

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO DE MEDIDAS CORRECTIVAS
Y PREVENTIVAS EN LOS LABORATORIOS DEL
DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL PARA CONTROLAR
RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MECÁNICOS**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN
SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL**

EVELYN PAMELA CRIOLLO TIRADO
evelyn.criollo@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. ERNESTO DE LA TORRE MSc.
ernesto.delatorre@epn.edu.ec

Quito, febrero 2014

© Escuela Politécnica Nacional (2014)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Evelyn Pamela Criollo Tirado, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Evelyn Pamela Criollo Tirado

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Evelyn Pamela Criollo Tirado, bajo mi supervisión.

Ing. Ernesto de la Torre MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento más grande y eterno va para mis grandes amigos del Departamento de Metalurgia Extractiva quienes me impulsaron a seguir ampliando mis conocimientos para mi crecimiento profesional, ya que sin su apoyo y colaboración habría sido imposible culminar este gran reto.

Al Ing. Ernesto de la Torre por su apoyo, motivación y confianza para seguir esta Maestría, pero sobre todo por su gran amistad y cariño.

A la Ing. Alicia Guevara por ser un ángel que con su paciencia, preocupación y desinteresada amistad Dios la envió en mi ayuda y a quien viviré eternamente agradecida. Gracias por estar siempre junto a mí y por ser mi gran amiga.

A la Sra. Verónica Díaz por su valentía, cariño y oportuno consejo.

A la Sra. Magdalena Olivo por su ternura y cuidados.

A la Dra. Diana Endara por ser mi dulce y buena amiga.

Al Sr. Kléber Collantes por su gran ejemplo de superación.

A la Sra. Silvia Muriel por toda su ayuda durante el tiempo de desarrollo de esta carrera.

A Xavier porque a pesar de la distancia siempre se preocupa por mí, me brinda su apoyo e inmenso cariño.

A mis amigos de la Maestría Carlitos, Willy, Isabelita, Panchito, Jimmy, Carmita, Jaimito, Angelito, Maria Eugenia, Carlitos B., con quienes compartimos grandes e inolvidables momentos.

A mis chicos DEMEX Carlitos, Gaby, Sebas, Majo, Dayan, Isaac, Karlita, Caro, Mauri, Marlon, Alexander, Norita, Xime por inyectar alegría y ternura a mi vida.

Y a todas aquellas personas que se encuentran en mi corazón y que siempre me acompañan con sus oraciones.

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial y a mi querida Madre de Fátima quienes en el día a día son esa luz que guían e iluminan mi vida, nunca sueltan mi mano, me acompañan y me bendicen a cada instante.

A mis padres por su inmenso e infinito amor, paciencia, confianza y ejemplo, quienes son mi fuerza y motivación para seguir adelante a quienes amo y adoro con todo mi corazón. Gracias por ser mi apoyo, mi consuelo, por nunca dejarme sola, porque sé que cuento con ustedes de manera incondicional, porque llenan con sus detalles y sabios consejos cada instante de mi vida.

A mi abuelita que es un pilar importante en mi vida y a quien Dios aun permite ser esa luz que no se apague.

A mi tía por su gran cariño, ternura, preocupación y comprensión.

A mis hermanas por su bondad, sacrificio, cariño, apoyo incondicional, por ser un ejemplo de mujeres, madres, profesionales y porque son mis mejores amigas.

A mis dos princesitas Melanie y Anahí que con su sonrisa, inocencia, ternura y amor iluminan mi vida y permiten que sea la tía más feliz, consentidora y orgullosa de este mundo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Riesgo físico: ruido	1
1.1.1 Generalidades	1
1.1.2 Factores que influyen en la exposición a ruido	2
1.1.3 Tipos de ruido	3
1.1.3.1 Ruido continuo	3
1.1.3.2 Ruido intermitente	3
1.1.3.3 Ruido de impacto	4
1.1.4 Unidad de medida del sonido	4
1.1.5 Instrumentos para la medida de ruido	4
1.1.5.1 Sonómetro	4
1.1.5.2 Dosímetro	6
1.1.5.3 Analizador de impacto	7
1.1.6 Calibración de los equipos acústicos	7
1.1.7 Parametros usados para la evaluación de ruido	7
1.1.8 Criterios de valoración	9
1.2 Riesgo químico: material particulado y manipulación de reactivos químicos	9
1.2.1 Generalidades	10
1.2.2 Criterios de peligrosidad de sustancias químicas	10
1.2.3 Vías de ingreso de los contaminantes químicos al organismo	11
1.2.4 Clasificación del factor de riesgo químico	11
1.2.4.1 Según su estado físico	12
1.2.4.2 Según su composición química	12
1.2.4.3 Según sus efectos	13
1.2.5 Medición y valoración	13
1.2.6 Material particulado	14
1.2.6.1 Definición de polvos inorgánicos	15
1.2.6.2 Tipos de polvos	15
1.2.6.3 Concentración de polvo	16
1.2.6.4 Tamaño de partículas	16
1.2.7 Manipulación de sustancias químicas	17
1.2.7.1 Normas para el manejo de reactivos	18
1.2.7.2 Símbolos de riesgo	19
1.2.7.3 Hojas de datos de seguridad (MSDS)	19
1.3 Riesgo mecánico: proyección de partículas	19
1.3.1 Peligros en máquinas	20
1.3.2 Proyección de partículas	21

1.4	Medidas preventivas y correctivas para controlar riesgos físicos, químicos y mecánicos en un laboratorio	24
1.4.1	Evaluación de riesgos	24
1.4.1.1	Evaluación cualitativa	24
1.4.1.2	Evaluación cuantitativa	26
1.4.2	Plan de control de riesgos	28
1.4.2.1	Jerarquías de control de riesgos	29
1.4.2.2	Controles operacionales	29
2	MATERIALES Y MÉTODOS	31
2.1	Identificación de peligros y elaboración de matriz de riesgos	33
2.1.1	Descripción del área de estudio	34
2.1.2	Evaluación de riesgos	34
2.2	Establecimiento de medidas de control de riesgos físicos, químicos y mecánicos	35
2.2.1	Medición de ruido	36
2.2.2	Medición de material particulado	37
2.2.2.1	Análisis de PM10	38
2.2.2.2	Análisis de PM2.5	39
2.2.3	Manipulación de reactivos	40
2.2.4	Medición de proyección de partículas	42
2.3	Implantación de medidas preventivas y correctivas para el control de riesgos	44
2.3.1	Riesgo físico	44
2.3.2	Riesgo químico	45
2.3.3	Riesgo mecánico	46
2.4	Elaboración de planes de seguridad y documentos informativos para el control de riesgos	48
2.4.1	Manual de seguridad para personal permanente y transitorio	48
2.4.2	Plan de mantenimiento de máquinas y equipos	49
2.4.3	Plan de tratamiento para efluentes	50
2.5	Implantación de un plan de capacitación continua para el personal del demex	51
2.6	Implantación de un plan de inspecciones periódicas de control	52
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
3.1	Análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos	54
3.1.1	Identificación del peligro y matriz de evaluación de riesgos	54
3.1.2	Resultados de la estimación cualitativa del riesgo	55
3.1.3	Resultados de la estimación cuantitativa del riesgo según método de william fine	57

