	03:05:00 p.m.	442	2.55	
OPERARIO DE REEMPLAZO	EDINSON CORNEJO GUEVARA	SERVIMAR	07:59:00 a.m.	03:41:00 p.m.	398	0.17	
ELECTRICISTA DE GUARDIA	JESUS OLIVERA SOLOGUREN	CLSA	07:50:00 a.m.	03:40:00 p.m.	471	0.01	
MECANICO DE GUARDIA	MARIO ROBERTO MEJIA ARIAS	CLSA	07:53:00 a.m.	03:06:00 p.m.	480	0.07	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005

Gráfico N° 3

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN DE "PRODUCCIÓN"**

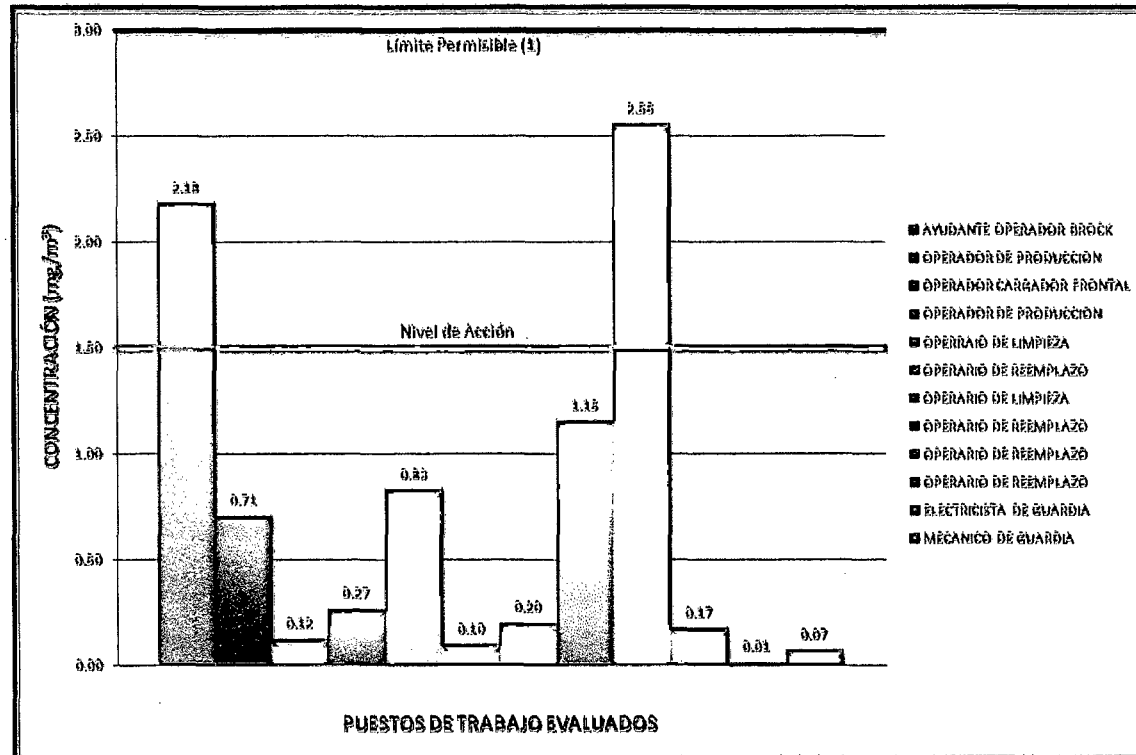


TABLA N° 18

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: MUELLE CONCHAN
25 DE NOVIEMBRE 2010**

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓ N (mg/m ³)	LÍMITE PERMISIBLE , mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
OPERARIO DE LIMPIEZA	JOSEPH MATTA GRANDEZ	SERVIMAR	08:15:00 a.m.	03:16:00 p.m.	427	1.28	3.0
OPERADOR DE GRUAS / MANIOBRISTA	RUBEN ESTANISLAO QUISPE SEGUNDO	CLSA	08:09:00 a.m.	03:14:00 p.m.	428	0.05	
OPERADOR DE MANIOBRAS APOYO	DANNY DANCOURT FASANANDO	SERVIMAR	07:58:00 a.m.	04:08:00 p.m.	373	0.44	
AYUDANTE DE MECANICO	JORGE ZURCA FRANCO	SERVIMAR	08:02:00 a.m.	04:07:00 p.m.	454	0.14	
OPERADOR DE GRUAS / MANIOBRISTA	EULOGIO AMADO VILLAR RAMOS	CLSA	08:12:00 a.m.	03:15:00 p.m.	432	0.04	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

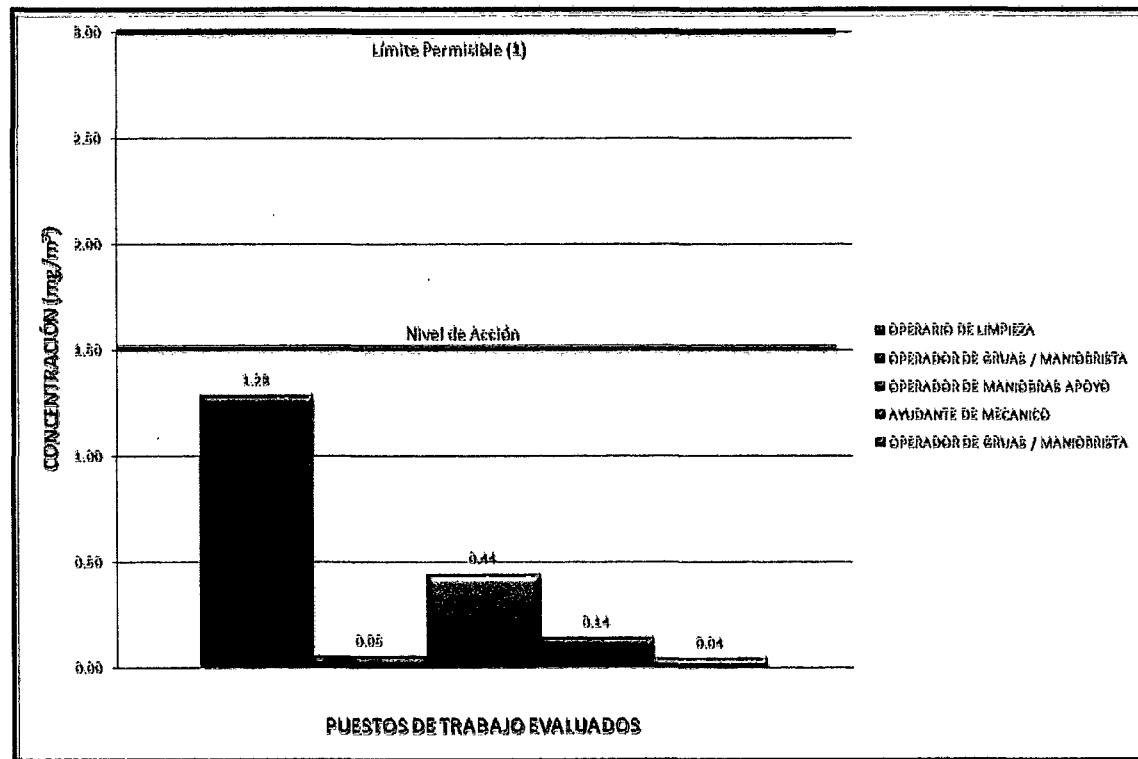
Gráfico N° 4**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: MUELLE CONCHAN**

TABLA N° 19

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
 AREA: LOMO DE CORVINA
 25 DE NOVIEMBRE 2010**

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓN (mg/m ³)	LÍMITE PERMISIBLE, mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
MECANICO	EUSEBIO ROJAS GARGATE	CLSA	07:20:00 a.m.	03:27:00 p.m.	494	0.52	3.0
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	CESAR AUGUSTO JUNCO GOMEZ	TRANSPORTE J	07:24:00 a.m.	04:06:00 p.m.	504	8.58	
OPERARIO DE LIMPIEZA	RICARDO RIVAS YAUKO	SERVIMAR	07:13:00 a.m.	03:26:00 p.m.	439	9.70	
AYUDANTE DE MECANICO	LUIS ALBERTO CAYCHO SORIANO	SERVIMAR	07:26:00 a.m.	03:13:00 p.m.	404	1.22	
OPERARIO DE LIMPIEZA	FERNANDO MEDINA	SERVIMAR	07:15:00 a.m.	03:13:00 p.m.	483	2.49	
AYUDANTE DE ELECTRICISTA	MARTIN HUAMAN OSORIO	DEMARSA	07:21:00 a.m.	03:16:00 p.m.	416	0.08	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

Gráfico N° 5

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: LOMO DE CORVINA**

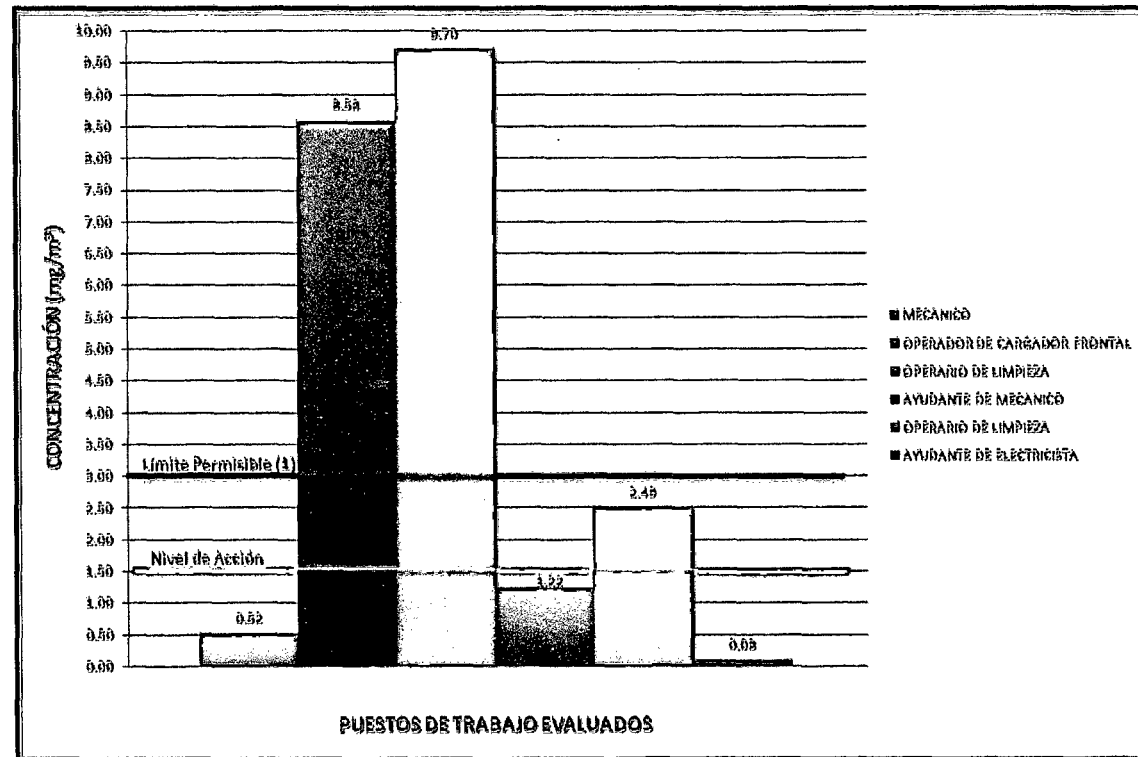


TABLA N° 20

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN "CONTROL DE CALIDAD"
26 DE NOVIEMBRE 2010**

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓ (mg/m ³)	LÍMITE PERMISIBLE, mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
MUESTRERO DE PLANTA	VICTOR RIVAS SABA	CLSA	07:13:00 a.m.	02:52:00 p.m.	464	1.17	3.0
MUESTRERO	LUIS MENDEZ MEDRANO	CLSA	07:20:00 a.m.	02:50:00 p.m.	457	0.14	
MUESTRERO DE ENVASE	REYNALDO ACHILLI MAYHUI	SERVIMAR	07:24:00 a.m.	02:56:00 p.m.	378	0.17	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

Gráfico N° 6

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN "CONTROL DE CALIDAD"**

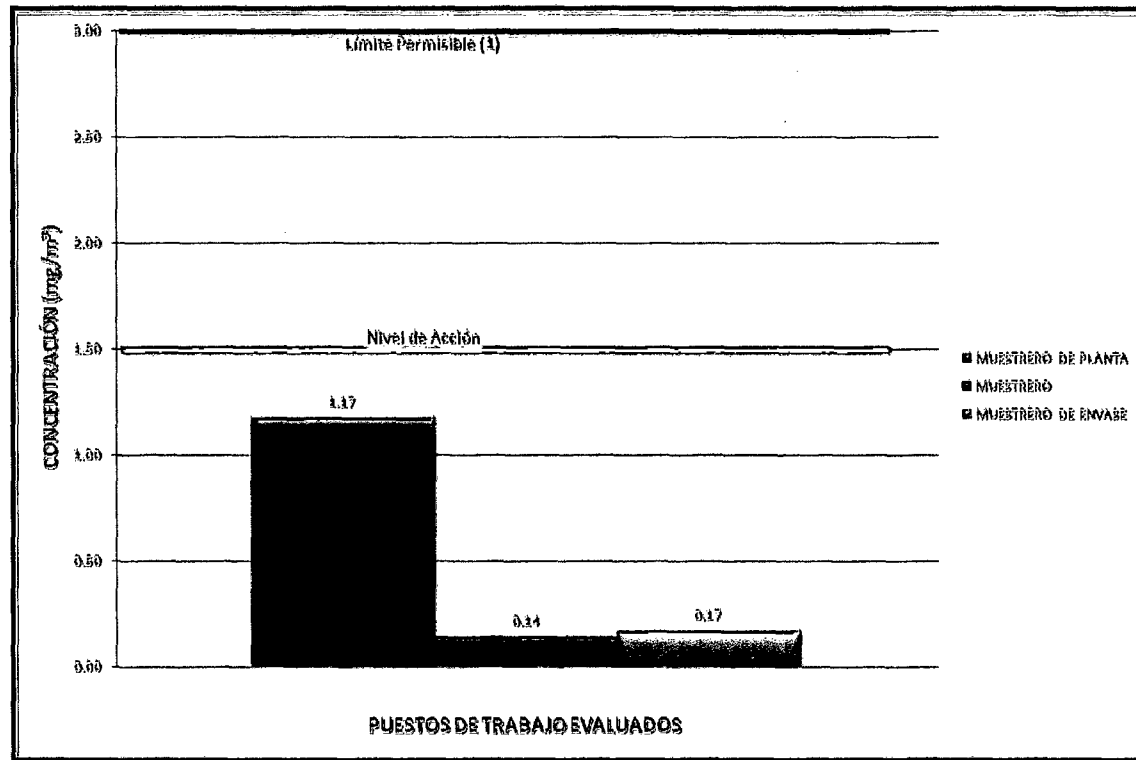


TABLA N° 21
CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN DE MATERIAS PRIMAS
26 DE NOVIEMBRE 2010

CHANCADORA PRIMARIA

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓ N (mg/m3)	LÍMITE PERMISIBLE , mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
OPERARIO DE CHANCADORA PRIMARIA	JOSE ESPINO MENDOSA	CLSA	08:23:00 a.m.	02:35:00 p.m.	371	0.50	3.0
OPERARIO DE CHANCADORA PRIMARIA	FERNANDO SOTO RUIZ	CLSA	08:31:00 a.m.	02:40:00 p.m.	373	0.39	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

CANCHA SILICE

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓ N (mg/m3)	LÍMITE PERMISIBLE , mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
ESTIBADOR DE SILICE	OSCAR LEON MENDOZA	INDEPENDIENTE	07:40:00 a.m.	03:00:00 p.m.	381	0.15	3.0
ESTIBADOR DE SILICE	LUIS NAVARRO ACONSO	INDEPENDIENTE	07:40:00 a.m.	03:00:00 p.m.	383	0.06	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

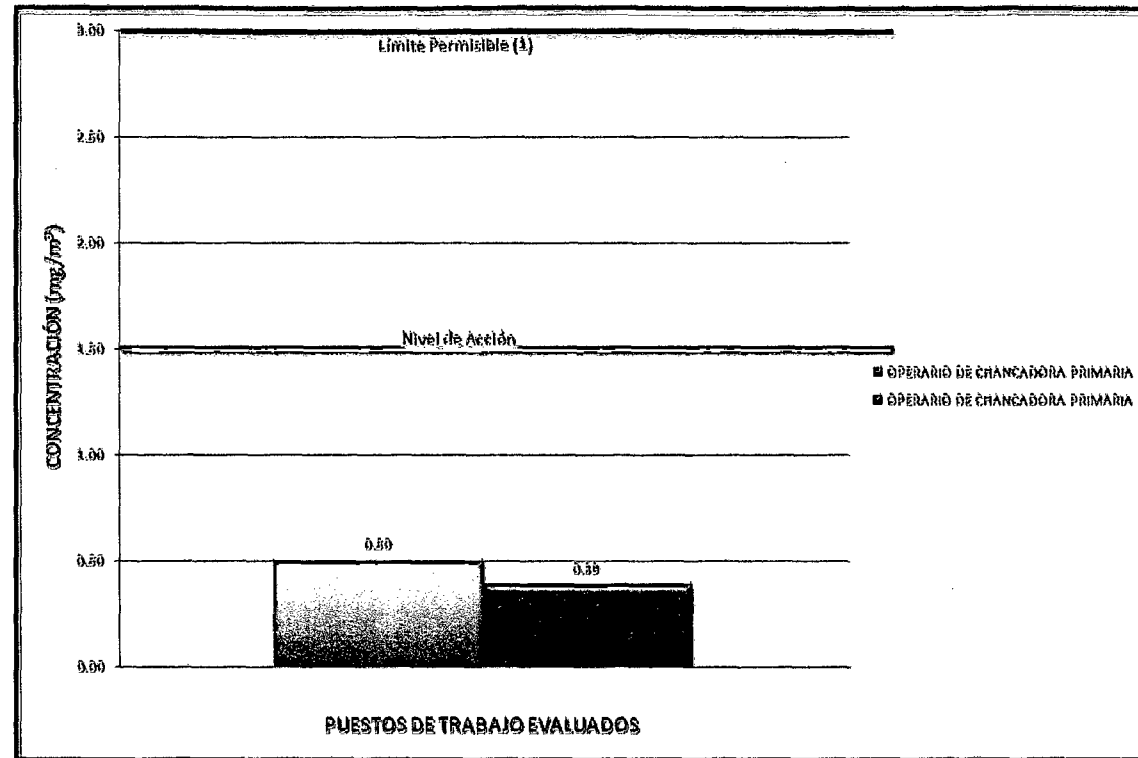
Gráfico N° 7 A**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN DE MATERIAS PRIMAS**