3.2	Análisis de los resultados obtenidos en la medición de ruido	59
3.2.1	Resultados de la medición de ruido en los laboratorios del DEMEX	59
3.3	Análisis de los resultados obtenidos en la medición de material particulado	63
3.3.1	Resultados de la medición de PM10	65
3.3.1.1	Análisis de los filtros por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)	67
3.3.2	Resultados de la medición de PM2.5	72
3.4	Manipulación de los reactivos	76
3.5	Análisis de los resultados obtenidos en la medición de proyección de partículas	81
3.6	Medidas preventivas y correctivas implantadas para el control de riesgos físicos, químicos y mecánicos	84
3.6.1	Medidas implantadas para riesgos físicos	85
3.6.1.1	Primera medida implantada para riesgo físico producido por ruido	85
3.6.1.2	Segunda medida implantada para riesgo físico producido por ruido	86
3.6.1.3	Tercera medida implantada para riesgo físico producido por ruido	88
3.6.1.4	Cuarta medida implantada para riesgo físico producido por ruido	89
3.6.2	Medidas implantadas para riesgos químicos	91
3.6.2.1	Primera medida implantada para riesgo químico producido por material particulado	91
3.6.2.2	Segunda medida implantada para riesgo químico producido por material particulado	92
3.6.2.3	Medidas implantadas para riesgo químico producido por manipulación de reactivos	95
3.6.3	Medidas implantadas para riesgos mecánicos	99
3.6.3.1	Primera medida implantada para riesgo mecánico producido por proyección de partículas	99
3.6.3.2	Segunda medida implantada para riesgo mecánico producido por proyección de partículas	101
3.7	Elaboración de planes de seguridad y documentos informativos	102
3.7.1	Manual de seguridad para personal permanente y transitorio	102
3.7.2	Plan de mantenimiento de máquinas y equipos	104
3.7.3	Plan de tratamiento para efluentes	107
3.7.3.1	Tratamiento de efluentes líquidos (ácidos)	108
3.7.3.2	Tratamiento de efluentes líquidos con cianuro	109
3.7.3.3	Tratamiento de efluentes orgánicos	110
3.7.3.4	Tratamiento piloto de efluentes	111

3.8	Implantación de un plan de capacitación continúa para el personal del demex	115
3.8.1	Desarrollo del plan de capacitación	115
3.8.2	Programa de capacitación	115
3.8.3	Registro de datos	116
3.8.4	Evaluación del programa de capacitación	117
3.9	Implantación de un plan de inspecciones periódicas de control	118
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
4.1	Conclusiones	121
4.2	Recomendaciones	124
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1.1. Medios de protección de máquinas – Resguardos	22
Tabla 1.2. Medios de protección de máquinas – Dispositivos de protección	23
Tabla 1.3. Niveles de riesgo en base a la probabilidad estimada y consecuencia esperada	25
Tabla 1.4. Acción y temporización de los niveles de riesgo	26
Tabla 1.5. Valoración del grado de peligrosidad del riesgo analizado	27
Tabla 1.6. Valoración de la consecuencia	27
Tabla 1.7. Valoración de la exposición	28
Tabla 1.8. Valoración de la probabilidad	28
Tabla 2.1. Especificaciones del sonómetro empleado en la medición de ruido	36
Tabla 2.2. Sistema de identificación de peligros por colores según SAF-T-DATA	41
Tabla 2.3. Equipos para reducción de tamaño y molienda para minerales	43
Tabla 2.4. Vista de las trituradoras y molinos sin las guardas de seguridad	47
Tabla 3.1. Lista de actividades identificadas dentro de las zonas del DEMEX	55
Tabla 3.2. Matriz de identificación, estimación cualitativa y control de riesgos	56
Tabla 3.3. Puntos relevantes de la matriz de evaluación con las actividades cuya estimación de riesgos calificaron como IMPORTANTE (I)	57
Tabla 3.4. Matriz de Fine con valores del grado de peligrosidad y calificación del riesgo más relevantes dentro de esta	58
Tabla 3.5. Valores considerados para evitar interferencias al momento de obtener datos en la medición de ruido	60
Tabla 3.6. Datos de la medición de ruido para la zona # 1	60
Tabla 3.7. Datos de la medición de ruido para la zona # 2	61
Tabla 3.8. Resultados nivel de presión sonora equivalente en dBA	61

Tabla 3.9. Resultado del valor promedio nivel de presión sonora equivalente en dBA	62
Tabla 3.10. Valores promedio más relevantes en la medición de PM10	66
Tabla 3.11. Valores de concentración semicuantitativa de los elementos encontrados en el papel filtro para medir PM10	71
Tabla 3.12. Valores promedio más relevantes en la medición de PM2.5	73
Tabla 3.13. Datos técnicos del compresor de aire seco implantado en la zona #1 del DEMEX	86
Tabla 3.14. Datos técnicos del pulverizador de mineral ubicado en la zona #2 del DEMEX	87
Tabla 3.15. Datos técnicos del pulverizador de carbón ubicado en la zona #2 del DEMEX	87
Tabla 3.16. Equipos con guardas de seguridad para evitar proyección de partículas y atrapamientos	100
Tabla 3.17. Modelo del formato para identificación y control de máquinas	104
Tabla 3.18. Modelo del fichas informativas para registro de revisión y mantenimiento de máquinas existentes en el DEMEX	106
Tabla 3.19. Programa de capacitación a desarrollarse durante el presente año	116
Tabla 3.20. Formato del cronograma de capacitación a desarrollarse en el DEMEX	116
Tabla 3.21. Formato de descripción de las actividades que se realizan en el DEMEX	118
Tabla 3.22. Modelo de cuestionario que se aplicará como apoyo para inspecciones	119

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.1. Afectaciones al ser humano al relacionar la frecuencia (Hz) de la escala auditiva respecto a la intensidad sonora (dB)	3
Figura 1.2. Esquema de funcionamiento de un sonómetro	5
Figura 1.3. Curvas de ponderación frecuencial	6
Figura 1.4. Clasificación de contaminantes químicos según su estado físico	12
Figura 1.5. Esquema de la clasificación de tipos de polvos respirables	16
Figura 1.6. Pictogramas universales de seguridad para reactivos químicos	19
Figura 2.1. Fases de la evaluación de riesgos	31
Figura 2.2. Esquema global de actividades a realizarse en este trabajo	33
Figura 2.3. Plano del DEMEX dividido por zonas	34
Figura 2.4 Muestreador de gran volumen con separador por impacto que fue utilizado para medir material particulado PM ₁₀	38
Figura 2.5. Microscopio Electrónico de Barrido	39
Figura 2.6. Muestreador Aeroqual AQM 60 para medir PM _{2.5}	40
Figura 2.7. Rótulos en mal estado y almacenamiento actual de reactivos por colores	41
Figura 2.8. Pictogramas universales de seguridad para reactivos químicos de peligrosidad	42
Figura 2.9. Compresor de aire seco del equipo de Absorción Atómica ubicado en la zona # 1 que necesita ser reemplazado	45
Figura 3.1. Imagen del equipo de alto volumen marca Tisch Environmental utilizado para medir PM ₁₀	64
Figura 3.2. Imagen del equipo AQM60 utilizado para medir PM _{2.5}	64
Figura 3.3. Montaje y preparación del equipo para medir PM ₁₀	65
Figura 3.4. Papel filtro antes y después de la medición de PM ₁₀	65

Figura 3.5.	Concentraciones promedio de $PM_{10\phi}$	66
Figura 3.6.	Imagen del papel filtro obtenido después del muestreo	67
Figura 3.7.	Imágenes del papel filtro antes y después del muestreo para analizar por MEB	68
Figura 3.8.	Papel filtro después del muestreo visto a 500x	69
Figura 3.9.	Papel filtro contaminado (izquierda) y papel filtro en blanco (derecha) a 2000x	69
Figura 3.10.	Mapeo papel filtro empleado para medición visto a 2000x	70
Figura 3.11.	Espectro con los picos que indican la presencia de algunos elementos químicos presentes en el papel filtro	71
Figura 3.12.	Montaje y preparación del equipo para medir $PM_{2.5}$	72
Figura 3.13.	Concentraciones promedio de $PM_{2.5}$	73
Figura 3.14.	Perfil de concentración horario de concentración de $PM_{2.5}$, día laborable	74
Figura 3.15.	Perfil de concentración horario de concentración de $PM_{2.5}$, día no laborable	74
Figura 3.16.	Secuencia del análisis que se dio al filtro para medir $PM_{2.5}$	75
Figura 3.17.	Ejemplo de ficha de seguridad según el INSHT (página 1)	77
Figura 3.18.	Ejemplo de ficha de seguridad según el INSHT (página 2)	78
Figura 3.19.	Modelo de la lista de reactivos del DEMEX clasificada por colores	79
Figura 3.20.	Estantes de almacenamiento de reactivos con sus pictogramas de seguridad	80
Figura 3.21.	Tabla de incompatibilidad de almacenamiento de reactivos químicos	80
Figura 3.22.	Recipientes para recolección de residuos	81
Figura 3.23.	Trituradora de mandíbulas fotografiada de manera frontal y posterior	82
Figura 3.24.	Operador con su cara en dirección hacia la abertura de ingreso de la muestra y sin equipo de protección ocular	83

Figura 3.25.	Operador ingresando objeto en la abertura de la trituradora, con su mano y brazo cerca de la polea y sin equipo de protección personal	83
Figura 3.26.	Compresor antiguo marca Air América y nuevo marca WPI	85
Figura 3.27.	Imagen a) pulverizador de mineral y b) pulverizador de carbón	86
Figura 3.28.	Imagen del pulverizador con su cubierta aislante para ruido	88
Figura 3.29.	Imagen a) molino de rodillos y b) trituradora de mandíbulas	88
Figura 3.30.	Personal dando mantenimiento a los equipos del DEMEX	89
Figura 3.31.	Tapón earsoft taperif con cordón	90
Figura 3.32.	Orejera OPTIME modelo 4000 con diadema ajustable	90
Figura 3.33.	Imagen del personal usando tapón individual y orejera con diadema ajustable	90
Figura 3.34.	Imagen de sistema de extracción localizada que se podría colocar sobre las trituradoras primaria, secundaria y el molino de rodillos	92
Figura 3.35.	Personal del laboratorio utilizando respirador 8210	93
Figura 3.36.	Hoja de seguridad de respirador 8210 marca 3M	94
Figura 3.37.	Personal utilizando como equipo de protección personal una media máscara con cartuchos para vapores ácidos y orgánicos	95
Figura 3.38.	Ejemplo de carteles que se encuentran distribuidos en el área de productos químicos	96
Figura 3.39.	Hoja con reglas básicas de seguridad en el laboratorio	96
Figura 3.40.	Cartel informativo que se encuentra en el área de productos químicos	97
Figura 3.41.	Personal del laboratorio con mandil y guantes al momento de realizar cualquier trabajo en el laboratorio	98
Figura 3.42.	Foto de una tesista trabajando en de la campana de extracción	98
Figura 3.43.	Imágenes de señales de seguridad que existen en el laboratorio del DEMEX	99
Figura 3.44.	Diferentes tipos de gafas de seguridad y personal DEMEX con protección de ojos	101

Figura 3.45. Índice del manual de seguridad para personal fijo y transitorio	103
Figura 3.46. Instructivo para operar equipos del DEMEX	105
Figura 3.47. Recipientes para recolección de residuos	108
Figura 3.48. Diagrama de flujo para tratamiento de residuos líquidos ácidos	109
Figura 3.49. Diagrama de flujo para tratamiento de residuos líquidos ácidos	110
Figura 3.50. Diagrama de flujo para tratamiento de residuos líquidos ácidos	111
Figura 3.51. Esquema de tratamiento piloto de efluentes generados en el DEMEX	112
Figura 3.52. Esquema de electrocoagulación (izquierda) y celda implementada (derecha)	113
Figura 3.53. Esquema de fitorremediación para el tratamiento de efluentes	114
Figura 3.54. Sistema de humedales empleados para el proceso de fitorremediación	114

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Niveles sonoros permitidos según el Decreto Ejecutivo 2393 art. 55, literal 7	131
ANEXO V	
Resumen de la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente (TULAS, 040/11)	133
ANEXO V	
Informe de resultados del filtro PM _{2.5} por absorción atómica	135
ANEXO V	
Formato de solicitud de trabajo del Departamento de Servicios Generales	137
ANEXO V	
Formato de solicitud de trabajo del Departamento de Servicios Generales	164

GLOSARIO

Accidente: Suceso eventual o imprevisto que interrumpe o interfiere la continuidad del trabajo, que puede suponer un daño para las personas o para la propiedad (Cortés, 2007, p. 81).