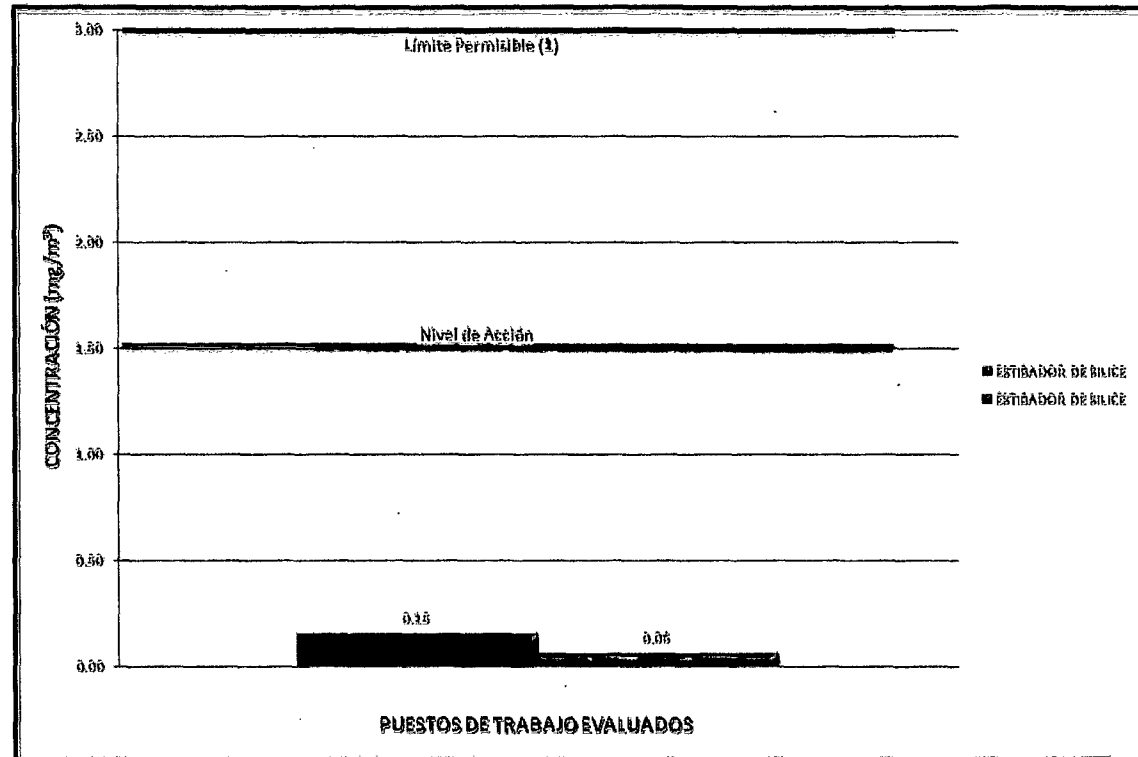
Gráfico N° 7 B**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN DE MATERIAS PRIMAS**

TABLA N° 22

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN MANTENIMIENTO MECÁNICO
27 DE NOVIEMBRE 2010**

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓN N (mg/m ³)	LÍMITE PERMISIBLE , mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestre o (min)		
MECANICO	CARLOS CHUMPITAZ ESPINOZA	CLSA	08:30:00 a.m.	03:36:00 p.m.	432	0.27	3.0
MECANICO	PAULO TUPULLIMA LOPEZ	CLSA	08:13:00 a.m.	03:40:00 p.m.	447	0.23	
MECANICO	MIGUEL REYNA ROLDAN	CLSA	08:44:00 a.m.	03:50:00 p.m.	426	1.32	
MECANICO	ANGEL PUENTE PINO	CLSA	08:11:00 a.m.	03:50:00 p.m.	449	0.04	
MECANICO	MAXIMO SARA VIA NAVARRO	CLSA	07:05:00 a.m.	03:41:00 p.m.	517	0.11	
MECANICO	ALBERTO AGAPITO SOTO	CLSA	07:58:00 a.m.	04:00:00 p.m.	482	0.28	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

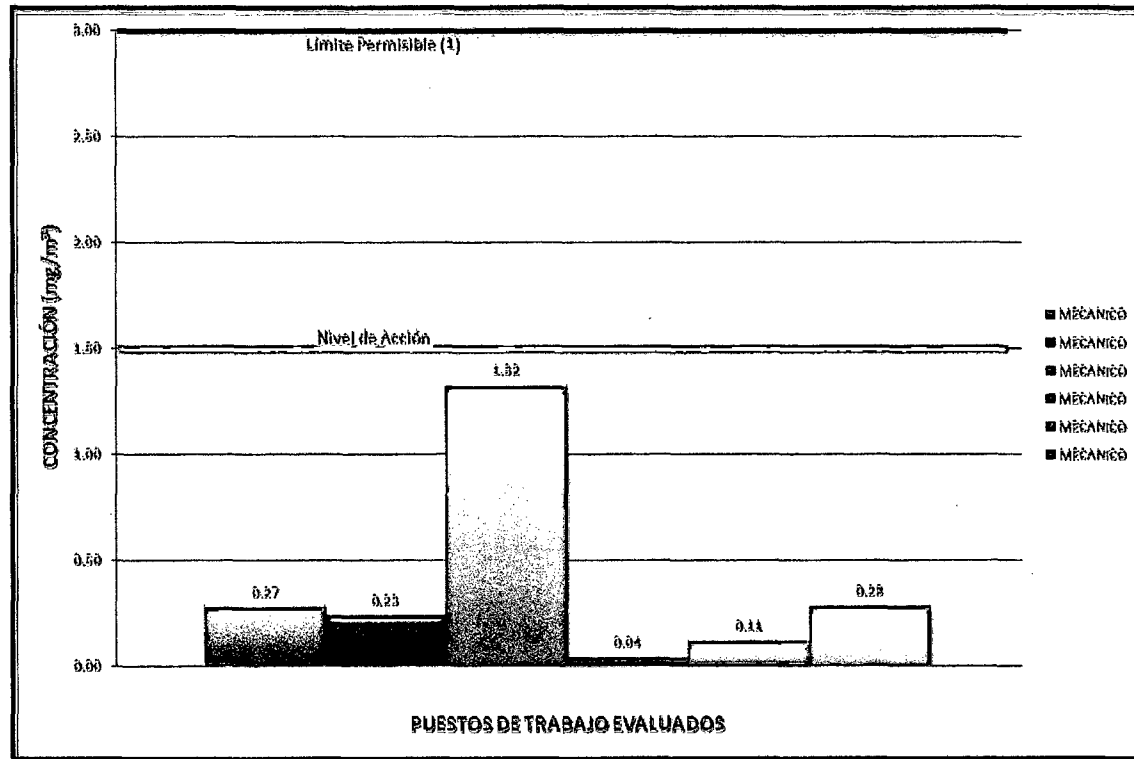
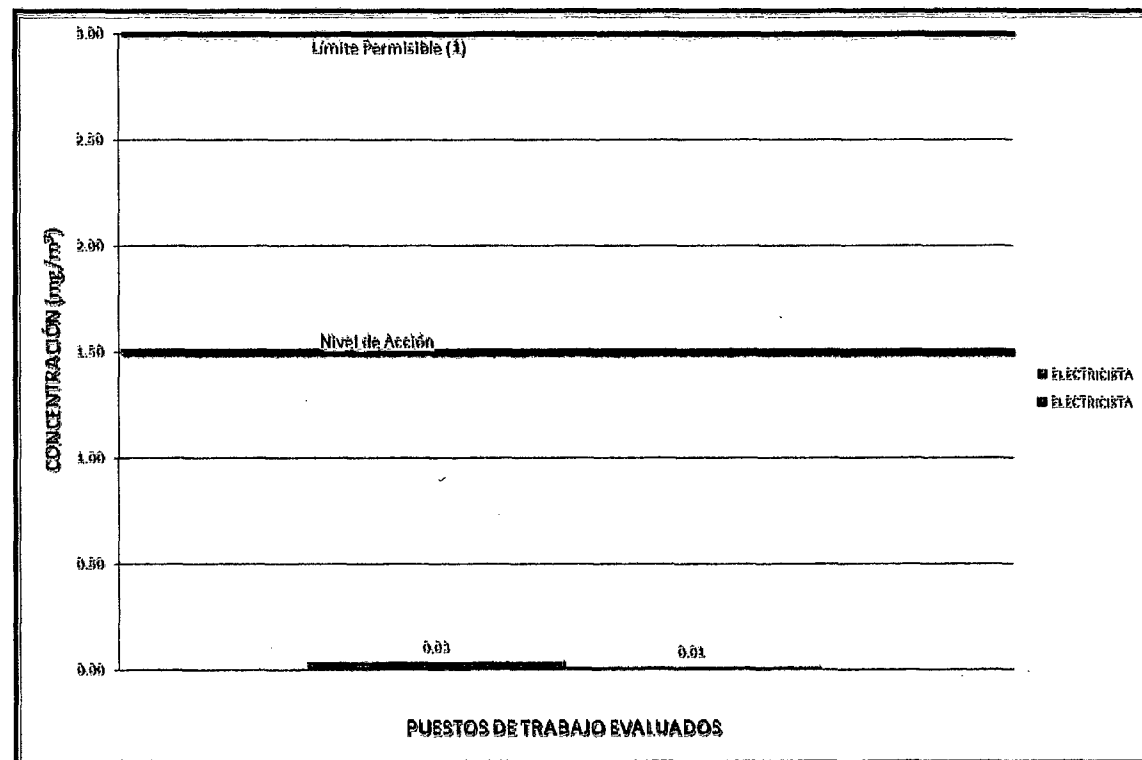
Gráfico N° 8**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN MANTENIMIENTO MECÁNICO**

TABLA N° 23

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
 AREA: DIVISIÓN MANTENIMIENTO ELECTRICO
 27 DE NOVIEMBRE 2010**

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRES A	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓ N (mg/m ³)	LÍMITE PERMISIBLE , mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
ELECTRICISTA	FRANK CHUQUICONDOR TARAZONA	F & T	07:16:00 a.m.	03:52:00 p.m.	525	0.03	3.0
ELECTRICISTA	ALBERTO VILCHEZ GONZALES	CLSA	07:14:00 a.m.	03:53:00 p.m.	527	0.01	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

Gráfico N° 9**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN MANTENIMIENTO ELECTRICO**

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos, de las concentraciones de partículas de fracción respirable, durante el período de evaluación del 14 al 27 de noviembre del 2010, se concluye que existe exposición ocupacional del personal en algunos puestos de trabajo; tales como en el puesto del operario de limpieza en las áreas de la División de "Envase"; en el puesto del estibador de carbón del área de División "Carbón"; en los puestos del operador de cargador frontal y operario de limpieza, ambos del área "Lomo de Corvina". En todos estos puestos, las concentraciones superaron el límite máximo permisible de 3 mg/m³.
2. Sin embargo en la mayoría de puestos de trabajo, se obtuvo concentraciones de partículas de fracción respirable que superaron el 50 % del límite máximo permisible; por lo tanto se concluye que es necesario tomar acciones correctivas en estos puestos de trabajo a fin de eliminar o disminuir el riesgo ocupacional.
3. Las condiciones de exposición en el ambiente de trabajo posibilitan el ingreso de partículas, a través de la inhalación, sin embargo, los trabajadores adoptan prácticas sanitarias incorrectas que posibilitan el ingreso del material particulado a través de la ingestión (boca) y contacto con la piel.
4. Las dificultades en el sistema de comunicación entre compañeros del mismo grupo de trabajo y de otras áreas, así como los niveles de ruido generados por el funcionamiento de los hornos, condiciona el uso incorrecto del equipo de protección respiratoria que favorece el ingreso por la boca de material particulado y otros agentes químicos presentes en el lugar de trabajo.
5. La reglamentación con respecto a la dotación de respiradores descartables debe ser una prioridad del comité de seguridad e higiene industrial así el trabajador se encuentre en una zona donde las concentraciones están alrededor de 0.05 mg/m³ debido al gran movimiento de un área a otra y al constante mantenimiento de los colectores de polvo.
6. La ley General de Salud. Ley N° 26842., El Reglamento de Seguridad e Higiene Minera. D.S. N° 046/0, El Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud además de establecer los límites máximos permisibles debe exigir los lineamientos de un Programa de Protección Respiratoria que incluye capacitaciones periódicas, información de los riesgos

y efectos en la salud, uso correcto y mantenimiento de los equipos de protección, entre otros.

RECOMENDACIONES

Dentro de la planificación del sistema de vigilancia de la salud ocupacional se recomienda lo siguiente:

- Establecer un Programa de monitoreo anual, donde se determine la exposición ocupacional a partículas respirables de todos los trabajadores, en los distintos turnos de trabajo, considerando las distintas condiciones de exposición extraordinaria y típica, que incluya la operación normal y/o períodos de mantenimiento; así como la realización de muestreos continuos de 8 ó 10 horas, según corresponda a cada área.
- Informar a los trabajadores los avances obtenidos con el programa implementado a fin de involucrarlos con su participación permanente.
- Efectuar exámenes médicos específicos al personal de todos los puestos de trabajo como Línea Base para el inicio de la implementación del Programa de Protección Respiratoria.
- Establecer un Programa de Protección Respiratoria que deberá seguir los lineamientos establecidos por la OSHA 3079, 2° Revisión: "Respiratory Protection" (2002), que incluye capacitaciones periódicas, información de los riesgos y efectos en la salud, uso correcto y mantenimiento de los equipos de protección, entre otros.
- Establecer un Programa de Educación Sanitaria que permita reforzar los conceptos de aseo, seguridad, orden y limpieza entre los trabajadores, a fin de que no se expongan en forma innecesaria a los agentes químicos (partículas de polvo).

Esta actividad debe ser acompañada con un Programa de Motivación, para que los trabajadores tomen conciencia de la realización de las buenas prácticas de Salud y Seguridad en el Trabajo.

Dentro de este Programa deberá incluirse lo siguiente:

- a) Uso de uniforme completo para proteger la piel de los trabajadores.

- b) Establecer áreas de descanso habilitada por la Empresa para que los trabajadores realicen la ingesta de líquidos. Esta área deberá contar con un lavadero, jabón dispensador líquido y papel toalla.
- c) Evaluar la posibilidad de realizar el lavado de uniformes de trabajo a través de una lavandería industrial, a fin de evitar que sean lavados en sus viviendas.
- Una de las exigencias en el Programa de Protección Respiratoria es de realizar la prueba de presión positiva y negativa al momento de colocarse el equipo protector respiratorio a fin de asegurar el buen sellado del equipo con el rostro; por lo tanto no se debe utilizar respiradores descartables y en su reemplazo utilizar un respirador de media cara, con capacidad para mantenimiento periódico, el cual cumpla con normas y certificación NIOSH. El respirador elegido deberá contar con accesorios de fácil reemplazo.

A nivel de procesos se recomienda seguir las siguientes indicaciones para controlar la exposición de sílice cristalina respirable y proteger la salud de los trabajadores:

Puntos principales:

- El sistema de extracción debe tener la suficiente potencia para recolectar el altamente cargado con polvo genera al llenar los sacos.
- Limpie solamente con el método aspiración o limpieza húmeda.
- La inhalación de polvo puede causar silicosis.
- Mantenga la exposición a un mínimo mediante el uso de todas las medidas de control que se indican en este documento. Asegúrese que las medidas de control funcionen.
- Mantenga las fuentes de emisión a un mínimo.
- Los sacos también se cubren de polvo. Esta es otra fuente de exposición.
- Las nubes de polvo se producen al remover los polvos finos asentados y al limpiar las áreas que están por encima de la cabeza.
- El proceso de perforación de rocas produce niveles altos de polvo en la broca de barrena.
- Los niveles altos de polvo producidos en la pulverización en seco pueden escapar a través de cojinetes y sellos que no ha recibido el mantenimiento adecuado.
- Se requiere de muestreo ambiental.
- Se requiere de un sistema de vigilancia de la salud.

Peligros:

- Los trabajos en canteras pueden generar sílice cristalina respirable en el ambiente.
- Todos los tipos de sílice cristalina respirable son peligrosos, ya que son causantes de silicosis. Esta es una enfermedad pulmonar grave que causa discapacidades permanentes y muerte temprana.
- La silicosis empeora si la persona fuma.
- "Respirable" significa que el polvo puede inhalarse y llegar a las partes más profundas de los pulmones. Este tipo de polvo fino es invisible a la luz normal.

- Si se siguen las medidas de control adecuadamente, por lo general se logra reducir la concentración de sílice cristalina respirable a menos de 0.1 mg/m³ (como promedio ponderado en el tiempo de 8 horas).

Procedimientos:

- Siempre asegúrese de que el sistema de extracción del polvo esté encendido y funcione antes de comenzar a trabajar.
- Asegúrese de que los trabajadores verifiquen que el equipo de protección respiratoria esté funcionando adecuadamente cada vez que lo usen.
- Sacuda periódicamente los filtros (por ejemplo, cada hora) o utilice un chorro reverso automatizado de limpieza.
- Asegúrese de que se puedan obtener repuestos fácilmente.

Acceso e instalaciones:

- Solo permita el ingreso del personal autorizado.
- Utilice un circuito cerrado de televisión para monitorear el proceso y reducir la necesidad de que la gente esté físicamente en el lugar.

Equipo:

- Diseñe equipos que resistan los efectos abrasivos de los materiales que contengan sílice.
- ¿Se puede programar la extracción de mineral durante las épocas más húmedas?
- Mantenga al operador separado de otros trabajadores en una cabina de control ventilada. **Suministre aire filtrado (HEPA)(*) a la cabina de control.**
- Coloque un manómetro o un indicador de presión que indique si el suministro de aire limpio funciona adecuadamente.
- Marque el rango aceptable de lecturas.
- Durante condiciones climáticas secas, equipe el rastrillo con un nebulizador montado en caña sobre el mecanismo del rastrillo o vástago.
- Mantenga los caminos húmedos para ayudar a suprimir el polvo.

- Moje las calles de adoquines regularmente y limite la velocidad de los vehículos.