Evaluación de riesgo: Proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, que provee la información necesaria que permite al empresario tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas (Giraldo, 2008, p. 26).

Exposición: Tiempo al que está expuesto el trabajador durante su actividad a un factor de riesgo (Henaó, 2010b, p. 67).

Factor de riesgo: “Fenómeno, elemento o acción de naturaleza física, química, mecánica, biológica, ergonómica, psicológica o social que por su presencia o ausencia se relaciona con la aparición, en determinadas personas y condiciones de lugar y tiempo, de eventos traumáticos con efectos en la salud del trabajador tipo accidente, o no traumático con efectos crónicos tipo enfermedad profesional” (Giraldo, 2008, p. 53).

Inspección: Función de la vigilancia y control de la normativa sobre prevención de riesgos laborales (Cortés, 2007, p. 150).

Medidas preventivas: Forma sistemática de corregir las cosas antes de que generen problemas (Giraldo, 2008, p. 104).

Medidas correctivas: Forma de solucionar los problemas que ya se han producido (Giraldo, 2008, p. 103).

Método William Fine: Procedimiento que está previsto para el control de riesgos cuyas medidas correctoras son de alto coste (Cortés, 2007, p. 129).

MSDS: Material Safety Data Sheet – Hoja de Seguridad (Henaó, 2010b, p. 205).

Normas de seguridad: Conjunto de medidas destinadas a proteger la salud de todos los trabajadores, previene accidentes y promueve el buen uso del material de los laboratorios. Indican prácticas de sentido común: el elemento importante dentro de estas es la actitud responsable y la concientización de todos: personal y alumnado (Giraldo, 2008, p. 117).

Peligro: Fuente o situación con potencial de daño en términos de lesión, enfermedad, daño a la propiedad, daño al ambiente de trabajo o a una combinación de éstos. Aquí se puede mencionar: trabajos en altura, alta tensión, etc. (Giraldo, 2008, p. 19).

Prevención: Técnica de actuación sobre los peligros con el fin de suprimirlos y evitar sus consecuencias perjudiciales (Cortés, 2007, p. 32).

Protección: Técnica de actuación sobre las consecuencias perjudiciales que un peligro puede producir sobre un individuo, colectividad o su entorno, provocando daños (Cortés, 2007, p. 32).

Riesgo: Probabilidad de que pueda ocurrir algún daño a partir de un peligro. Se lo puede determinar como una combinación de frecuencia, probabilidad y consecuencias de un incidente. Este pueden ser: caída de personas desde alturas, quemaduras, electrocución, intoxicación, envenenamiento, etc. (Cortés, 2007, p. 32).

Riesgo físico: Son los factores ambientales y las propiedades físicas de los cuerpos, como carga física, ruido, iluminación, radiación ionizante, radiación no ionizante, temperatura elevada y vibración. Pueden causar daños a tejidos y órganos del cuerpo del personal y que pueden producir efectos nocivos, de acuerdo con la intensidad y tiempo de exposición de los mismos (Carvajal, 2005, p. 144).

Riesgo químico: Elementos o sustancias que pueden entrar en contacto con el organismo, afectando diferentes sentidos como olfato, vista, tacto. Pueden provocar intoxicación, quemaduras o lesiones sistémicas, según el nivel de concentración y el tiempo de exposición (Carvajal, 2005, p. 160).

Riesgo mecánico: Factores presentes en herramientas, máquinas o equipos, que pueden ocasionar accidentes laborales, debido a la falta de guardas de seguridad y mantenimiento, presencia de partes móviles y salientes, falta de señalización e instructivos de operación (Carvajal, 2005, p. 129).

Seguridad del trabajo: Técnica no médica de prevención cuya finalidad se centra en la lucha contra los accidentes de trabajo, para evitar y controlar consecuencias (Giraldo, 2008, p. 17).

Señalización de seguridad: Objeto que proporciona una indicación o una obligación relativa a la seguridad en el trabajo a través de imágenes o símbolos como un panel, un color, un aviso, un cartel, una señal luminosa, una sirena, entre otras (Giraldo, 2008, p. 163).

TLV: Thresold limit value: Parámetro que mide el nivel toxicológico de diferentes sustancias o compuestos al que puede un trabajador estar expuesto de forma repetida. (Henaó, 2010b, p. 195).

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo la implantación de medidas correctivas y preventivas en los laboratorios del Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) de la Escuela Politécnica Nacional, para controlar riesgos físicos, químicos, mecánicos y proteger a todo el recurso humano fijo o transitorio.

Se identificaron los peligros presentes durante las actividades que se realizan en cada una de las áreas de trabajo del DEMEX. La evaluación de los riesgos se realizó de dos maneras: a) cualitativa con el método RMPP (Risk Management and Prevention Program), con el que se obtuvieron estimaciones de tipo "Importantes" en cinco de las actividades identificadas y b) cuantitativa con el Método Fine que determinó como grado de peligrosidad alto los factores de ruido y material particulado, medio para proyección de partículas, mantenimiento y manipulación de sustancias químicas y bajo para máquinas sin resguardos.

Para el caso del ruido se identificó que en el área de reducción de tamaño se tienen valores promedios de 95,5 dB_A, que sobrepasan el límite permisible (85 dB_A) establecido en el Decreto Ejecutivo 2393. En este caso se implantan medidas como la construcción e instalación de cabinas de insonorización en pulverizadores, cambio de equipo generador de ruido (compresor), compra distribución y uso obligatorio de protección auditiva.