Mantenimiento, evaluación y pruebas:

- Los minerales y los polvos con contenido de sílice son muy abrasivos. Programe un mantenimiento periódico.
- Utilice un sistema de trabajo que incluya información por escrito y defina cuál es el equipo de protección personal que se requiere para el mantenimiento.
- Siga las instrucciones de los manuales de mantenimiento y mantenga el equipo funcionando en forma eficaz y eficiente.
- Mantenga todo el equipo de protección respiratoria en condiciones de uso eficaz y eficiente.
- Mantenga vacías las trampas de aceite y de agua de la línea de aire; y los filtros limpios.
- Diariamente, observe si hay señales de daños. Realice las reparaciones.
- Revise que los asientos de los filtros estén en buenas condiciones.
- Todos los controles deben mantenerse en buenas condiciones de uso.
- Se necesita conocer las especificaciones del fabricante para revisar el desempeño del sistema de extracción.
- Si esta información no está disponible, contrate a un ingeniero especializado en ventilación para que determine el desempeño que se requiere para realizar un control eficaz. El informe del ingeniero debe indicar las velocidades de extracción a alcanzar.
- Conserve esta información en la libreta donde mantiene las fechas de prueba de los equipos.
- Contrate a un ingeniero experto en ventilación para que examine minuciosamente el sistema de extracción del polvo y evalúe su desempeño al menos una vez cada 14 meses.
- Mantenga registros por escrito de todas las inspecciones y las pruebas que se realicen y guarde esta información por lo menos durante 5 años.

(*)filtrado (HEPA): Del inglés (High Efficiency Particulate Air) es un tipo de filtro de aire de alta eficiencia que satisface unos estándares.

- Revise los registros: los patrones de fallas indican áreas que requieren de mantenimiento preventivo.
- Realice evaluaciones ambientales para revisar que las medidas de control estén funcionando bien.

Equipo de protección personal:

- Solicite ayuda del proveedor para seleccionar el equipo de protección personal adecuado.
- Designe áreas de almacenamiento separadas para los equipos de protección personal limpios y sucios.

Equipo de protección respiratoria:

- Si las medidas de control funcionan en forma adecuada, no se necesita el equipo de protección respiratoria.
- A menudo se requiere de equipo de protección respiratoria para trabajar cerca del equipo en funcionamiento y para las tareas de mantenimiento y limpieza.
- Los equipos de protección respiratoria con fuente de energía o sistema de alimentación de aire son más cómodos.
- Elija un equipo de protección respiratoria (adecuado para la persona que lo usa, su ocupación y ambiente de trabajo).
- Determine el nivel de protección necesario de acuerdo a los datos obtenidos del muestreo ambiental. De lo contrario, utilice un equipo de protección respiratoria con un factor de protección asignado de al menos 40.
- Asegúrese de revisar que todos los equipos de protección respiratoria le queden bien a las personas que los van a utilizar. Consulte con su proveedor.
- Capacite a los trabajadores para que verifiquen que su equipo de protección respiratoria funcione adecuadamente antes de usarlo.
- Remplace los filtros del equipo de protección respiratoria de acuerdo con las recomendaciones del proveedor.

- Mantenga limpios los equipos de protección respiratoria. Almacénelos en un sitio libre de polvo.

Otros tipos de equipo de protección personal:

- Proporcione overoles que no retengan polvo. Use telas sintéticas y no use materiales de algodón o tejidos.
- Contrate un servicio de lavandería o equivalente para lavar la ropa de trabajo. Adviértales que la ropa contiene polvo con sílice.
- Las cremas para la piel ayudan a limpiar la contaminación de la piel. Las cremas que se usan después del trabajo ayudan a restablecer la humedad de la piel.

Vigilancia de la salud:

- Es necesario tener un sistema de vigilancia de la salud a menos que los niveles de exposición a la sílice respirable estén considerablemente por debajo del límite permitido.
- Consulte con un especialista en salud ocupacional.

Limpieza:

- Limpie la cabina de control al menos una vez por semana. La presencia de polvo fino en las superficies del interior de la cabina indica un sistema de limpieza inadecuado.
- Utilice una aspiradora tipo H(**) con filtro HEPA o realice una limpieza húmeda.

Precaución: nunca permita el uso de aire comprimido para remover el polvo de la ropa.

(**) aspiradora tipo H: Tipo de aspiradora apropiada para recoger polvo y residuos que son peligrosos para la salud en una zona.

Capacitación y supervisión:

- Informe a los trabajadores que el polvo de sílice puede causar enfermedades pulmonares graves.
- Trabajar en la forma adecuada y utilizar correctamente los medios de control son medidas importantes para el control de la exposición. Capacite y supervise a los trabajadores.

1. PERFORACIÓN DE ROCA, EXCAVACION, ACARREO Y HARINA DE SILICE

Equipo:

- Deje que el polvo se asiente y compacte en el interior del silo antes de ensacarlo.
- ¿Puede convencer a sus clientes de que reciban productos a granel?
- ¿Se puede usar un sistema de ensacado automático tipo carrusel con alimentación de tornillo para llenar los sacos lentamente?
- Conecte el sistema de extracción con el sistema de iluminación de la cabina.
- Utilice cortinas plásticas u otro material adecuado para encerrar el área de transferencia de sacos.
- Por lo general, es necesario usar el equipo de protección respiratoria para reducir la exposición a un nivel aceptable.
- También utilice equipo de protección respiratoria para realizar cualquier trabajo en áreas cercanas al sector de llenado de sacos.
- Encierre el área de llenado lo más que sea posible, con un sistema de extracción para atrapar el polvo que se genera al llenar los sacos y al retirarlos de la boquilla de llenado.

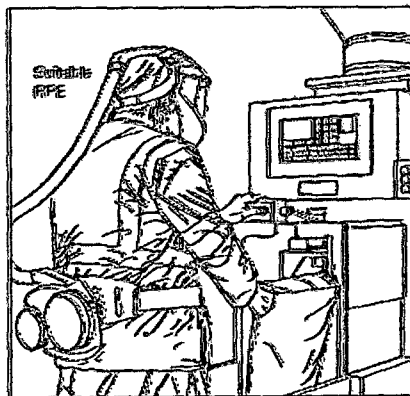


FIGURA N° 12 – EQUIPO DE ENVASE

- Utilice sacos de buena calidad para reducir fugas a través de las costuras.
- Asegure el saco al cabezal de llenado durante esta operación.
- Controle la velocidad de llenado para que la extracción continúe siendo eficaz.
- Coloque un manómetro o un indicador de presión cerca del punto de extracción, que indique si el sistema funciona adecuadamente.
- Marque el rango aceptable de lecturas.
- Descargue el aire extraído limpio en áreas exteriores seguras, alejadas de puertas, ventanas o ingresos de aire.
- Mantenga un suministro constante de aire limpio en el lugar de trabajo para reemplazar el aire extraído.
- Coloque un indicador o alarma que muestre si los filtros se obstruyen o fallan.
- Consulte con un ingeniero experto en ventilación para diseñar los nuevos sistemas de control o para mejorar los actuales.

Almacenamiento:

- Delimite las áreas para almacenamiento y coloque señales claras.
- Asegúrese de que los derrames pueden ser contenidos y limpiados sin levantar polvo.
- Los sacos de papel están a menudo contaminados con polvo por fuera, que se suelta al manipular los sacos. Utilice equipo de protección respiratoria (RPE) para la manipulación de sacos.

2. CHANCADO O TRITURADO:

Equipo:

- ¿Se pueden programar las operaciones de triturado de manera que coincidan con las épocas más húmedas del año?
- Utilice un circuito cerrado de televisión para monitorear el proceso.
- Si es posible, ubique las trituradoras al aire libre, lejos de las estructuras en que haya personas. Las trituradoras ubicadas en interiores requieren de una tasa alta de ventilación.
- Use un sistema de supresión del polvo con agua.
- Asegúrese de que el suministro de agua sea adecuado y protéjalo para evitar que se forme hielo durante las épocas de temperatura fría.

3.TAMIZADO EN SECO:

Puntos principales:

- Cuando el mineral seco pasa por tamices vibratorios se producen niveles altos de polvo.

Equipo:

- Diseñe equipos que resistan los efectos abrasivos de los materiales que contengan sílice.
- Mantenga al operador separado de otros trabajadores en una cabina de control. Suministre aire filtrado (HEPA) a la cabina de control.
- Utilice un circuito cerrado de televisión para monitorear el proceso.
- Encierre el área de la planta y los tamices dentro de lo posible.
- Los sistemas de extracción del polvo deberán tener la suficiente velocidad de entrada del aire para minimizar la fuga de polvo.

- Asegúrese de que los puntos de transferencia entre tamices y correas transportadoras estén adecuadamente sellados y tengan sistema de extracción.
- Coloque un manómetro o un indicador de presión cerca del punto de extracción, que indique si el sistema funciona adecuadamente.
- Marque el rango aceptable de lecturas.
- Para los puntos múltiples de extracción, basta con un método simplificado para revisar la presión.
- Consulte con un ingeniero experto en ventilación para diseñar los nuevos sistemas de control o para mejorar los actuales.

Mantenimiento, evaluación y pruebas:

- Al menos una vez a la semana, revise que la cabina esté protegida contra el ingreso de polvo y que el sistema de extracción del polvo y los medidores de presión estén funcionando adecuadamente.
- Cambie los filtros HEPA de ingreso de aire mensualmente o al menos después de cada 250 horas de uso, o de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Consulte con el proveedor de la unidad.
- Todos los controles deben mantenerse en buenas condiciones de uso.
- Es necesario conocer las especificaciones del fabricante para revisar el desempeño del sistema de extracción.

3. SECADO Y ENFRIAMIENTO:

Puntos principales

- El vaciado del mineral produce niveles altos de polvo.

Equipo

- Utilice un circuito cerrado de televisión para monitorear el proceso.
- Encierre el área de la planta en la medida que sea posible.
- El secado genera gran cantidad de polvo. El transporte y el almacenamiento en silos también genera polvo.
- Los secadores rotatorios y enfriadores ubicados en interiores necesitan ventilación forzada para diluir y remover el aire con polvo.
- Asegúrese de que los secadores y enfriadores ubicados al aire libre sean resistentes a las condiciones climáticas.
- Instale sistemas de extracción del polvo en las aberturas. No retorne simplemente el polvo extraído al producto seco.
- Siempre minimice la distancia de caída del producto seco.
- Asegúrese de que los secadores y enfriadores tengan una velocidad de entrada del aire de al menos 1 metro/segundo.
- Para los puntos múltiples de extracción, basta con un método simplificado para revisar la presión.
- Consulte con un ingeniero experto en ventilación para diseñar los nuevos sistemas de control o para mejorar los actuales.

Mantenimiento, evaluación y pruebas

- Al menos una vez a la semana, revise que la cabina esté protegida contra el ingreso de polvo y que el sistema de extracción del polvo y los medidores de presión estén funcionando adecuadamente.

- Cambie los filtros HEPA de ingreso de aire mensualmente o al menos después de cada 250 horas de uso, o de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Consulte con el proveedor de la unidad.

4. POLVO MINERAL: LLENADO Y TRANSFERENCIA DE SACOS PEQUEÑOS (15 - 50 KG):

Puntos principales:

- El sistema de extracción debe tener la suficiente potencia para recolectar la cantidad de polvo que se genera al llenar los sacos, transportarlos y colocarlos sobre plataformas o palés.
- Los sacos también se cubren de polvo. Esta es otra fuente de exposición.
- La inhalación de polvo puede causar silicosis.

Equipo:

- Deje que el polvo se asiente y compacte en el interior del silo antes de ensacarlo.
- ¿Puede convencer a sus clientes de que reciban productos a granel?
- ¿Se puede usar un sistema de ensacado automático tipo carrusel con alimentación de tornillo para llenar los sacos lentamente?
- Conecte el sistema de extracción con el sistema de iluminación de la cabina.
- Utilice cortinas plásticas u otro material adecuado para encerrar el área de transferencia de sacos.
- Por lo general, es necesario usar el equipo de protección respiratoria (RPE) para reducir la exposición a un nivel aceptable.
- También utilice equipo de protección respiratoria (RPE) para realizar cualquier trabajo en áreas cercanas al sector de llenado de sacos.
- Encierre el área de llenado lo más que sea posible, con un sistema de extracción para atrapar el polvo que se genera al llenar los sacos y al retirarlos de la boquilla de llenado.
- Utilice sacos de buena calidad para reducir fugas a través de las costuras.
- Asegure el saco al cabezal de llenado durante esta operación.
- Controle la velocidad de llenado para que la extracción continúe siendo eficaz.
- Asegúrese de que la velocidad de entrada del aire es de al menos 1 metro/segundo en la cara de extracción.

- Descargue el aire extraído limpio en áreas exteriores seguras, alejadas de puertas, ventanas o ingresos de aire.
- Mantenga un suministro constante de aire limpio en el lugar de trabajo para reemplazar el aire extraído.
- Coloque un indicador o alarma que muestre si los filtros se obstruyen o fallan.
- Consulte con un ingeniero experto en ventilación para diseñar los nuevos sistemas de control o para mejorar los actuales.

Almacenamiento:

- Delimite las áreas para almacenamiento y coloque señales claras.
- Asegúrese de que los derrames pueden ser contenidos y limpiados sin levantar polvo.
- Los sacos de papel están a menudo contaminados con polvo por fuera, que se suelta al manipular los sacos. Utilice equipo de protección respiratoria (RPE) para la manipulación de sacos.

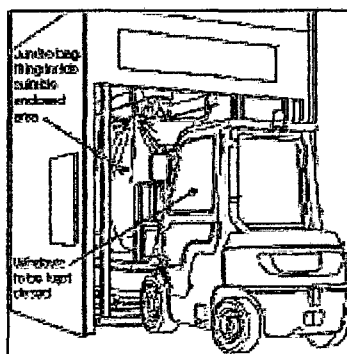


FIGURA N° 13 – LLENADO DE SACOS GRANDES

5. OPERACIONES DE EMPACADO A PEQUEÑA ESCALA: PRODUCTOS SECOS CON CONTENIDO DE SÍLICE:

Concentración de sílice cristalina en materiales comunes:

- Los polvos minerales y la harina de sílice son ingredientes comunes en productos como revestimientos superficiales, abrasivos, plásticos, lechadas, mástiques, esmaltes para vidriados cerámicos y materiales para el moldeado por inversión o a cera perdida.
- La harina de sílice contiene 100% de sílice cristalina. Consulte la hoja de datos de seguridad para obtener información acerca de las concentraciones de sílice en polvos minerales.

Equipo:

- Por lo general, es necesario usar el equipo de protección respiratoria (RPE) para reducir la exposición a un nivel aceptable.
- Encierre el área de operaciones dentro de lo posible.
- Mantenga el área abierta lo más reducida que sea posible, pero deje suficiente espacio para trabajar en forma segura. Coloque tiras plásticas para reducir el área abierta.
- Ubique la cabina lejos de puertas, ventanas y lugares de tránsito peatonal para evitar las corrientes que interfieren con el sistema de extracción.
- Se requiere una velocidad del aire entre 1 y 1.5 metros/segundo en el espacio de encierre.
- Coloque un manómetro o un indicador de presión cerca del punto de extracción, que indique si el sistema funciona adecuadamente.
- Marque el rango aceptable de lecturas.
- Descargue el aire extraído limpio en áreas exteriores seguras, alejadas de puertas, ventanas o ingresos de aire.
- Mantenga un suministro constante de aire limpio en el lugar de trabajo para reemplazar el aire extraído.

- Coloque un indicador o alarma que muestre si los filtros se obstruyen o fallan.
- Consulte con un ingeniero experto en ventilación para diseñar los nuevos sistemas de control o para mejorar los actuales.

Dentro de los procesos existen actividades donde se producen grandes cantidades de polvo y es preferible seguir las siguientes indicaciones para controlar la exposición de sílice cristalina respirable y proteger la salud de los trabajadores:

1.CABINAS DE CONTROL Y VEHICULOS

Cabinas de control con filtración forzada

- Se debe consultar a un ingeniero calificado que asegure que el diseño logre controlar los niveles de polvo anticipados. El diseño debe cubrir los siguientes aspectos:
- Pre-filtros, para proteger el filtro principal de la presencia de polvo de sílice grueso.
- Tipo H11 para concentraciones externas de sílice cristalina respirable menores de 1 mg/m³.
- Tipo H12 o H13 para concentraciones externas de sílice cristalina respirable por encima de 1 mg/m³.
- Indicadores de presión que muestren que el sistema está funcionando correctamente.
- Alarmas que suenen cuando los filtros estén obstruidos.
- Un exceso de presión alrededor de 10 Pa dentro de la cabina para prevenir el ingreso de aire con polvo.
- Aletas para poder eliminar el exceso de presión.
- Sellado de puertas – neopreno resistente u otro material confiable; y puertas que se puedan cerrar por sí solas.

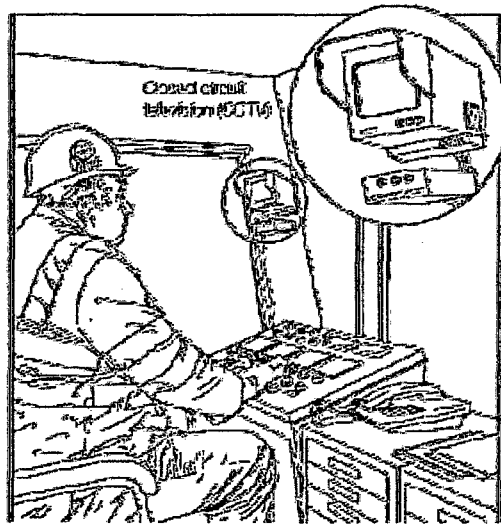


FIGURA Nº 14 -UTILIZACION DE CABINAS DE CONTROL

Utilización de cabinas de control:

- Los polvos abrasivos pueden cubrir rápidamente los equipos. Planifique chequeos regulares y mantenimiento de las partes críticas.
- Corrobore siempre que el suministro de aire a la cabina de control esté encendido y funcionando antes de comenzar a trabajar.
- Verifique los pre-filtros periódicamente – mantenga un repuesto.
- Verifique la integridad del sellado de los filtros diariamente, si los mismos son accesibles. Si no lo son, hay que verificar mensualmente y llevar a cabo una prueba de humo a mediados del mes.
- Cambie los filtros HEPA de ingreso de aire al menos cada 250 horas de uso, o de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Mantenga las puertas y las ventanas cerradas.
- Reduzca el polvo que está siendo arrastrado hacia adentro – use una esterilla pegajosa (adherente) o bota de goma.
- Limpie la cabina de control por lo menos una vez a la semana. Utilizar una aspiradora tipo H con filtro HEPA, o realizar una limpieza húmeda.
- Defina y suministre el equipo de protección personal para trabajar fuera de la cabina.