Para el material particulado se determinó que la concentración de PM₁₀, en períodos de gran actividad alcanzó valores de 154,6 µg/m³, que superan el valor límite establecido por la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente (100 µg/m³). El PM_{2,5} no supera el valor límite establecido (50 µg/m³). Para este caso se señalan como medidas de control implantar sistemas de ventilación focalizados y el uso obligatorio de protección respiratoria

Para la manipulación de reactivos químicos se analizaron las hojas de seguridad (MSDS), se implantó el almacenamiento por colores según norma SAFT-DATA. Se establece un sistema de desecho de efluentes y se distribuye equipo de protección personal de uso obligatorio.

Para reducir los riesgos mecánicos producidos por proyección de partículas, se diseñaron, construyeron e instalaron guardas y tolvas de seguridad en las máquinas de trituración y se estableció como regla de seguridad el uso obligatorio de equipos de protección ocular.

Además, de acuerdo con los riesgos identificados y a las necesidades del DEMEX se elaboraron los siguientes documentos: i) manual de seguridad para personal permanente y transitorio, ii) plan de mantenimiento de máquinas y equipos, iii) plan para tratamiento de efluentes, iv) plan de capacitación continua y vi) plan de inspecciones periódicas de control.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) es un centro de investigación aplicada en el área de recursos minerales y medio ambiente, enfocado en el procesamiento de minerales, metalurgia extractiva, tratamiento de efluentes y reciclado de residuos industriales. Dispone de laboratorios completos para realizar análisis físicos, químicos, mineralógicos y ensayos metalúrgicos. Brinda servicios de asistencia técnica al sector científico e industrial.

En este contexto, el DEMEX recibe muestras de minerales en forma de roca que deben ser sometidos al ciclo completo de reducción de tamaño, con el uso de equipos como: trituradoras de mandíbulas, molino de rodillos, tamiz vibratorio con malla No. 10 (2 mm), molino de bolas y equipos de pulverización, hasta obtener partículas con tamaño inferior a las 100 μ . Durante estas operaciones, con frecuencia se ha observado la proyección de partículas de distintos tamaños y además lamentablemente, en dos ocasiones, se han producido accidentes leves en el molino de rodillos, que provocaron lastimaduras en los dedos de las manos de dos ayudantes de laboratorio.

Ninguno de los equipos de reducción de tamaño poseen los debidos resguardos para evitar la proyección de partículas y tampoco cuentan con las protecciones necesarias para aislar el ruido generado, adicionalmente cuando todos los equipos están en funcionamiento se generan tal molestia por el ruido, que ya ha provocado las quejas del personal, pues esta situación no permite el correcto desempeño del resto de actividades que se realizan en las zonas aledañas.

Además, para realizar análisis químicos y mineralógicos, se requiere una muestra representativa de material de tamaño inferior a las 100 μ , con este fin se debe homogenizar, cuartear, pulverizar diversas muestras, durante este proceso se generan importantes cantidades de material particulado, fácilmente observable, que es inhalado por el personal, debido a que no existen suficientes extractores y sistemas de ventilación localizada.

Se debe señalar además que en los laboratorios del DEMEX, existen alrededor de 20 personas realizan constantemente análisis y ensayos metalúrgicos y usan diversos tipos de ácidos (nitríco, fluorhídrico, clorhídrico), bases (hidróxidos de sodio y potasio) y reactivos como cianuro de sodio, óxido de plomo que requieren cuidado y atención especial. Si bien el personal recibe tanto equipo de protección de protección como capacitación respecto al manejo de sustancias químicas, en varias ocasiones se les ha llamado la atención por no trabajar con la debida precaución y seguridad.

La presencia constante de personal transitorio (estudiantes y tesistas) hace necesario un plan de capacitación continua sobre seguridad en el laboratorio para evitar accidentes y mejorar las condiciones de trabajo con las que actualmente opera el DEMEX.

Esta investigación pretende evaluar las zonas donde se localiza el ruido, el polvo, las máquinas sin resguardos y la incorrecta manipulación de reactivos químicos, para diseñar un plan de medidas correctivas y preventivas a implantarse en los laboratorios del DEMEX. Esto con el fin de cumplir con lo establecido en los siguientes artículos y reglamentos: Capítulo V, artículo 55 referente a Ruidos y Vibraciones, artículo 65 referente a Normas de Control para Sustancias Químicas, Capítulo II referente a Protección de Máquinas Fijas, artículos 76, 77 y 78 del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393 y para el caso del Material Particulado, tomar como referencia los valores de límites de exposición (TLV's) establecidas por la ACGIH.

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Todo trabajador está expuesto a distintos riesgos que no se conocen o no están analizados y evaluados, que son producto de la actividad que realizan dentro de su ambiente laboral, los mismos que en ocasiones pueden desencadenar una alteración a la salud generada por un accidente laboral o por una enfermedad profesional (Siles, 2005, p. 31).

Todos los empleados, sin excepción, están en mayor o menor medida expuestos a los riesgos, esto se puede evitar tomando las debidas medidas. Se debe conocer los diferentes tipos de riesgos que pueden estar presentes, para después hacerlos frente con la implantación empleando medidas preventivas o correctivas (Siles, 2005, p. 33).

1.1 RIESGO FÍSICO: RUIDO

1.1.1 GENERALIDADES

El ruido es un agente físico que se encuentra presente en la mayoría de los puestos de trabajo en cualquier actividad industrial, se lo considera como el conjunto de sonidos no coordinados que producen una sensación desagradable al ser humano. Se compone de una parte subjetiva, que se le conoce como molestia y de una parte objetiva, que es el sonido y por lo tanto éste último parámetro es cuantificable (Rodellar, 2000, p. 101; Álvarez, 2009, p. 105).

La exposición a ruidos en los puestos de trabajo puede afectar la salud y la seguridad de los trabajadores, así como también los niveles de productividad dentro de una empresa, por esta razón es muy importante contar con herramientas y conocimientos para medirlo y combatirlo.

El ruido además de ser molesto, puede afectar la capacidad en los trabajadores porque puede ocasionar tensión y perturbar su concentración, ya que origina accidentes al dificultar la comunicación. El ruido es una de las enfermedades profesionales más comunes, puede afectar a la salud, o puede hacer que en un

determinado momento se pierda el sentido del oído, a causa de la exposición prolongada en el lugar de trabajo (Sota y López, 2003, p.33).