Vehículos con cabinas con ventilación forzada:

- Los niveles elevados de polvo resultan de la transferencia del material al vehículo y del transporte en carreteras sin pavimentar durante las estaciones de sequía.
- ¿Se puede programar la extracción del mineral durante las estaciones más húmedas?
- Periódicamente, lave con sistema de presión positiva (de arriba hacia abajo) las vías de metal y limite la velocidad del vehículo.
- La cabina debe tener las siguientes características:
 - pre-filtro para proteger el filtro HEPA principal;
 - indicadores de presión que indiquen si el sistema está funcionando adecuadamente;
 - un exceso de presión alrededor de 10 Pa dentro de la cabina para prevenir el ingreso de aire con polvo;
 - sellado de puertas – neopreno resistente u otro material confiable.

Utilización de cabinas con aire filtrado:

- Los polvos abrasivos pueden cubrir rápidamente los equipos. Planifique chequeos regulares y mantenimiento de las partes críticas.
- Siempre se debe corroborar que el suministro de aire a la cabina de control esté encendido y funcionando antes de comenzar a trabajar.
- Verifique los pre-filtros periódicamente – mantenga un repuesto.
- Cambie los filtros HEPA de ingreso de aire al menos cada 250 horas de uso, o de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Mantenga las puertas y las ventanas cerradas.
- Verifique cualquier auto-prueba de aire acondicionado cada vez que se encienda la máquina.
- Limpie con aspirado la cabina del vehículo por lo menos una vez a la semana.
- Utilice una aspiradora tipo H con filtro HEPA, o realice una limpieza húmeda.

2. LIMPIEZA DE POLVO DE SILICE

Acceso e instalaciones:

- Los pisos deben tener una inclinación gradual hacia las zanjas de drenaje para ayudar a remover el polvo mediante el lavado húmedo.
- Proteja las instalaciones eléctricas del agua.

Equipo:

- Por lo general, es necesario usar el equipo de protección respiratoria (RPE) para reducir la exposición a un nivel aceptable.
- Coloque un sistema integral de limpieza por aspiración con múltiples conexiones al sistema central de recolección de polvo.
- Coloque un manómetro o un indicador de presión cerca del punto de extracción, que indique si el sistema funciona adecuadamente.
- Marque el rango aceptable de lecturas.
- Coloque un indicador o alarma que muestre si los filtros se obstruyen o fallan.

Precaución: los métodos de aspiración no son adecuados para limpiar derrames de polvo seco en grandes cantidades. Humedézcalos con un rocío fino y recójalos con una pala.

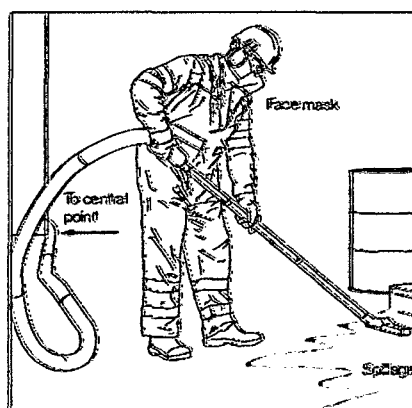


FIGURA N° 15 – LIMPIEZA DE POLVO DE SILICE

BIBLIOGRAFÍA

1. Bartey dl, Chen CC, Song R, Fischbach TJ (1994): Respirable Aerosol Sampler Performance Testing. 1036-1046. (Evaluación del rendimiento del muestreador de aerosol respirable).
2. Fundamentos de ventilación industrial v.v. Baturin – N°235 - Labor s.a.
3. Revista-Teoría y acción del mundo minero, año XXVII N°260, Lima, Septiembre (2008).
4. Ministerio de Minería Chile(2002): Guía Metodológica de seguridad para proyectos de ventilación de minas.
5. Bernard Ostle(1963): Estadística Aplicada –n°627- LIMUSA –WILEY
6. Seymour Lipschutz(2001): Probabilidad – N°324 – McGraw Hill
7. www: American Industrial Hygiene Found. <http://www.aiha.org>
8. www: National Institute for Occupational Safety and Health: <http://www.cdc.gov/niosh/>
9. www: Occupational Safety and Health Administration: <http://www.osha.gov/>
10. Organización Panamericana para la Salud. Enfermedades Ocupacionales: Guía para su diagnóstico. Informe de un Grupo Científico de la OPS. (1986) publicación Científica N° 480
11. Agencia Europa para la seguridad y salud en el trabajo. Evaluación de Riesgos Disponible en: <http://OSHA.europa.eu/es>

ANEXOS

ANEXO I
EVALUACION DE POLVO RESPIRABLES EN LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE CRISTAL OCEAN S.A. -2010

Cuadro N° 1

PUESTO DE TRABAJO EVALUADOS POR EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES
AREA: DIVISIÓN DE "PRODUCCIÓN"

CÓDIGO DE MUESTRA	PUESTO	TRABAJADOR	EMPRESA	TIEMPO DE MUESTREO (minutos)	FECHA
070211100	OPERARIO DE PRODUCCIÓN MAQUINA DE CALIBRADO	AQUERMAN AMBICHO ALEJO	CRYSTAL OCEAN S.A.	170	15 DE ABRIL 2010
070211101	OPERARIO DE PRODUCCIÓN MAQUINA MULTILAMINA	RICARDO YUPANQUI HUAMAN	CRYSTAL OCEAN S.A.	83	22 DE ABRIL 2010
070211102	AYUDANTE DE PRODUCCIÓN MAQUINA DE CALIBRADO	GABRIEL SANCHEZ LARIS	CRYSTAL OCEAN S.A.	180	23 DE ABRIL 2010

Tabla N° 1

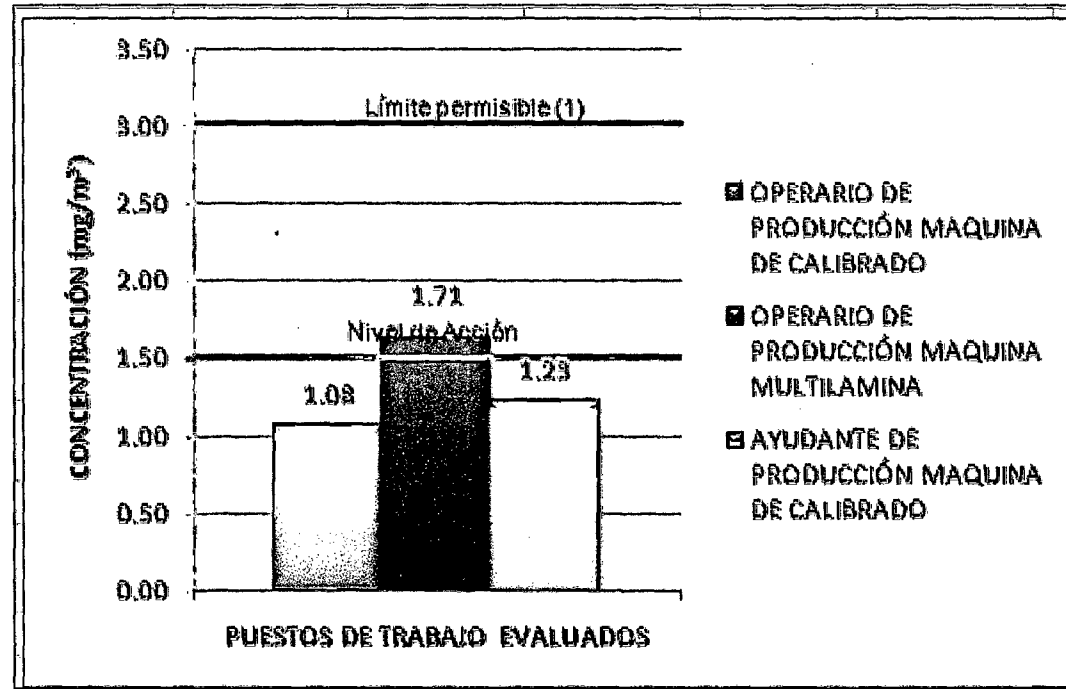
**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICION A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN DE "PRODUCCIÓN"**

PUESTO	NOMBRE TRABAJADOR	EMPRESA	PERIODO DE MONITOREO			CONCENTRACIÓN (mg/m ³)	LÍMITE PERMISIBLE, mg/m ³
			Hora Inicial	Hora Final	Tiempo de Muestreo (min)		
OPERARIO DE PRODUCCIÓN MAQUINA DE CALIBRADO	AQUERMAN AMBICHO ALEJO	CRYSTAL OCEAN S.A.	09:20:00 a.m.	12:10:00 p.m.	170	1.08	3.0
OPERARIO DE PRODUCCIÓN MAQUINA MULTILAMINA	RICARDO YUPANQUI HUAMAN	CRYSTAL OCEAN S.A.	2:17:00 p.m.	03:40:00 p.m.	83	1.71	
OPERARIO DE PRODUCCIÓN MAQUINA DE CALIBRADO	GABRIEL SANCHEZ LARIS	CRYSTAL OCEAN S.A.	09:40:00 a.m.	12:40:00 p.m.	180	1.23	

(1) Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Lima. 06/07/2005.

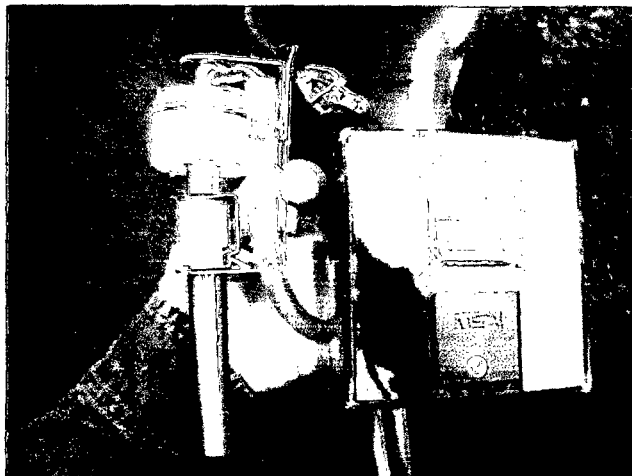
Gráfico N° 1

**CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES EN AMBIENTE DE TRABAJO
AREA: DIVISIÓN DE "PRODUCCIÓN"**



ANEXO II

PRUEBA DE EQUIPOS EN LA PLANTA CEMENTOS LIMA S.A.



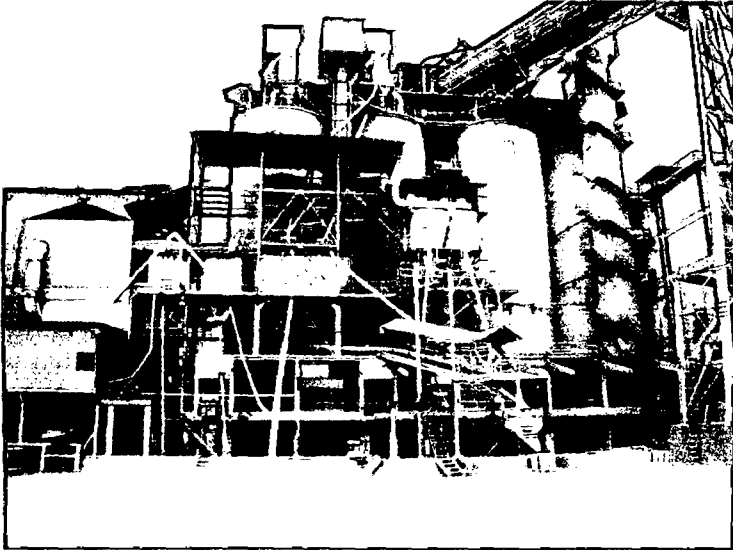
Verificación del estado del muestreador con ciclón de nylon este tiene que estar a una velocidad de 1,7 L/min según nuestro marco teórico.



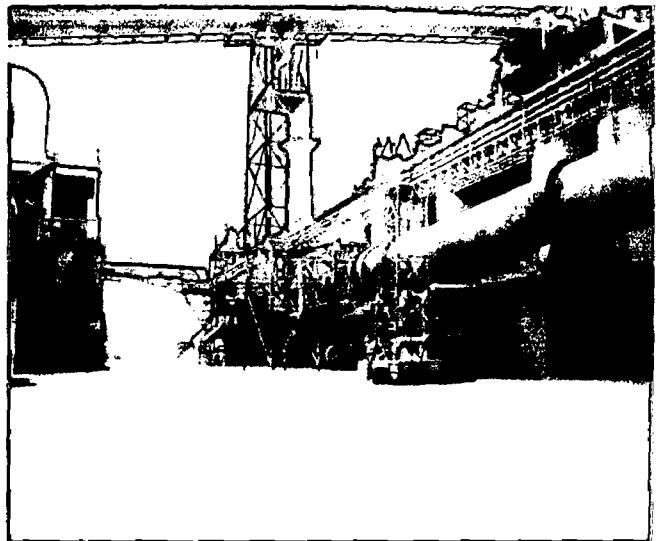
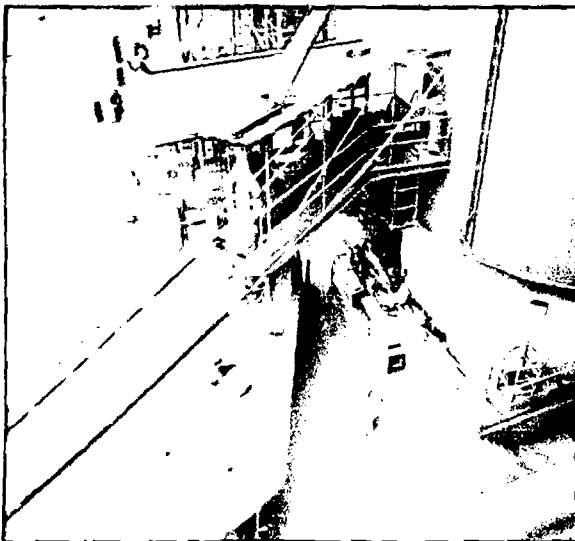
Se prueba el muestreador con un trabajador de Cementos Lima y se verifica la velocidad de succión de la bomba y la comodidad del mismo.

**ANEXO III
INSPECCIÓN DE ÁREAS DONDE SE IBAN A REALIZAR LOS ENSAYOS EN LA
EMPRESA CEMENTOS LIMA S.A.**

ÁREA DE ENVASE:



ÁREA DE PRODUCCIÓN:



ANEXO IV
IMAGENES DE LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA
REMOCION DE PARTICULAS RESPIRABLES DE LA PLANTA DE
PROCESAMIENTO DE CEMENTOS LIMA S.A.

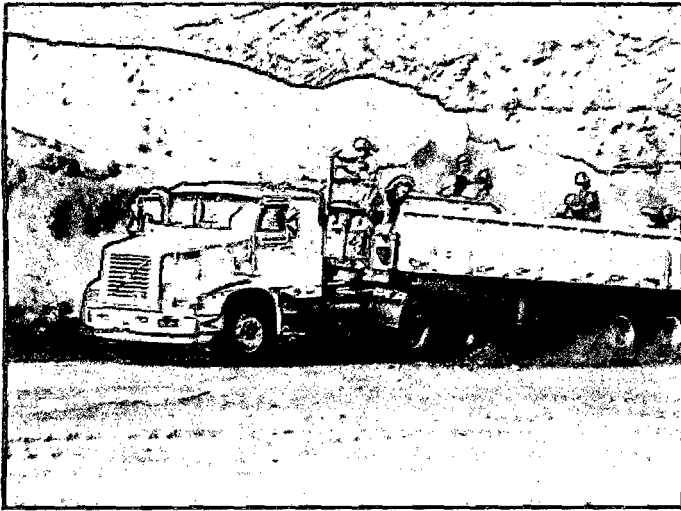
ÁREA DE PRODUCCIÓN:



ÁREA MUELLE CONCHAN (FAJA):



ÁREA CARBON:



ANEXO V

APENDICE A

Las estimaciones de la concentración de \hat{c}_s de toma de muestras se analizan de acuerdo con el modelo de

$$\hat{c}_s = c + \epsilon_{eval\ s} + \epsilon_s \quad (A1)$$

Los errores, $\epsilon_{eval\ s} = N[0, \sigma_{eval}^2]$ and $\epsilon_s = N[0, \sigma_{samp}^2]$, están representados por sus respectivas desviaciones estándar σ_{eval} and σ_{samp} . σ_{eval} contiene, por ejemplo, las fluctuaciones de la concentración de aerosoles de evaluación y recuento de los errores de σ_{samp} caracteriza a la variabilidad muestreadores.

La constante C es la concentración desconocida de medias ponderada que sería abordado por un promedio de muchas evaluaciones de los muestreadores de muchos. La constante C se calcula por el promedio de toma de muestras

$$\hat{c} = \frac{1}{S} \sum_s \hat{c}_s \quad (A2)$$

Del mismo modo, la varianza $\sigma_{samp}^2 + \sigma_{eval}^2$ de \hat{c}_s Se estima que con s-1 grados de libertad por

$$\hat{\sigma}_{samp}^2 + \hat{\sigma}_{eval}^2 = \frac{1}{S-1} \sum_s (\hat{c}_s - \hat{c})^2 \quad (A3)$$

con $\text{var}(\hat{c})$ dada por:

$$\text{var}(\hat{c}) = \frac{1}{S} [\sigma_{samp}^2 + \sigma_{eval}^2] \quad (A4)$$

Ecuación A4 es equivalente a la expresión de la $\text{var}(\hat{\Delta})$ dado en la ecuación 8.

σ_{eval} se estima a partir de la incertidumbre en los parámetros de ajuste de toma de muestras fijas s de la (conservative) de que toda la incertidumbre del error experimental, y ninguna parte de la falta de ajuste para te modelo. Entonces $\text{var}(\hat{c}_s)$ en fijo s se estima a partir de la varianza asintótica de la regresión no lineal-matriz de covarianza ${}^s\text{COV}_{ij}$ por

$$\text{var}(\hat{c}_s)_s \approx \sum_{ij} \frac{\partial \hat{c}_s}{\partial \theta_i} {}^s\text{cov}_{ij} \frac{\partial \hat{c}_s}{\partial \theta_j} \quad (\text{fixed } s). \quad (A5)$$

Esta cantidad es proporcional a la $(R \cdot F - 4)^{-1}$, donde R es el número de repeticiones y F, el número de caudales, en la evaluación.

Los derivados, $\frac{\partial \hat{c}_s}{\partial \theta_i}$ se puede calcular numéricamente. Averagíng más de s , una estimación de σ_{eval} viene dado por:

$$\hat{\sigma}_{\text{eval}}^2 \approx \frac{1}{S} \sum_s \sum_{i,j} \frac{\partial \hat{c}_s}{\partial \theta_i} \text{scov}_{ij} \frac{\partial \hat{c}_s}{\partial \theta_j} \quad (\text{A6})$$

Con aproximadamente $S(\text{RF} - 4)$ grados de libertad, ya que $4S$ los grados de libertad de determinar los parámetros de ajuste.

Las ecuaciones simultáneas A3 y A6 permiten la estimación del σ_{samp} y σ_{eval} individual (despreciando la falta de ajuste) para el uso en formato A4 una ecuación B4 ecuación de abajo. Cuando se aplica a los datos presentados en este artículo, los errores de evaluación del experimento descrito en el texto son pequeñas:

$$\hat{\sigma}_{\text{eval}}^2 \ll \hat{\sigma}_{\text{samp}}^2 \quad (\text{A7})$$

La variabilidad de la estimación de $\hat{\sigma}_{\text{samp}}^2$ se obtiene a través de la correlación insignificante supone entre el lado derecho de las ecuaciones de A3 y A6 como en la regresión lineal.

APENDICE B

Límite de confianza en la precisión

Un límite de confianza en la veracidad de A , que representa la incertidumbre en el experimento de evaluación, se calcula mediante la aproximación de la superficie de, $A(\Delta, \text{RSD}_{\text{samp}})$, como un plano que pasa por $(\Delta_0, \text{RSD}_{\text{samp}0})$, un punto fijo determinado aquí por el experimento de evaluación en sí. La aproximación de la distribución general de funciones lineales de sesgo y RSD_{samp} como normal conduce a un límite en A . El procedimiento de linealización de las hojas de un error depende de la curvatura de la superficie de precisión; i.e., an $O(S^{-1} \cdot \sigma^2 A / \partial \text{RSD}_{\text{samp}}^2)$ de error en el límite de confianza derivada. La limitación de los casos de este enfoque para reducir el intervalo de tolerancia de la teoría desarrollada por Wald y Wolfowitz (23) y aplicado por Kenny y Liden (25).

Los detalles son los siguientes: la exactitud $A(\Delta, \text{RSD})$ (a fijos a , por ejemplo, 95%) puede ser lineal como la aproximación:

$$\begin{aligned} A(\Delta, \text{RSD}) &\approx A_0 + \partial A / \partial \Delta|_0 (\Delta - \Delta_0) + \partial A / \partial \text{RSD}|_0 (\text{RSD} - \text{RSD}_0) \\ &= (\partial A / \partial \Delta|_0) \Delta + (\partial A / \partial \text{RSD}|_0) \text{RSD}, \end{aligned} \quad (\text{B1})$$

donde la simplificación de la segunda línea se deduce del hecho de que una escala con Δ and RSD , como se indica en la ecuación 15. Linealización de la DSR en términos de RSD_{samp} utilizando la ecuación 12 da:

$$\text{RSD} \approx \text{RSD}_0 + (\text{RSD}_{\text{samp}} / \text{RSD}_0) (\text{RSD}_{\text{samp}} - \text{RSD}_0). \quad (\text{B2})$$

Therefore, a fin de liderazgo en v_{rsd}^{-1}

$$\text{var}(\hat{RSD}) \approx (RSD_{samp}/RSD_0)^2 \cdot \frac{RSD_{samp}^2}{2v_{rsd}} \quad (B3)$$

Por otra parte, la varianza de la estimación de sesgo es

$$\text{var}(\hat{\Delta}) = \frac{RSD_{samp}^2}{S} + RSD_{eval}^2 \quad (B4)$$

Donde RSD_{eval}^2 representa el segundo término de la ecuación 8 y se supone aquí para ser lo suficientemente pequeño como para producir sólo correcciones perturbativa. Cualquier sesgo homogénea lineal se puede expresar mediante la combinación ζ de RSD_{samp} y las constantes k_1 and k_2 as:

$$\zeta = k_1 \Delta + k_2 RSD_{samp} \quad (B5)$$

Desde $\hat{\Delta}$ y RSD_{samp} son independientes, la varianza de la estimación de ζ se da aproximadamente por

$$\text{var}(\hat{\zeta}) = k_1^2 \cdot \left[\frac{RSD_{samp}^2}{S} + RSD_{eval}^2 \right] + k_2^2 \cdot \frac{RSD_{samp}^2}{2v_{rsd}} \quad (B6)$$

La aproximación de la distribución de la $\hat{\zeta}$ como normal una desigualdad a cabo en el 95% de nivel de confianza:

$$\hat{\zeta} > \zeta - 1.64 RSD_{samp} \cdot \left[\frac{k_1^2}{S} + \frac{k_2^2}{2v_{rsd}} \right]^{1/2} \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{2} k_1^2 \frac{RSD_{eval}^2}{RSD_{samp}^2} \left[\frac{k_1^2}{S} + \frac{k_2^2}{2v_{rsd}} \right]^{-1} \right\} \quad (B7)$$

Ahora, las constantes k_1 y k_2 son escogidos para hacer el lado derecho de la desigualdad han misma dependencia RSD_{samp} y prejuicios como A:

$$k_1 = \partial A / \partial \Delta|_0$$

$$k_2 = 1.64 \left[\frac{k_1^2}{S} + \frac{k_2^2}{2v_{rsd}} \right]^{1/2} = \frac{RSD_{samp}}{RSD_0} \cdot \partial A / \partial RSD|_0 \quad (B8)$$

La desigualdad puede finalmente ser reescrita como limite del 95% de confianza en A:

$$A <_{95\%} A, \quad (B9)$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 {}_{95\%}\mathbf{A} \equiv & \hat{\mathbf{A}} + 1.64 \hat{\mathbf{RSD}}_{\text{samp}} \cdot \left[\frac{k_1^2}{S} + \frac{k_2^2}{2v_{\text{rsd}}} \right]^{1/2} \\
 & + \frac{1}{2} 1.64 k_1^2 \frac{\mathbf{RSD}_{\text{eval}}^2}{\hat{\mathbf{RSD}}_{\text{samp}}} \left[\frac{k_1^2}{S} + \frac{k_2^2}{2v_{\text{rsd}}} \right]^{-1/2} \quad (\text{B10})
 \end{aligned}$$

ANEXO VI

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A POLVO EN LA PLANTA PRODUCTORA DE CEMENTO DE CUBA UBICADA EN NUEVITAS CAMAGÜEY*Lic. Pedro Jesús González Almeida*¹*Ing. Heliodora Díaz Padrón*²*Lic. Rita María González Chamorro*³*Dr. Héctor Hernández Herrera*⁴*Téc. Teresa Anceáume Valle*⁵¹ *Licenciado en Química. Investigador Agregado. Departamento de Riesgos Químicos. INSAT.*² *Ingeniera química. Máster en Salud de los Trabajadores. Investigadora Auxiliar. Departamento de Riesgos Químicos. INSAT.*³ *Licenciada en Química. Departamento de Riesgos Químicos. INSAT.*⁴ *Médico veterinario. Máster en Salud de los Trabajadores. Centro Municipal de Higiene y Epidemiología de Nuevitas.*⁵ *Técnica de Química Sanitaria. Departamento de Riesgos Químicos. INSAT.***Correspondencia:***Ing. Heliodora Díaz Padrón**Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores**Calzada de Bejucal km 7½, Apartado 9064, CP 10900, Arroyo Naranjo, Ciudad de La Habana, Cuba**E-mail: heliodora.diaz@infomed.sld.cu***RESUMEN**

Se estudió durante varios días consecutivos el aire del ambiente laboral en diferentes turnos de trabajo en una fábrica de cemento. Se evaluó la exposición ocupacional a aerosoles sólidos en diversos puntos representativos de las áreas de producción fundamentales de ésta instalación mediante la determinación de la concentración de polvo total y su fracción respirable. Tales mediciones presentaron intervalos generales de 0,6 a 47,3 y de 0,3 a 14,0 mg/m³, respectivamente, lo cual indica sobreexposición a este contaminante en determinadas etapas del proceso industrial, con la consiguiente probabilidad de afección a la salud de los trabajadores que laboran en esos sectores.

Palabras clave: Cemento, polvo, contaminación, aire de la zona de trabajo, exposición ocupacional

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo socioeconómico del país, cobra auge la industria de materiales de la construcción y en especial la del cemento, por la gran demanda nacional de fabricar viviendas, industrias, escuelas, poblados campesinos, presas, etc., para satisfacer las necesidades materiales de la población.

Durante los procesos industriales, reviste particular importancia la exposición a polvo, y éste es el principal peligro en el proceso de fabricación de cemento. La clasificación del mismo desde el punto de vista de sus efectos sobre el cuerpo humano puede constituir una base para relacionar la composición química del mismo con las reacciones anatómicas y fisiológicas que produce¹.

Donde quiera que exista polvo, éste causa molestias, irritabilidad, incomoda, estropea equipos y maquinarias; pero lo más importante para nosotros es que la exposición al mismo puede producir accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

El cemento es un agente aglutinante hidráulico utilizado en la construcción de edificios en ingeniería civil. Es un polvo fino obtenido moliendo la escoria de una mezcla, natural o artificial, de arcilla y piedra caliza calcinada a altas temperaturas. Cuando se añade agua al cemento, se convierte en una mezcla pastosa que gradualmente se endurece hasta alcanzar una consistencia como la de la piedra ².

En la fábrica "26 de Julio" de Nuevitas durante el proceso de fabricación del cemento se han encontrado niveles de polvo de hasta 772,5 mg/m³, con un contenido de dióxido de silicio libre menor que el 2% ³.

El Portland es el principal cemento artificial, al cual se le añaden diversos aditivos. Según Proden, la composición química de este cemento es: óxido de calcio 60-70%, sílice (alrededor del 5% en forma de SiO₂ libre) 19-24%, trióxido de aluminio 4-7%, óxido férrico 2-6%, óxido de magnesio menos del 5% ⁴.

El aire contaminado de las áreas industriales contiene muchas sustancias de tipo químico en estado de nebulización, que ejercen un efecto irritativo inespecífico sobre el árbol tráqueo bronquial de los individuos expuestos, especialmente sobre aquellos que padecen de una enfermedad pulmonar obstructiva ya existente, o en los que tienen el hábito de fumar. Las partículas grandes invaden el nivel de la mucosa traqueo bronquial, donde desarrollan una respuesta de hipersensibilidad local, por regla general en personas poseedoras de un terreno atópico, y las menores de 5 micras tienden a escapar de las barreras de las vías aéreas superiores hacia los alvéolos, donde inician la producción de una reacción de hipersensibilidad de tipo aguda ⁵.

La patogénesis de cemento puede ser atribuible a su actividad higroscópica natural, que favorece la floculación de sus partículas como un agregado que se mantiene depositado en un largo término sobre el tracto respiratorio y la boca. Ciertas rinolitiasis han sido comúnmente encontradas en muchos trabajadores de esta industria ⁶.

La obstrucción bronquial reversible y el aumento persistente de una reactividad bronquial no específica, pueden ser inducidas por una exposición aguda a irritantes respiratorios fuertes en el lugar de trabajo (síndrome de disfunción aérea reactiva). Este síndrome, al igual que el asma preexistente exacerbada por la exposición ocupacional, puede ser considerado como enfermedad respiratoria ocupacional ^{2,7}.

El cemento Portland normal no ocasiona silicosis por su bajo contenido de sílice libre. No obstante, los trabajadores enfrascados en la producción de cemento pueden estar expuestos a materias primas que presenten gran contenido de sílice libre ².

La neumoconiosis de cemento ha sido descrita como una neumoconiosis reticular benigna, que puede aparecer después de una exposición prolongada y presenta una progresión muy lenta, aunque algunos casos de neumoconiosis severa han sido observados, lo más probable debido a exposiciones de otros materiales que no son ni arcilla ni cemento Portland ².

En un estudio de morbilidad en la fábrica de cemento de Santiago de Cuba, se concluyó que las enfermedades del aparato respiratorio constituían la entidad más frecuente en el grupo de trabajadores expuestos, y esto estaba muy relacionado con los años de exposición ⁸.

Además de las enfermedades respiratorias que pudiera originar la exposición al polvo de cemento, están las dermatitis por irritación primaria, o sea, resequedad o fisuración de la piel como síntomas más predominantes, y en menor orden las dermatitis de contacto, que son más prevalentes en los procesos húmedos que en los secos ^{9,10}.

De la calidad del aire depende el riesgo potencial de afectación a la salud del trabajador expuesto, por lo que nos proponemos evaluar la contaminación por polvo en la fábrica de cemento con tecnología húmeda, para la toma de medidas encaminadas a disminuir las enfermedades provocadas por los ambientes pulvigenos.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio del aire de la zona de trabajo en diversos puestos laborales representativos de la exposición ocupacional a polvo en 7 de las 8 áreas de producción previstas en una fábrica de cemento con tecnología por vía húmeda ubicada en la localidad de Nuevitas, provincia de Camagüey. Para ello fueron tomadas 39 muestras personales continuas, con una duración promedio de 6 horas cada una, lo cual significó un total de más de

230 horas de muestreo a lo largo de 9 días en diferentes jornadas de trabajo, captándose un volumen medio de 684 litros de aire en la zona respiratoria de cada trabajador seleccionado.

Como colectores del contaminante se utilizaron microciclones provistos de filtros de PVC, conectados a minibombas de aspiración portátiles reguladas a un gasto de 1,9 L/min, y se aplicó un método de ensayo gravimétrico para el análisis de las muestras^{11,12}.

El nivel de polvo total hallado en el ambiente laboral, así como el valor medido de su fracción respirable, fueron evaluados de acuerdo con la norma cubana NC 19-01-63¹³ y lo estipulado por NIOSH/OSHA¹⁴, respectivamente, que establecen límites máximos de exposición de 6 y 5 mg/m³ para cada uno de éstos parámetros considerados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En forma tabulada, se presenta la exposición ocupacional a polvo de cemento en 7 áreas o sectores de trabajo que abarcan 39 puestos de labor seleccionados para este estudio. La tabla 1 refleja el comportamiento de este contaminante en su forma de polvo total. Su concentración media general en la planta fue de 7,4 mg/m³, cifra que excede ligeramente en 1,2 veces la concentración promedio admisible (CPA = 6 mg/m³)¹³.

Tabla 1

Exposición ocupacional a polvo total de cemento. Fábrica de cemento "26 de Julio" de Nuevitás, Camagüey

Área de trabajo	Nº de puestos de trabajo	Concentración de polvo total en el aire (C) (mg/m ³)		
		C media	Intervalo	CPA
Trituradora	6	10,4 m*	0,6-35,0**	6
Cantera	4	4,9	2,5-7,5**	
Hornos	12	3,4	0,8-8,3**	
Molinos de pasta	6	5,9	1,9-12,7**	
Molinos de cemento	5	11,0*	1,6-47,3**	
Brigada mecánica	4	12,5 M*	2,5-37,4**	
Laboratorio	2	3,5	2,2-4,7	
	39	C media general: 7,4 (1,2 CPA)		

CPA Concentración promedio admisible

* Intervalo de sobreexposición por área, m-M: 1,7-2,1 CPA

** Sobreexposición individual: 6 AT-11PT (28,2%); 1,1-7,9 CPA

Se observaron en sólo 3 sectores niveles medios de contaminación que superaban el límite máximo estipulado, pero al analizar los intervalos de concentración por área, se apreció sobreexposición individual en 6 de éstas con 11 puestos de trabajo afectados (28,2%) en un intervalo de 6,4 a 47,3 mg/m³ (1,1 a 7,9 veces la CPA).

La tabla 2 presenta las mediciones realizadas de la fracción respirable del polvo de cemento, cuyas partículas pueden acceder a la zona alveolar del sistema respiratorio. Su concentración media general en la fábrica fue de 2,4 mg/m³, valor que resulta inferior a la mitad del límite máximo de exposición (TWA = 5 mg/m³)¹⁴. Tampoco se registraron niveles promediales de dicha fracción por áreas que sobrepasaran la cota permisible.

Tabla 2
Exposición ocupacional a polvo respirable de cemento. Fábrica de cemento "26 de Julio"
de Nuevitas, Camagüey

Área de trabajo	Nº de puestos de trabajo	Concentración de polvo respirable en el aire (C) (mg/m ³)		
		C media	Intervalo	TWA
Trituradora	6	2,2	0,3--5,3*	
Cantera	4	1,5	0,3--2,6	
Hornos	12	1,9	0,5--7,6*	
Molinos de pasta	6	3,4	1,1--8,8*	5
Molinos de cemento	5	4,2	1,5--14,0*	
Brigada mecánica	4	1,9	0,9--3,0	
Laboratorio	2	1,9	1,8--2,0	
	39	C media general: 2,4 (0,4 TWA)		

TWA Concentración promedio admisible

* Sobreexposición individual: 4 AT- 5 PT (12,8%); 1,0-2,8 TWA

Sin embargo, al considerar los intervalos de concentración por sector, se halló sobreexposición individual en 4 de estas áreas, en las cuales hubo 5 puestos laborales (12,8 %) con cifras que estaban por encima del límite en el intervalo de 5,2 a 14,0 mg/m³ (1,0 a 2,8 veces el TWA).

Finalmente, teniendo en cuenta ambos parámetros de exposición (polvo total y fracción respirable) y su magnitud alcanzada en las diferentes zonas estudiadas (tabla 3), se encontró que hubo contaminación simultánea creciente en áreas y puestos de trabajo correspondientes al trabajador de las esteras 8 y 15 de trituración, ayudante de limpieza en hornos y alimentador del molino de pasta, y el más alto valor en el trabajador ubicado en los silos de cemento.