La exposición breve a un ruido excesivo puede ocasionar pérdida temporal de la audición, mientras que la exposición durante un largo período de tiempo puede provocar una pérdida permanente (González, 1989, p. 111).

No es fácil reconocer la pérdida de audición, esta se la detecta a lo largo del tiempo y desafortunadamente en algunas ocasiones la mayoría de los trabajadores no se percatan de que pueden entrar en sordera hasta que su sentido del oído ha adquirido un daño permanente.

1.1.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EXPOSICIÓN A RUIDO

Como ya se definió antes, el ruido es un sonido no deseado que provocan una molestia para las personas, con riesgo para su salud física y mental. Es así que se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a. La amplitud del sonido, que está definida por el nivel de presión acústica (N.P.A.) y la intensidad acústica. La unidad de medida de la amplitud de un ruido es el decibelio (dB) (Floría-González et al, 2006, p. 145).
- b. La frecuencia del sonido, que es el número de veces que un sonido adquiere el mismo valor por unidad de tiempo. Se expresa en ciclos/segundo es decir en hertzios (Hz) (Floría-González et al, 2006, p. 145).
- c. Tiempo de exposición, se consideran dos aspectos el correspondiente a las horas/día u horas/semana, así como la edad laboral o el tiempo en años que el trabajador lleva desempeñando en un puesto de trabajo y que está expuesto a un nivel de ruido determinado (Floría-González et al, 2006, p. 145)

Un esquema de las consecuencias que pueden provocar estos factores se muestran en la figura 1.1

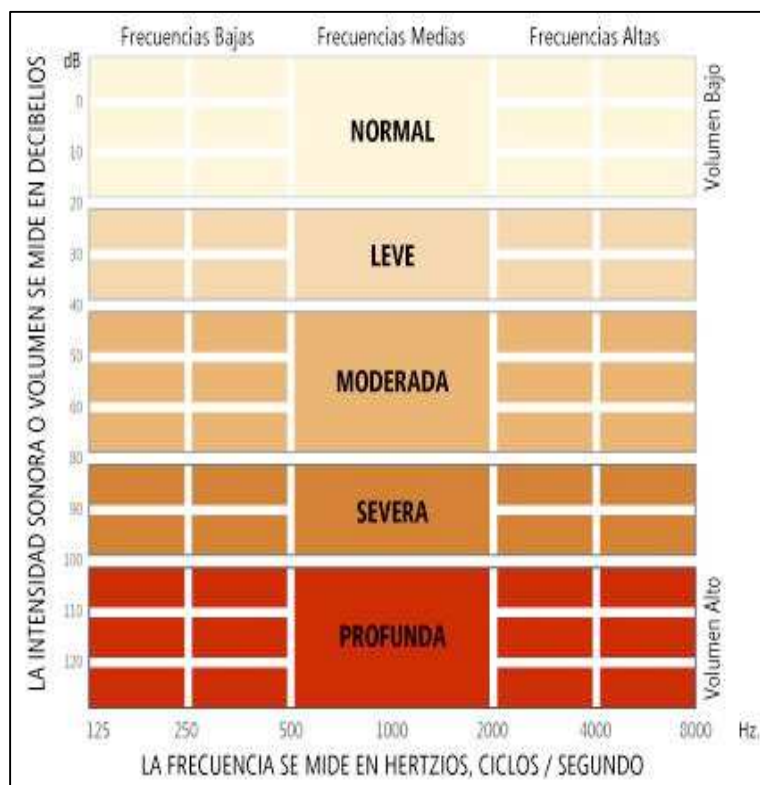


Figura 1.1. Afectaciones al ser humano al relacionar la frecuencia (Hz) de la escala auditiva respecto a la intensidad sonora (dB)
(Sota y López, 2003, p. 33)

1.1.3 TIPOS DE RUIDO

La mayor parte de los ruidos están formados por todas las frecuencias de la escala auditiva, pero se los puede clasificar de la siguiente manera:

1.1.3.1 Ruido continuo

Se presenta cuando el nivel de presión sonora es prácticamente constante con fluctuaciones inferiores o iguales a 5 dB_A durante el periodo de medición de un minuto. Por ejemplo: el ruido de un motor eléctrico (Henaó, 2010a, p. 21)

1.1.3.2 Ruido intermitente

Es aquel que presenta fluctuaciones en los niveles de presión sonora que son mayores a 5 dB_A durante un período de medición de un minuto. Por ejemplo: el accionar un taladro (Miyara, 2009, p. 38).

1.1.3.3 Ruido de impacto

Presenta una brusca elevación de ruido de corta duración, el mismo que tiene intervalos tanto regulares como irregulares con duraciones iguales o superiores a un segundo. Por ejemplo: la puesta en marcha de compresores, el impacto de carros, abrir o cerrar puertas (Henao, 2010a, p. 22).

1.1.4 UNIDAD DE MEDIDA DEL SONIDO

El decibel (dB) es la unidad adoptada para medir el sonido. “Es una relación logarítmica entre una cantidad medida y una de referencia, es usado para describir los niveles de presión, potencia o intensidad sonora” (Sota y López, 2003, p. 34). La mayoría de los instrumentos para medir el sonido están calibrados para dar lecturas del nivel de presión sonora.

Se lo representa con la siguiente ecuación:

$$\text{Log } R = 1\text{dB}/10 \quad [1.1]$$

Donde:

R = razón de energía, potencia o intensidad

1.1.5 INSTRUMENTOS PARA LA MEDIDA DE RUIDO

Para medir el nivel de presión acústica (N.P.A.) se utilizan como instrumentos de medida sonómetros y dosímetros, mientras que para obtener el máximo nivel de ruido de impacto (nivel pico) se utiliza un analizador de impacto (Burbano, 1997, p. 60)

1.1.5.1 Sonómetro

Es un instrumento eléctrico-electrónico capaz de medir el nivel de presión acústica expresada en decibelios, responde al sonido de forma aproximadamente igual que el oído humano y da medidas objetivas y reproducibles de su nivel.

En la Figura 1.2 se muestran los distintos bloques que integran un sonómetro: micrófono, preamplificador, red de ponderación en frecuencia (R.P.F.), banco de

filtros, amplificador, detector RMS, red de ponderación temporal y finalmente un display que permite la representación de la señal captada (Cortés, 2007, p. 439).