Tabla 3
Exposición ocupacional a polvo. Fábrica de cemento "26 de Julio" de Nuevitas, Camagüey

Área de trabajo	Puesto de trabajo	Concentración promedio de polvo en aire (C) (mg/m ³)					
		Polvo total			Polvo respirable		
		C	C media	Intervalo	C	C media	Intervalo
Trituradora	Estera metálica	0,6			0,3		
	Estera 7	1,4			1,1		
	Estera 8	35,0	10,4	0,6-35,0	5,2	2,2	0,3-5,3
	Estera 15	21,3			5,3		
	Molino	1,1			0,3		
	Jefe de turno	3,2			1,1		
	Cantera	Perforación	5,6			2,6	
Bulldozer		2,5	4,9	2,5-7,5	1,3	1,5	0,3-2,6
Grúa		7,5			0,3		
Camión		3,9			1,8		
Hornos	A. de limpieza	6,7			2,1		
	A. de limpieza	4,1			3,3		
	A. de limpieza	8,4			7,6		
	Hornero	1,1			1,0		
	A. de hornero	8,3			1,0		
	Caldera	0,8			0,7	1,9	0,5-7,6
	Enfriador	1,5	3,4	0,8-8,3	1,2		
	A. de enfriador	1,0			0,6		
	Bomba pasta	2,5			2,4		
	Silos de pasta	1,2			0,9		
	Jefe de brigada	2,3			1,9		
Molino de pasta	Aliment. molino	2,0			1,6		
	Aliment. molino	5,6			2,8		
	Aliment. molino	12,7	5,9	1,9-12,7	8,8	3,4	1,1-8,8
	Molinero	6,4			4,6		
	Bomba pasta	6,5			1,1		
	Grúa	1,9			1,6		
	Aliment. molino	2,4			2,1		
	Bomba cemento	1,7			1,6		
	Silos cemento	47,3	11,0	1,6-47,3	14,0	4,2	1,5-14,0
	Grúa	1,6			1,5		
Brigada mecánica	Jefe de brigada	1,9			1,8		
	Mec. trit. y cant.	5,2			0,9		
	Engrasador	4,9	12,5	2,5-37,4	1,3	1,9	0,9-3,0
	Engrasador	37,4			3,0		
	Mec. grúa viajera	2,5			2,2		

Laboratorio	Qco. muestr.	2,2	3,5	2,2-4,7	1,8	1,9	1,8-2,0
	Qco. Muest.	4,7			2,0		

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE EXPOSICIÓN DE POLVO EN UNA PLANTA DE CUBA UBICADA EN NUEVITAS, CAMAGÜEY Y LA PLANTA DE CEMENTOS LIMA S.A

EMPRESA	N DE PUESTO DE TRABAJO	AREA	PUESTO DE TRBAJO	CONCENTRACIÓN DE POLVO RESPIRABLE EN EL AIRE (mg/m ³)*		
				C	C MEDIA	INTERVALO
CUBA. NUEVITAS, CMAGUEY	11	PRODUCCIÓN	AYUDANTE DE LIMPIEZA	2.1		
			AYUDANTE DE LIMPIEZA	3.3		
			AYUDANTE DE LIMPIEZA	7.6		
			HORNERO	1		
			A. HORNERO	1		
			CALDERA	0.7	1.9	0.6 - 7.6
			ENFRIADOR	1.2		
			A. DE ENFRIADOR	0.6		
			BOMBA DE PASTA	2.4		
			SILOS DE PASTAS	0.9		
			JEFE DE BRIGADA	1.9		
CEMENTOS LIMA S.A.	12	PRODUCCIÓN	AYUDANTE DE OPERADOR BROCK	2.18		
			OPERADOR DE PRODUCCION	0.71		
			OPERADOR CARGADOR FRONTAL	0.12		
			OPERADOR DE PRODUCCION	0.27		
			OPERRAIO DE LIMPIEZA	0.83	0.7	0.01- 2.55
			OPERARIO DE REEMPLAZO	0.10		
			OPERARIO DE LIMPIEZA	0.20		
			OPERARIO DE REEMPLAZO	1.15		
			OPERARIO DE REEMPLAZO	2.55		
			OPERARIO DE REEMPLAZO	0.17		
ELECTRICISTA DE GUARDIA	0.01					
MECANICO DE GUARDIA	0.07					

*El método usado en las dos empresas es el estipulado por la NIOSH.

ANEXO N°VII

PARTÍCULAS NO REGULADAS DE OTRA FORMA, RESPIRABLE 0600

DEFINICIÓN: aerosoles recogidos por CAS: Ninguno RTECS: Ninguno
muestreador con 4 µm punto de corte de la mediana

MÉTODO: 0600, número 3 EVALUACIÓN: Tema 1: 15 de febrero 1984
COMPLETA Tema 3: 15 de enero 1998

OSHA: 5 mg/m³ PROPIEDADES: no contiene amianto y menos
NIOSH: no REL de cuarzo 1%; penetra en porciones no ciliadas
ACGIH: 3 mg/m³ de sistema respiratorio

SINÓNIMOS: partículas molestas; partículas no clasificadas

TOMA DE MUESTRAS

MEDICIÓN

MUESTREADOR:	Ciclón + filtro (10-mm ciclón de nylon, Higgins-Dewell [HD] ciclón, o un ciclón de Aluminio + tarado 5 µm De membrana de PVC)	TÉCNICA: gravimétrico (FILTRO DE PESO) Analito: la masa de la fracción de polvo respirable
CAUDAL:	ciclón de nylon: 1,7 l / min Ciclón HD: 2,2 L / min Al ciclón: 2,5 l / min	BALANCE: 0,001 mg de sensibilidad, el uso mismo equilibrio antes y después de la recogida de muestras.
VOL	-Min: 20 L @ 5 mg/m ³ -MAX: 400 L	CALIBRACIÓN: Instituto Nacional de Normas y de Tecnología de la clase S-1.1 o ASTM Clase 1 pesos.
ENVÍO:	la rutina	GAMA: 0,1 a 2 mg por muestra.
MUESTRA ESTABILIDAD:	Estable	PREVISIÓN LD: 0,03 mg por muestra Precisión: <10: g con 0,001 mg de equilibrar la sensibilidad; <70: g con 0,01 mg de equilibrar la sensibilidad [3]
ESPACIOS VACIOS:	2 a 10 espacios en blanco de campo por juego	

PRECISIÓN
<p>Rango estudiado: 0,5 a 10 mg / m³ (de laboratorio y de campo)</p> <p>SESGO: depende de la distribución de tamaño de polvo [1]</p> <p>GENERAL</p> <p>PRECISION (S.): depende de la distribución del tamaño [1,2]</p> <p>PRECISIÓN: depende de la distribución del tamaño [1,2]</p>

APLICACIÓN: El rango de trabajo es de 0,5 a 10 mg/m³ para una muestra de aire de 200-L. El método mide la concentración en masa de. Cualquier no-volátiles de polvo respirable. Además de los polvos inertes [4], el método ha sido recomendado para el polvo de carbón respirable. El método está sesgado a la luz de la definición internacional adoptada recientemente de polvo respirable, por ejemplo, + 7 sesgo% para los diesel, la mina de carbón polvo [5].

INTERFERENCIAS: Más grande que las partículas respirables (más de 10µm) se han encontrado en algunos casos por el análisis microscópico de los ciclones filtros. Más de partículas del tamaño de las muestras se sabe que son causados por inversión de la Asamblea del ciclón. Cargas de polvo, fibras, y de saturado de agua polvos también interfieren con el tamaño del ciclón propiedades selectivas. El uso de muestreadores de conductores, se recomienda para minimizar los efectos de carga de las partículas.

OTROS MÉTODOS: Este método se basa en la toma de muestras y reemplaza Hoja de datos # 29,02 [6].

EQUIPAMIENTO:

1. Muestreador:

a. Filtro: 5.0: tamaño de poro m, filtro de cloruro de polivinilo o equivalentes filtro de membrana hidrófobo apoyo por un soporte de filtro de cassette (preferentemente conductivo).

b. Ciclón: 10-mm de nylon (Mine Safety Appliance Co., División de instrumentos, PO Box 427, Pittsburgh, PA 15230), Higgins-Dewell (BGI Inc., 58 Guinan St., Altham W, MA 02154) [7], el aluminio ciclón (SKC Inc., 863 Valley View Road, Eighty Four, PA 15330), o equivalente.

2. Bomba de muestreo personal, 1,7 l / m de ± 5% para el ciclón de nylon, de 2,2 l / m de ± 5% para los ciclones de alta definición, o 2,5 L / min ± 5% para el ciclón de Al con tubo de conexión flexible.

NOTA: Pulsaciones en el caudal de la bomba debe ser de ± 20% del caudal medio.

3. Balance, de análisis, con una sensibilidad de 0,001 mg.

4. Pesas, NIST Clase S-1.1, o ASTM Clase 1.

5. Neutralizador estático, por ejemplo, Po-210; sustituir nueve meses después de la fecha de producción.

6. Pinzas (preferiblemente de nylon).

7. Ambiental o la sala de cámara para el balance, por ejemplo, 20 ° C ± 1 ° C y 50% HR ± 5%.

PREPARACIÓN DE MUESTREADORES ANTES DEL MUESTREO:

1. Equilibre los filtros en una zona de pesaje de ambiente controlado o cámara de por lo menos 2 h.
2. Pesar los filtros en una zona de ambiente controlado o de cámara. Registre el filtro de la tara, W 1 (mg).
 - a. Ponga a cero el saldo antes de cada pesaje.
 - b. Maneje el filtro con fórceps (pinzas de nylon si los análisis posteriores se hará).
 - c. Pasar el filtro a través de una fuente de radiación anti-estática. Repita este paso si el filtro no libera fácilmente de los fórceps o si filtro atrae platillo. La electricidad estática puede causar aumento de peso errónea lecturas.
3. Montar los filtros de los casetes de filtro y cerrar firmemente para que la fuga alrededor del filtro no se producirá. Colocar un tapón en cada apertura del cassette de filtro.
4. Retire la tapa de arena por el ciclón antes de su uso e inspeccionar el interior del ciclón. Si el interior está claramente marcado, descartar este ciclón ya las características del polvo de separación del ciclón puede ser alterado. Limpie el interior del ciclón para prevenir reencauzamiento de partículas de gran tamaño.
5. Montar el muestreador de la cabeza. Revise la alineación del soporte del filtro y el ciclón en la cabeza de muestreo para evitar fugas.

MUESTREO:

6. Calibrar cada toma de muestras personal de la bomba a la velocidad de flujo adecuada con un representante de toma de muestras en línea.

NOTA 1: Debido a su diseño de entrada, de nylon y los ciclones de aluminio son calibrados en un gran recipiente con orificios de entrada y salida. La entrada está conectada a un calibrador (por ejemplo, una burbuja de eter m). La salida del ciclón está conectado al puerto de salida dentro de la embarcación, y la salida de buques es adjunta a la bomba. Véase el Apéndice para el procedimiento de calibración alternativo.(El calibrador se puede conectar directamente con el ciclón HD).

NOTA 2: Incluso si los cambios de caudal, una cantidad conocida entre la calibración y el uso, el valor nominal caudal de agua se utilizan para el cálculo de la concentración a causa de una función de auto corrección de la los ciclones.

7. Muestra 45 min a 8 h. No excedan de 2 mg de carga de polvo en el filtro. Tomar 2 a 4 muestras idénticas para cada lote de muestras de campo para el aseguramiento de la calidad en el procedimiento de muestreo Sam (ver Paso 10).

NOTA: No permita que la toma de muestras de montaje para ser invertida en cualquier momento. En cuanto a los ciclones algo más que una orientación horizontal puede depositar el material de gran tamaño del ciclón el cuerpo sobre el filtro.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

8. Retire los tapones superior e inferior desde el cassette de filtro. Equilibrar durante al menos 2 h en un zona controlada por el medio ambiente o BER Cham.

CALIBRACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD:

9. El cero de la microbalanza antes de todas las pesadas. Utilice el mismo microbalanza m para el pesaje de los filtros antes y después de la recolección de la muestra. Calibrar el equilibrio con el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de la clase S-1.1 o ASTM Clase 1 peso.
10. El conjunto de réplicas de filtros de los ensayos de campo deben ser expuestos a la mismo polvo, ya sea en un laboratorio de cámara de polvo [8] o en el campo [9]. Las muestras de control de calidad deben ser tomadas con los mismos procedimientos y personal utilizado en las muestras de campo de rutina. Calcular la precisión de estas repeticiones y registro de la desviación estándar relativa ⁽⁸⁾ en los gráficos de control. Tomar medidas correctivas cuando la precisión está fuera de control [8].

MEDIDA:

11. Pese cada filtro, incluyendo los filtros de blanco de campo. Registro el peso muestreo W_2 (mg), junto a su tara correspondiente. No Registre filtros marcados (por ejemplo, partículas visibles, la sobrecarga, las fugas, húmedo, roto, etc.)

CÁLCULOS:

12. Calcular la concentración de partículas respirables, C (mg/m³), en el volumen de aire en la muestra, V (L):

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \cdot 10^3, \text{ mg/m}^3$$

donde:

W_1 = peso de la tara del filtro antes del muestreo (mg)

W_2 = post-muestreo de peso de la muestra que contiene *filtro* (mg)

B_1 = media tara de los filtros en blanco (mg).

B_2 = media posterior a la toma de muestras de peso de los filtros en blanco (mg)

V = volumen de la muestra en el caudal nominal (es decir, 1,7 l / min o 2,2 L / min)

EVALUACIÓN DEL MÉTODO:

1. Sesgo: En las mediciones de polvo respirable, el sesgo en una muestra se calcula en relación con el caso Convenio de polvo respirable. La teoría para calcular el sesgo fue desarrollado por Bartley y Breuer [10]. Para este método, el sesgo, por lo tanto, depende de la Convención Internacional para polvo respirable, el las curvas de los ciclones "la penetración, y la distribución del tamaño del polvo ambiental. Sobre la base de medida curvas de penetración de la no-flujo pulsátil [1], el sesgo en este método se muestra en la Figura 1.

Para la distribución del tamaño de polvo en la región sombreada, el sesgo de este

método reside en el criterio de $\pm 0,10$ establecido por NIOSH para la validación del método. Blas mayor que $\pm 0,10$, por lo tanto, se espera para algunos aerosoles lugar de trabajo. Sin embargo, el sesgo de $\pm 0,20$ se espera para los polvos con geométrica desviaciones estándar sea superior a 2,0, que es el caso en la mayoría de los lugares de trabajo.

Blas también puede ser causada por un ciclón en la pulsación de la bomba de muestreo personal. Bartley, et al. [12] mostraron que las muestras con un flujo pulsante de ciclones pueden tener sesgo negativo tan grande como pariente! 0,22 a muestras con flujo constante. La magnitud del sesgo depende de la amplitud de la pulsación en la

Apertura del ciclón y la distribución del tamaño del polvo. Para bombas con caudal instantáneo de 20% de la media, la magnitud de los prejuicios de pulsaciones es inferior a 0,02 para la mayoría de las distribuciones de tamaño de polvo encontradas en la el lugar de trabajo.

Las cargas eléctricas en el polvo y el ciclón también causará prejuicios. Briant y Moss [13] han encontrado sesgos electrostático% mayor que -50, y demostrar que ade m ciclones con grafito llena de nylon eliminar el problema. El uso de plers Sam conductor y casetes de filtro (Omega Especialidad Instrument Co., 4 Kidder Road, Chelmsford, MA 01824) es recomendado.

2. Precisión: La cifra de 0,068 mg citado por la precisión se basa en un estudio [3], de un peso procedimientos empleados en el pasado por la Seguridad de Minas y la Administración de Salud (MSHA) en el que los filtros de son pre-pesado por el fabricante de filtros y post-pesado por MSHA utilización de los saldos de lectura a 0,010 mg. MSHA [14], ha completado recientemente un estudio con un saldo de 0,001 mg para el puesto de pesaje, que indica la imprecisión igual a 0,006 mg.

Imprecisión igual a 0,010 mg se utilizó para calcular el límite de detección y se basa en propuestas concretas [8] en relación con filtro de pesaje con un único saldo 0,001 mg. Este valor es consistente con otro estudio [15] pesadas de los filtros de repetir, aunque la precisión alcanzable real puede depender en gran medida de las específicas medio ambiente a que los filtros están expuestos entre las dos pesadas.

REFERENCIAS:

- [1] Bartley DL, Chen CC, Song R, Fischbach, TJ [1994]. De aerosol respirable pruebas de rendimiento sampler. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 55 (11): 1036-1046.
- [2] Bowman JD, Bartley DL, Breuer GM, Shulman SA [1985]. La precisión de las minas de toma de muestras de polvo de carbón. Cincinnati, OH: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, DHEW (NIOSH) Pub.. N ° 85 --220721.
- [3] P Parobeck, Tumba TF, Ku H, Cameron J [1981]. Programa de aseguramiento de medición para las pesadas de muestras de polvo respirable en minas de carbón. J Qual Tech 13:157.

[4] ACGIH [1996]. 1996 los valores límite umbral (TLV TM) para las sustancias químicas y agentes físicos y los índices de exposición biológica (BEIs TM). Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Higienistas.

[5] Conferencia Americana de Higienistas Industriales overnmental G [1991]. AVISO N de cambio que se pretende -- en el apéndice D - tamaño de las partículas selectivos criterios de muestreo de partículas en el aire. Appl Occup Env Hyg 6 (9): 817-818.

[6] NIOSH [1977]. NIOSH Manual de muestreo de hojas de datos. Cincinnati, OH: Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional, DHEW (NIOSH) No. 77-159.

[7] Higgins RI, P Dewell [1967]. El tamaño de la selección de muestreador gravimétrico de polvo personales. In: Davies CN, ed. Las partículas inhaladas y vapores II. Oxford: Pergammon Press, pp. 575-586.

[8] Bowman JD, Bartley DL, Breuer GM, Doemeny LJ, Murdock DJ [1984]. Criterios de precisión recomendado para la certificación de los muestreadores gravimétricos de polvo de carbón de minas personales. NTIS Pub.. No. PB 85-222446 (1984).

[9] Breslin, JA, Page SJ, Jankowski RA [1983]. La precisión de muestreo personal de res pirable polvo de carbón las minas. EE.UU. Oficina de Minas Informe de Investigaciones # 8740.

[10] Bartley DL, Breuer GM [1982]. Análisis y optimización de los resultados del 10-ciclón mm. Am. Ind. Hyg Assoc J 43: 520-528.

[11] Caplan KJ, Doemeny LJ, Sorenson S [1973]. Evaluación de la mina de toma de muestras de polvo de carbón personales , el rendimiento de informe final. NIOSH Contrato N ° PH CPE-R-70-0036.

[12] Bartley DL, Breuer GM, Baron PA, Bowman JD [1984]. Las fluctuaciones de la bomba y sus efectos sobre el ciclón rendimiento. Am. Ind. Hyg Assoc J 45 (1): 10-18.

[13] Briant JK, Moss o [1983]. La influencia de la carga electrostática en el rendimiento de 10-mm de nylon los ciclones. Documento inédito presentado en la Conferencia Americana de Higiene Industrial, Filadelfia, PA, mayo de 1983.