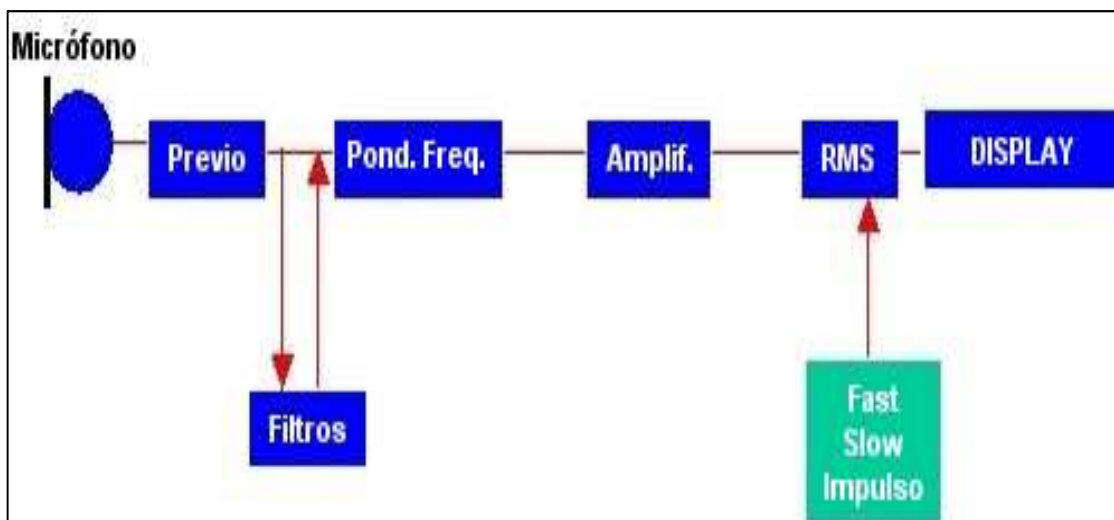


Figura 1.2. Esquema de funcionamiento de un sonómetro
(Cortés, 2007, p. 439)

Existen dos factores a considerar dentro del funcionamiento de un sonómetro, el primero es el de ponderación frecuencial, que consiste en ajustar los niveles de presión sonora a la respuesta en frecuencia (promedio) del oído humano, se encuentra normalizado con cuatro curvas, estas se las puede apreciar en la figura 1.3 y su descripción (Cortés, 2007, p. 440) se explica a continuación:

- a. Curva A (dB_A). Mide la respuesta del oído, ante un sonido de intensidad baja. Es la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano. Se utiliza para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesto a la misma.
- b. Curva B (dB_B). Su función es medir la respuesta del oído ante intensidades medias.
- c. Curva C (dB_C). Mide la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad. Es tanto, o más empleada que la curva "A" a la hora de medir los niveles de contaminación acústica. También se utiliza para medir los sonidos más graves.
- d. Curva D (dB_D). Se utiliza para estudiar el nivel de ruido generado por los aviones.

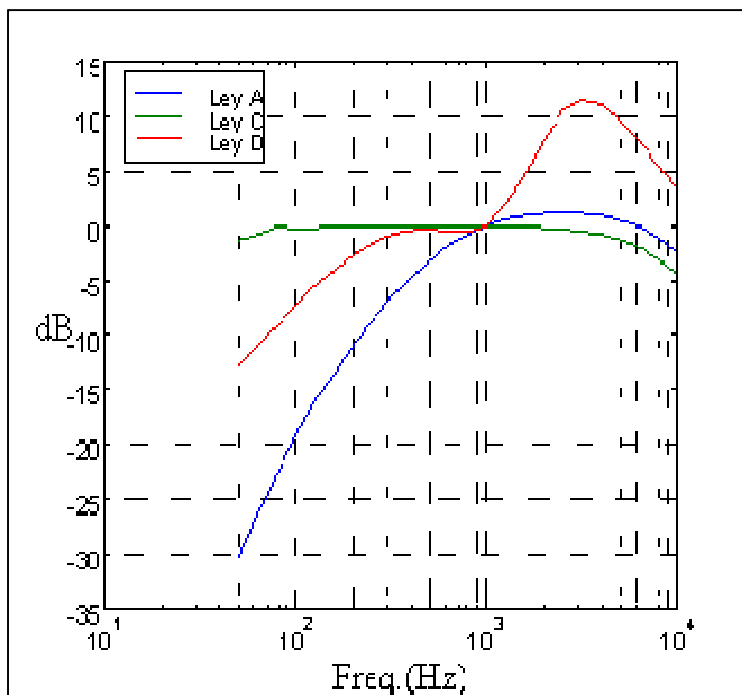


Figura 1.3. Curvas de ponderación frecuencial
(Cortés, 2007, p.440)

El sonómetro da como lectura el valor eficaz, esto es la ponderación en el tiempo, que no es más que la velocidad con que son tomadas las muestras y así se tiene las siguientes posiciones (Cortés, 2007, p.440):

- a. Lento (slow, S): Valor (promedio) eficaz de aproximadamente un segundo.
- b. Rápido (fast, F): Valor (promedio) eficaz por 125 milisegundos. Son más efectivos ante las fluctuaciones.
- c. Por Impulso (impulse, I): Valor (promedio) eficaz 35 milisegundos. Mide la respuesta del oído humano ante sonidos de corta duración.

1.1.5.2 Dosímetro

Es un pequeño instrumento integrador que permite calcular la dosis de ruido a la que está sometida una persona. Posee un sistema lector que expresa la dosis acumulada en el tiempo que ha permanecido funcionando. Los actuales equipos para medir ruido muestran directamente el nivel de presión sonora equivalente y el nivel sonoro continuo equivalente diario (Sota y López, 2003, p. 32).

El dosímetro por su tamaño es portátil, permite medir todo tipo de ruidos en puestos de trabajo fijos o móviles. Este instrumento incorpora la ponderación exponencial lenta de tiempo y el umbral de ruido que está especificado por el fabricante.

1.1.5.3 Analizador de impacto

Aparato que puede registrar ruidos de muy corta duración, indica la distribución del sonido en función de su frecuencia permitiendo el análisis de las características del ruido (Henaó, 2010a, p. 37).

Su distribución espectral se debe hacer en el rango de frecuencia de interés en banda de octava o de un tercio de octava, la cual se mide en hertzios (Hz).

1.1.6 CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS ACÚSTICOS

Los equipos que se emplean en mediciones acústicas requieren ser calibrados periódicamente para así ajustar ligeramente la ganancia del amplificador de entrada para compensar las variaciones de sensibilidad del micrófono, la cual varía a lo largo del tiempo.