[14] Koqut J [1994]. Privado Comunicación de la MSHA, 12 de mayo de 1994.

[15] Vaughn NP, Chalmers CP, Botham [1990]. Comparación de muestras de campo personal de polvo inhalable. Ann Occup Hyg 34: 553-573.

MÉTODO REVISADO POR: David L. Bartley, Ph.D., NIOSH / dper / ARDB y Ray Feldman, de la OSHA.

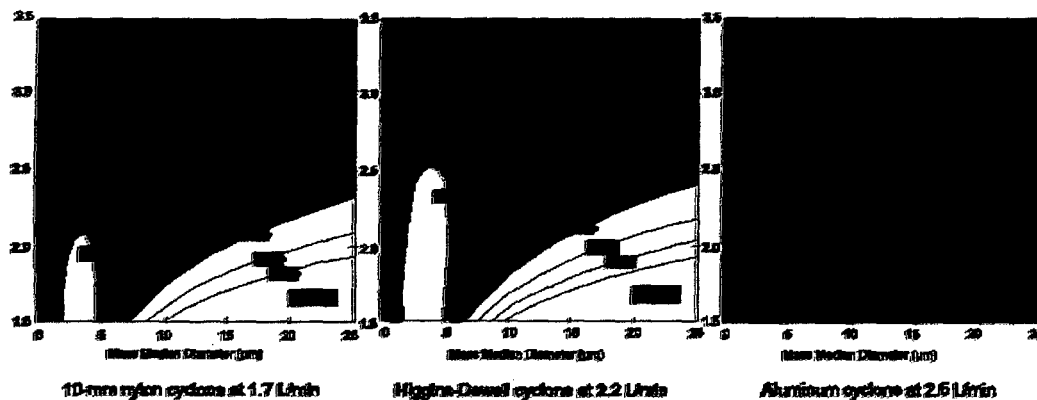


Figura 1. Sesgo de tres tipos de ciclones en relación con la toma de muestras de polvo respirable internacional de Convención.

ANEXO: Jarless Método para la calibración de las Asambleas de ciclón Este procedimiento puede ser utilizado en el campo para calibrar un muestreo del aire de la bomba y una asamblea sin el ciclón con el de un litro "tarro de calibración".

(1) Conecte el p pum a un medidor de presión o manómetro de agua y una carga ligera (válvula ajustable o 5 - : m filtro) igual a 2 "a 5" H₂O con la ETE un "conector" y el tubo flexible. Conecte el otro extremo de la válvula de un sistema electrónico de eter m burbuja o tubo de burbujas de serie con un tubo flexible (ver fig. 2.1).

NOTA: Una carga de luz puede ser un 5 - : filtro de m y / o una válvula ajustable. Una carga pesada puede ser de varios 0.8- : m filtros y / o válvula regulable.

(2) Ajuste de la bomba a 1,7 l / min, como se indica en el medidor de burbujas / tubo, en las condiciones de carga ligera (2 " a 5 "H₂O) como se indica en el indicador de presión o manómetro.

(3) Aumentar la carga hasta que el indicador de presión o metros de agua indica entre 25 "y H₂O 35". Compruebe el caudal de la bomba de nuevo. La tasa de flujo debe mantenerse en 1,7 l / min \pm 5%.

(4) Sustituir el indicador de presión o manómetro de agua y el medidor electrónico de burbuja o una norma de la burbuja tubo con el ciclón con un filtro limpio instalado (F IG. 2,2). Si la carga provocada por el ciclón asamblea está entre 2 "y 5" H₂O, la calibración está completa y es la bomba y el ciclón están listos para el muestreo.

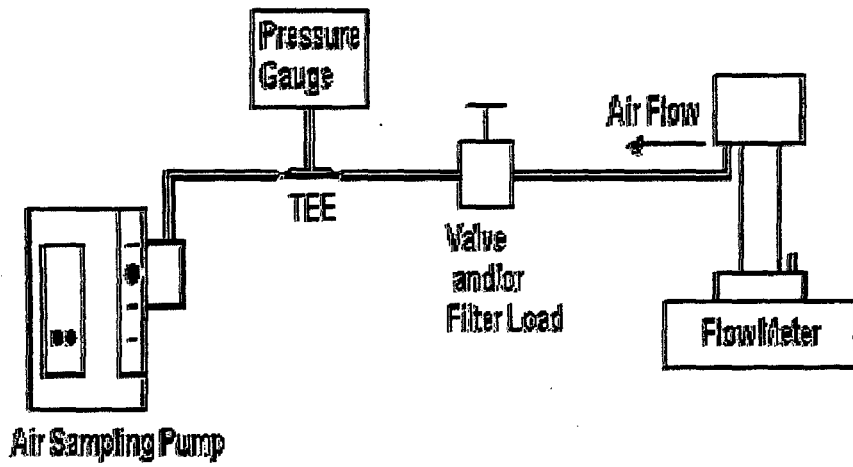


Figura 2.1 Diagrama de bloques de la bomba / Carga / Medidor de flujo Set-up.

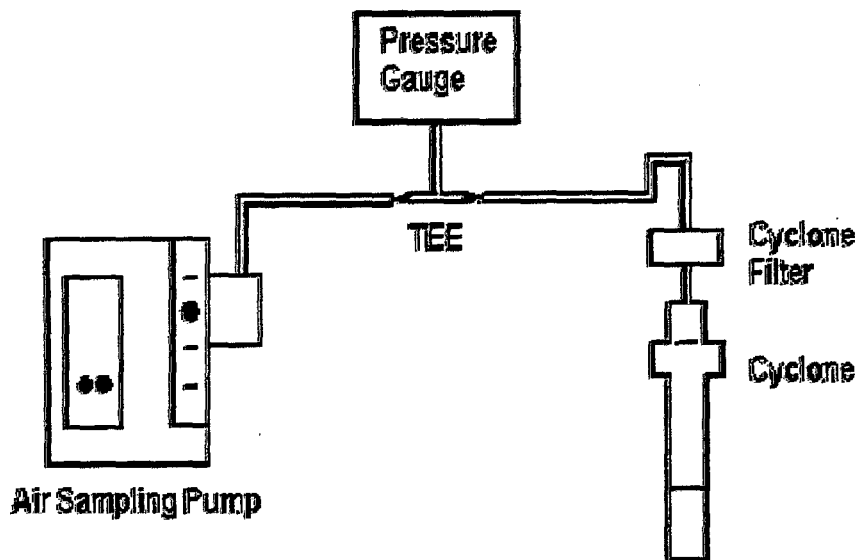
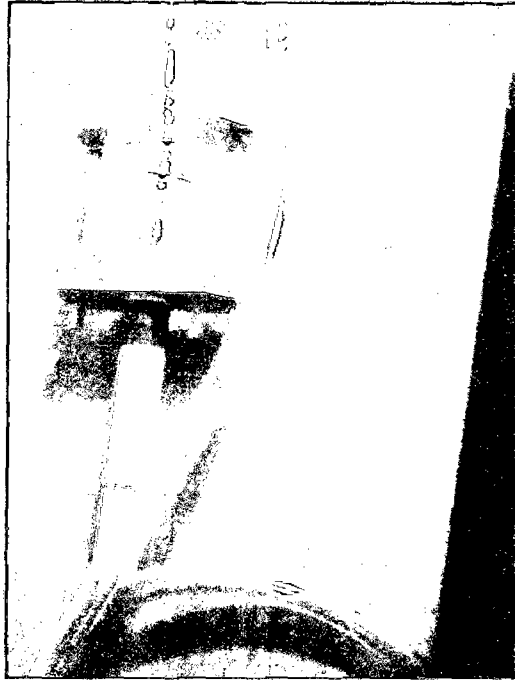


Figura 2.2. Diagrama de bloques con el ciclón como la carga de prueba.

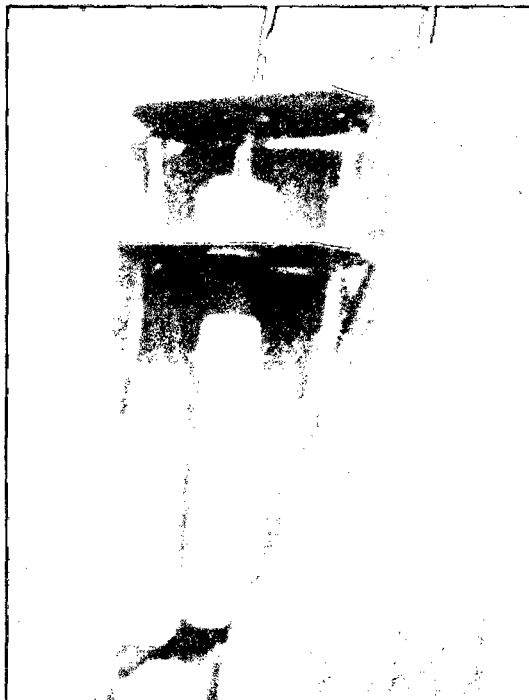
ANEXO VIII

GUIA VISUAL PARA METODO 600 DE LA NIOSH

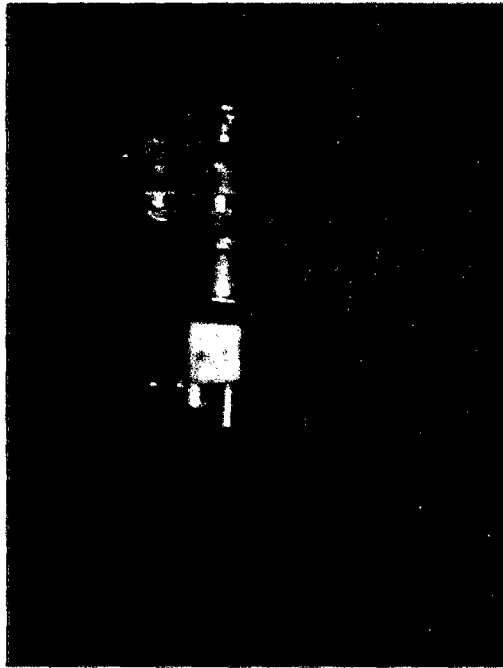
Los ciclos pueden ser según el método 600 de la NIOSH de Nylon 10-mm o HD:



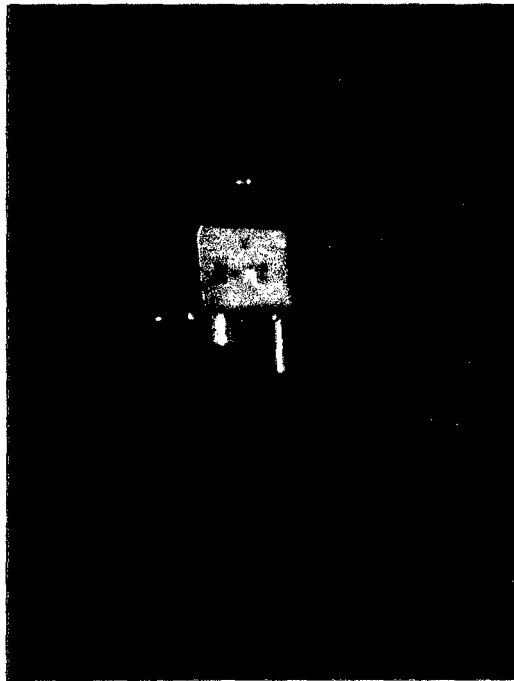
Ciclón de nylon 10-mm con casset.



Ciclón de nylon 10-mm sin casset.

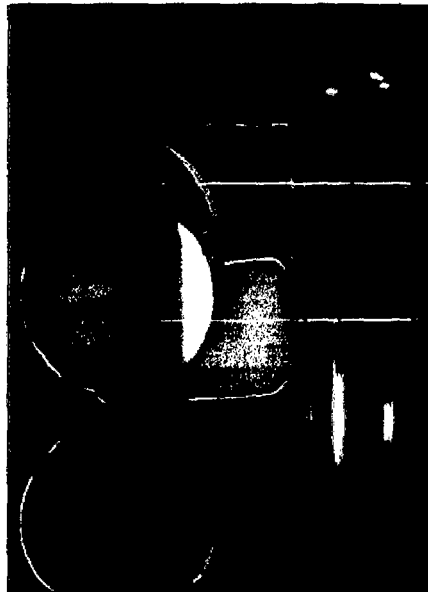


Ciclón HD con casset.



Ciclón HD sin casset.

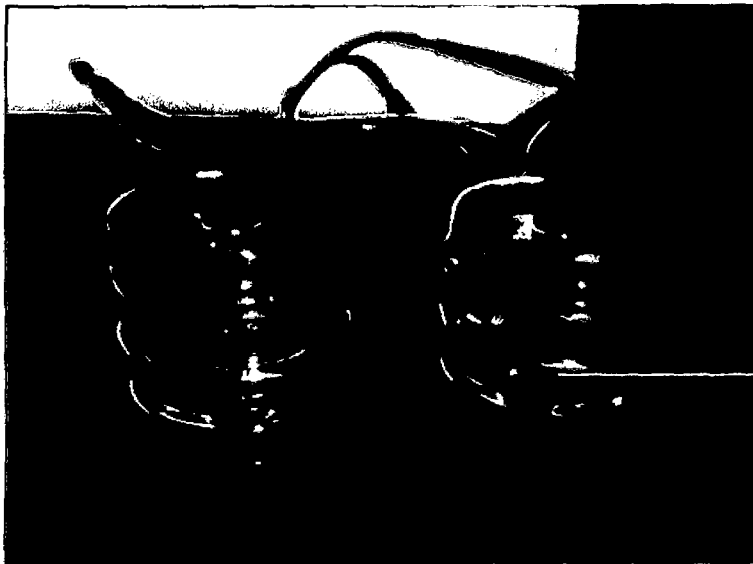
1. Adquirimos filtros de PVC (Policloruro de vinilo), de 37 mm de diámetro y 5 micras y luego los colocamos en un envase que evite el contacto con el ambiente.



Porta Filtro: sirve para separar un filtro de otro.

Filtro.

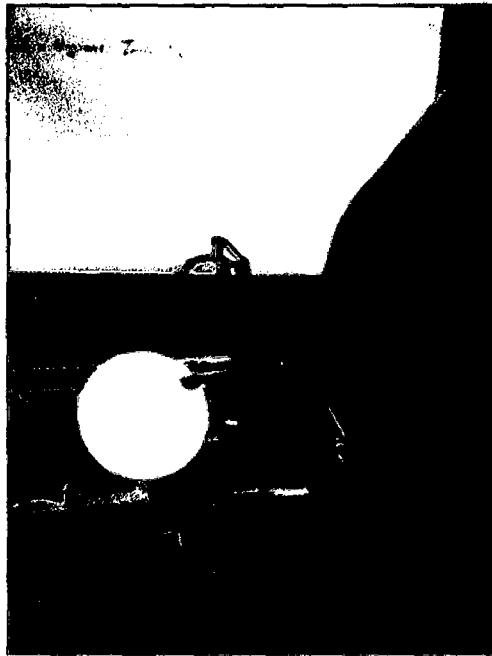
2. Adquirimos cassetts.



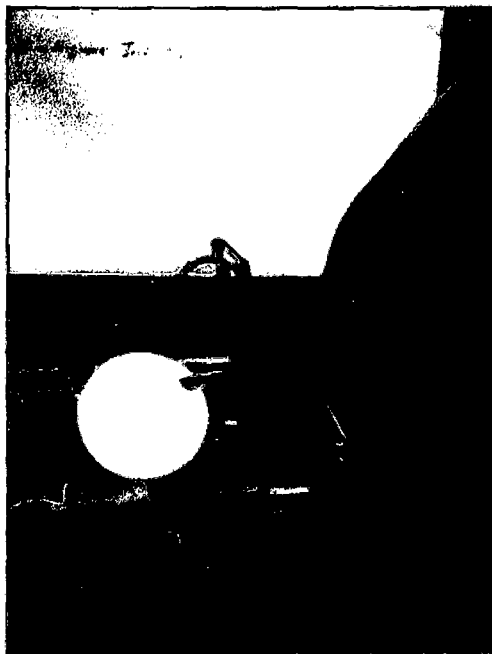
OUT del casset va ir conectado al tubo corto.

IN del casset va ir conectado al ciclón de nylon o HD.

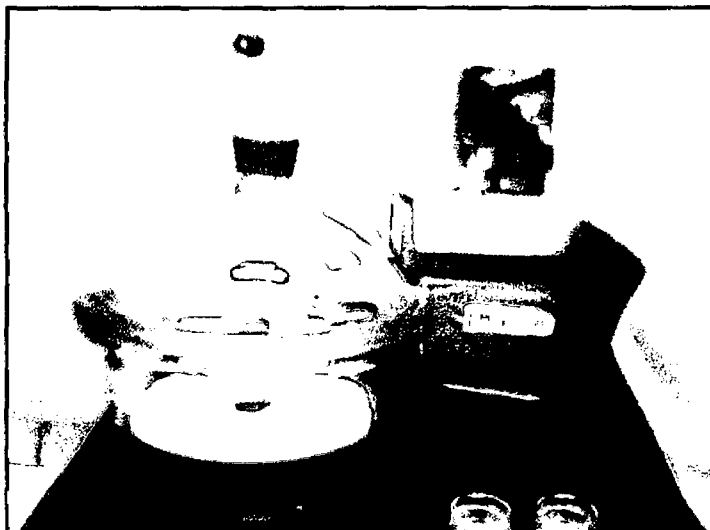
3. El filtro con el que vamos a realizar el ensayo lo vamos a llamar bueno.



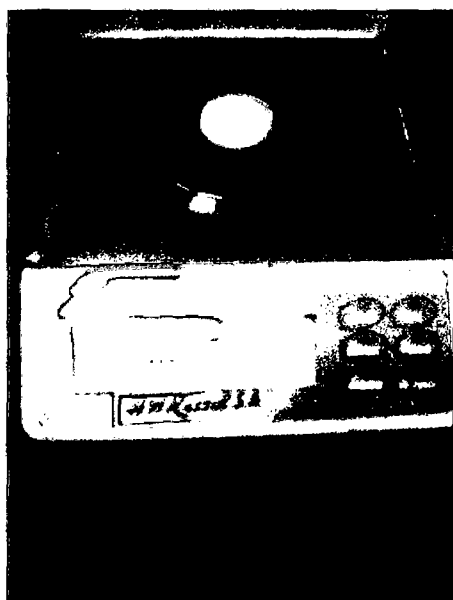
4. El filtro con el que nos va servir para eliminar variables ajenas a nuestro lo vamos a llamar a blanco.



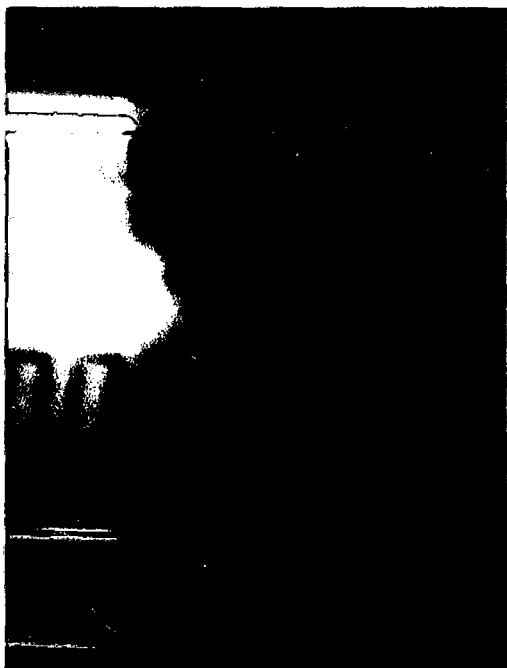
- Colocamos un filtro bueno y un filtro blanco en el desecador un promedio de 2 horas.



- Pesamos el filtro bueno antes de realizar el ensayo en la planta.



7. Pesamos el filtro blanco antes de realizar el ensayo en la planta.



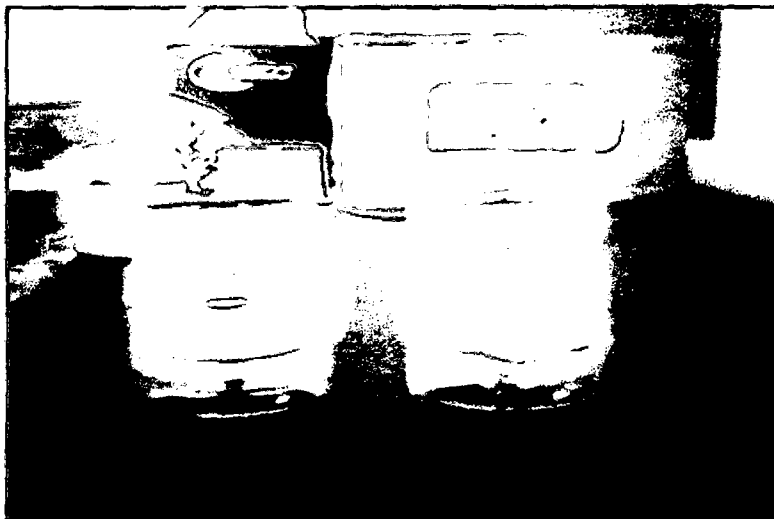
8. Abrimos el casset.



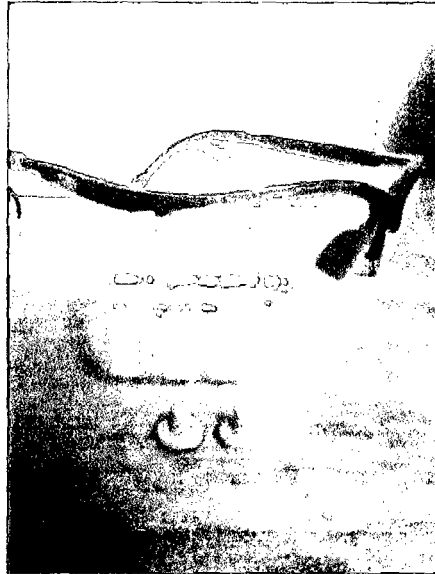
1. Colocamos los filtros en los cassetts.



2. Como apreciamos el casset con el filtro bueno tiene una marca blanca y filtro bueno ninguna. Algunas personas suelen ponerles los códigos con plumón.



3. Sacamos los tapones del casset bueno.



4. Realizamos el tren de muestreo y la calibración respectiva con un rotámetro esta se debe hacer en campo.

Este es un sujetador donde vamos a colocar el casset.



Tubo que va ir conectado a la parte OUT del casset.

Tubo que va ir conectado a la bomba de succión personal.

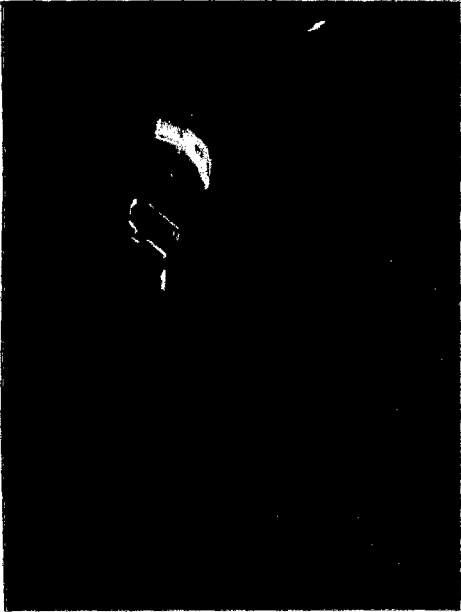
Tren de muestreo:



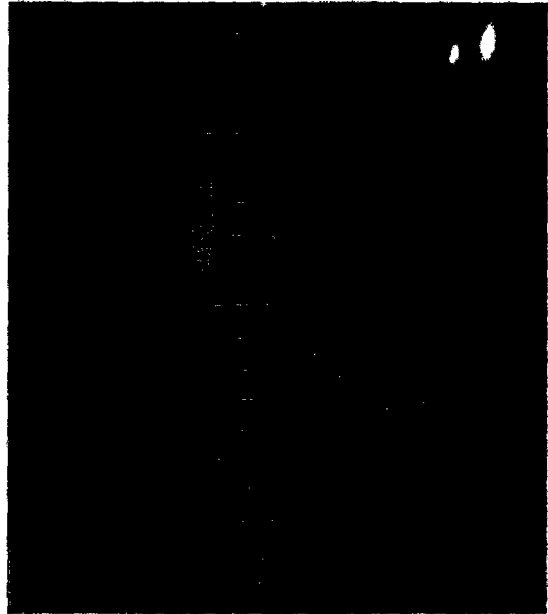
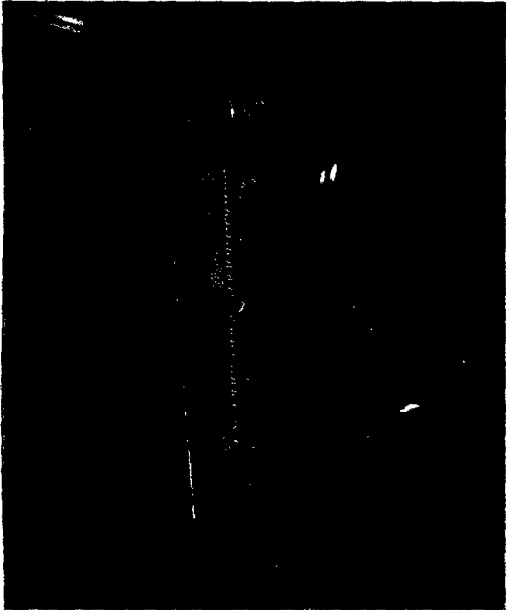
Bomba de succión personal:



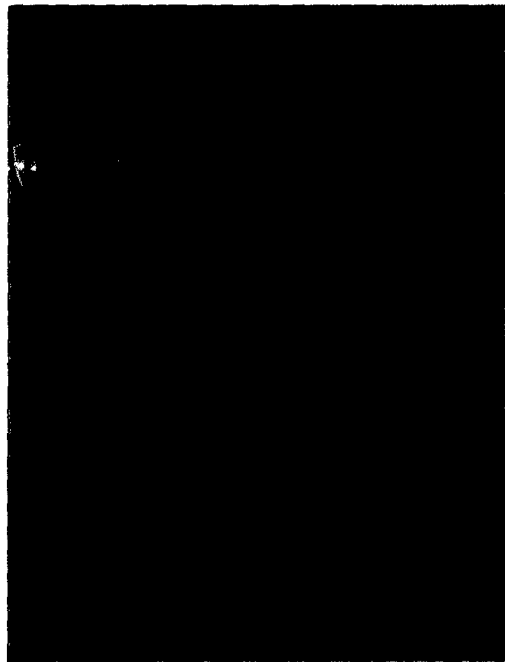
Ciclón HD:



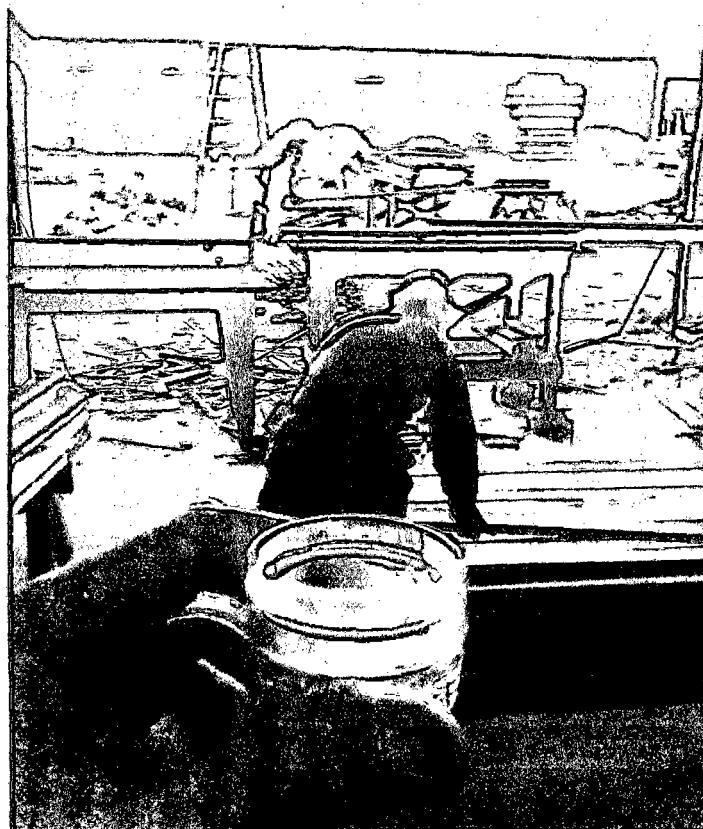
Rotámetro:



Rotámetro debe mostrar una velocidad de 1.7 L/min si es un ciclón de nylon o 2,2 si es un ciclón HD la elección de estas velocidades se explica en el marco teórico de la tesis. En nuestro ensayo es un ciclón HD.



5. Segundos antes de realizar el ensayo abrimos el casset blanco y luego de unos segundos lo cerramos.



6. Realizamos ensayo en la planta.



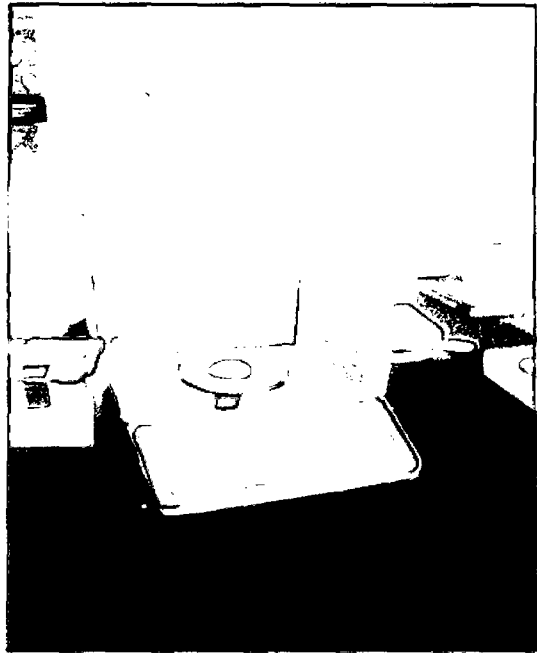
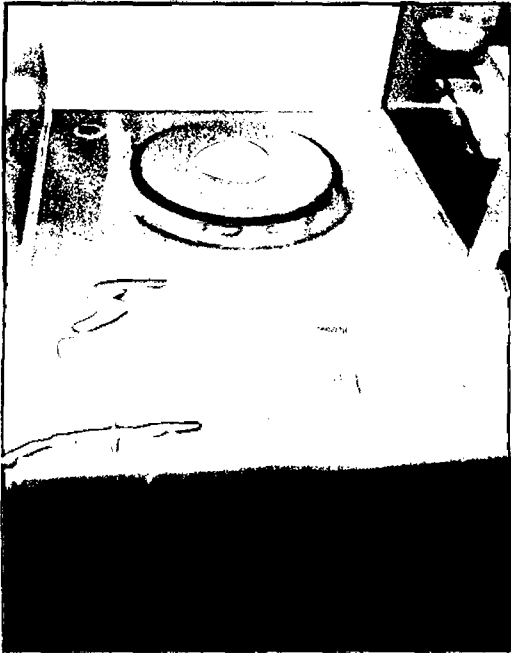
Se colocó un broche en el tubo para que el trabajador tenga más comodidad.

Casset.

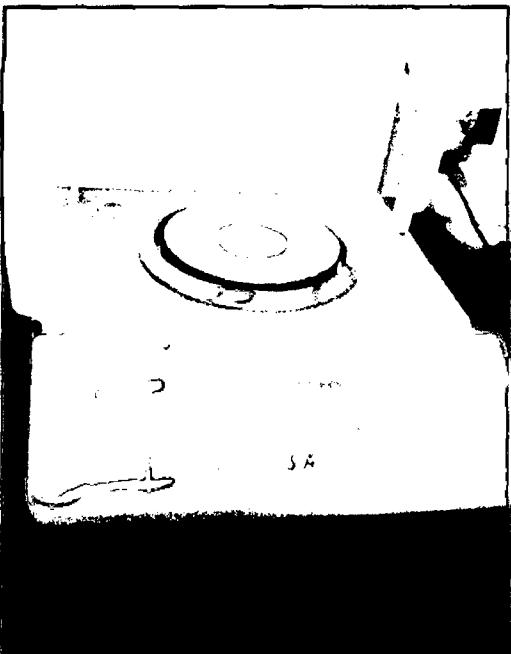
Unión entre bomba y tubo siempre se debe ver que estén juntos si se separaran se debe detener el ensayo.

Bomba de succión debe marcar el volumen cuando se calibre.

7. Pesamos el filtro bueno luego de realizar el ensayo en la planta.



8. Pesamos el filtro blanco luego de realizar el ensayo en la planta.



9. Realizamos los cálculos como debemos saber la concentración debe estar en mg/m^3 .

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \cdot 10^3, \text{mg}/\text{m}^3$$

Donde:

W_1 = peso filtro antes del muestreo (mg)

W_2 = post-muestreo de peso del *filtro* (mg)

B_1 = peso filtros blanco (mg).

B_2 = media posterior a la toma de muestras de peso filtros blanco (mg)

V = volumen de la muestra en el caudal nominal (es decir, 1,7 l / min o 2,2 L / min)

10. En este ensayo la concentración fue de $1.23 \text{ mg}/\text{m}^3$.

ANEXO IX

ELUTRIADOR HORIZONTAL:

El Elutriador horizontal consiste en unas placas por las que se hace circular el aire con el polvo para que éste se deposite en función de su tamaño y densidad. La separación por ciclón consiste en hacer entrar el aire polvoriento tangencialmente cercano a la parte más alta del mecanismo representado en la Figura 1. De esta forma se crea un vórtice o flujo espiral que desciende entre el aire depurado y la pared del cilindro. Este vórtice se llama "vórtice principal" y desciende hasta la parte baja cónica del ciclón. En esta zona, el vórtice cambia de dirección, pero manteniendo la rotación, y asciende por el interior del vórtice principal, formando el "vórtice Central". La velocidad tangencial del aire se transforma en el ciclón en un vórtice, en el cual las fuerzas centrífugas tienden a precipitar las partículas gruesas suspendidas a las paredes del cuerpo del ciclón. De esta forma se separa el polvo grueso del más fino. La construcción de estos ciclones se suele hacer de forma que la separación que efectúan según la curva de Johannesburgo. Los principales aparatos que utilizan uno u otro sistema, son el tipo MRE o CPR, dotado de elutriador horizontal y el personal dotado de un ciclón.

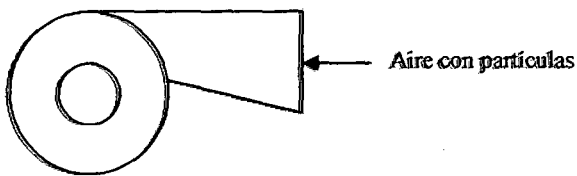


Fig1. Vista Planta

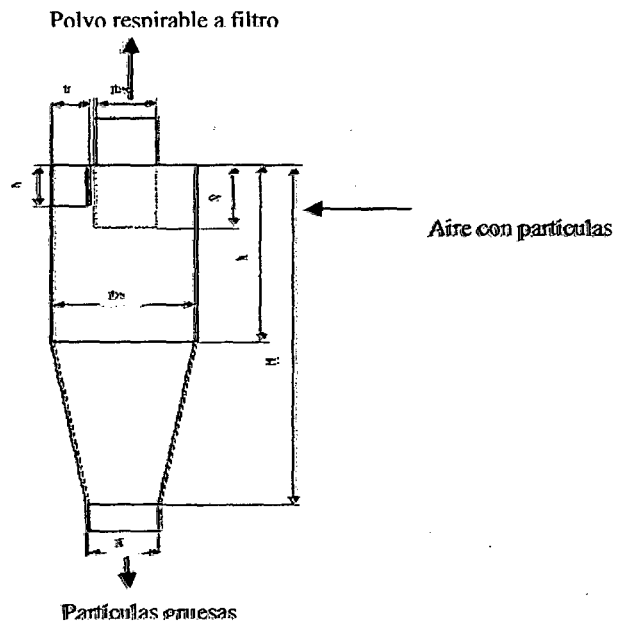


Fig2. Vista Corte

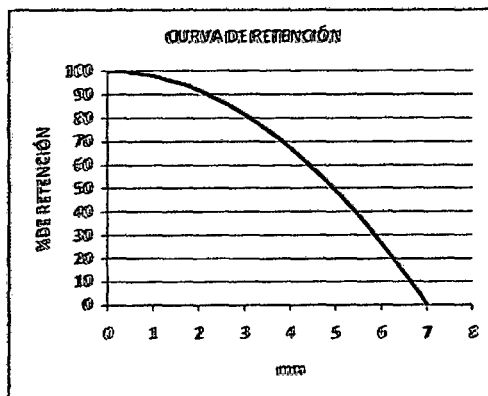


Fig3. Curva de retención.