Como calibrador acústico se emplea al pistófono, el mismo que debe tener una exactitud de 0,5 dB. Los calibradores a su vez se deben someter a una revisión y calibración anual para comprobar el nivel de salida de los equipos acústicos (Fenner, 2006, p. 85).

1.1.7 PARÁMETROS USADOS PARA LA EVALUACIÓN DE RUIDO

Los principales parámetros empleados en fuentes fijas para la medición de la emisión de ruido son:

a. Nivel sonoro continuo equivalente ($LA_{eq(T)}$), con filtro de ponderación A y ponderación temporal lenta (S), es el nivel de presión sonora de un ruido que tiene igual energía que el que se desea medir, con la particularidad de ser continuo en un mismo lapso de tiempo (Niebel, 1990, p. 244).

Este se calcula con la ecuación 1.2 que se muestra a continuación:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{P_A(t)}{P_0} \right]^2 \cdot dt \right] \quad [1.2]$$

Donde:

T = Período de medición = T₁ – T₂

P_{A(t)} = Presión sonora en el tiempo requerido

P₀ = Presión de referencia (2 · 10⁻⁵ Pa)

b. Nivel de ruido residual (L_{Aeq(r)}), medido como nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A y ponderación temporal lenta (S), o como nivel de permanencia L90 (Niebel, 1990, p. 245).

El nivel de permanencia L90 es el que se sobrepasa el 90% del tiempo de medición. Se lo puede utilizar como un indicador del ruido de fondo, que es el nivel de presión sonora mínimo o de base, que está presente casi todo el tiempo (Niebel, 1990, p. 245). Si por alguna razón no es posible realizar mediciones del ruido residual, se podrá tomar como valor indicativo (o representativo) de éste el correspondiente al nivel de permanencia L90.

c. Nivel sonoro diario equivalente (L_{Aeq(d)}), es un indicador que permite conocer el daño al sistema auditivo de personas expuestas al ruido por períodos de tiempo que exceden las 8 h diarias de trabajo.

Este otro parámetro utilizado para la evaluación del ruido, se determina mediante la ecuación 1.3 (Niebel, 1990, p.245).

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8} \quad [1.3]$$

Donde:

T = Tiempo diario de exposición del trabajador (h/d)

L_{Aeq,T} = Presión sonora equivalente en el tiempo T (dB_A)

1.1.8 CRITERIOS DE VALORACIÓN

El ruido puede evaluarse considerando diversos puntos de vista, que pueden ser:

- a. sufrir daño auditivo
- b. la molestia que puede ocasionar
- c. la interferencia con las actividades

Estos criterios pueden ser cuantitativos y cualitativos. Los primeros generalmente se basan en mediciones o en conteo de eventos, como pueden ser: la cantidad de picos en un determinado periodo de tiempo.

Estos tienen como ventaja la objetividad y permiten tomar una decisión basada en valores límite. Los criterios cualitativos se basan en valoraciones subjetivas tales como “molesto” o “innecesario” o que “excede la normal tolerancia” (Rodellar, 2000, p. 104).

En nuestro país existe el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393), que es el documento que regula y en el que se basa los criterios de valoración para este trabajo.

Existen también criterios internacionales como el utilizado por la ACGIH, que al igual que en nuestra normativa (Decreto Ejecutivo 2393), también fija como límite máximo tolerable 85 dB_A para 8 h de trabajo diario con niveles sonoros medidos en decibeles con el filtro “A” en posición lenta.

1.2 RIESGO QUÍMICO: MATERIAL PARTICULADO Y MANIPULACIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS

Entre los contaminantes más frecuentes que afectan al ser humano están los producidos por químicos que se generan en distintos procesos industriales. La prevención y el control hacia su uso y manipulación adecuada no solo es responsabilidad de los trabajadores sino también de todos quienes los dirigen (González, 1989, p. 201).

Hay una cantidad inmensa de productos químicos utilizados en la industria que pueden resultar peligrosos para nuestra salud. De la mayoría se desconocen sus efectos, por eso debemos conocerlos, medirlos y controlarlos para evitar daños como consecuencia de una exposición continua o breve en algunos casos.

1.2.1 GENERALIDADES

Riesgo químico es aquel susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos, esto es cualquier sustancia que pueda afectarnos directa o indirectamente a pesar de que no estemos realizando nosotros mismos las tareas (INSHT, 2006b, p. 3)

Es necesario conocer y evaluar este tipo de riesgos para garantizar un buen estado de seguridad y salud de los trabajadores, así en función de las condiciones laborales y de los resultados de la evaluación, se aplicaran las medidas de prevención o protección necesarias, para eliminar lo evitable, o al menos tener controlado el riesgo dentro de unos márgenes aceptables (Burbano, 1997, p. 55).

En la actualidad los agentes químicos son muy variados y han adquirido gran peligrosidad debido a combinaciones de sustancias inorgánicas y orgánicas. Los procesos productivos demandan volúmenes importantes de dichas sustancias y el control de los peligros que representan ha significado un esfuerzo importante en los programas de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (Siles, 2005, p. 76).

1.2.2 CRITERIOS DE PELIGROSIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

Existen varios criterios, pero se pueden considerar los siguientes:

- a. Explosión, es el efecto que produce una sustancia al expandir sus moléculas de forma brusca y destructiva. Ejemplo: acetileno, peróxidos orgánicos, compuestos nitrosos (Armacell, 2008, p. 49).
- b. Inflamación, es el efecto que ocasiona una sustancia al producirse una combustión de sí misma con desprendimiento de calor, esta puede producirse si cumple condiciones de: líquido, sólido o gas inflamable, o material inflamatorio espontáneo (Armacell, 2008, p. 49).

- c. Toxicidad, es la capacidad de una sustancia para producir daño a la salud de las personas que están en contacto con ellas, estas pueden ser: agudas, subagudas o crónicas (Henao, 2010b, p. 17).
- d. Reactividad, es la capacidad de una sustancia para combinarse con otra y producir un compuesto de alto riesgo (Henao, 2010b, p. 19).
- e. Corrosividad, es una característica que presentan las sustancias que tienen propiedades ya sean ácidas o alcalinas. Ejemplo: ácido clorhídrico, hidróxido de sodio (Armacell, 2008, p. 50).

1.2.3 VÍAS DE INGRESO DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS AL ORGANISMO

Para que un agente nocivo cumpla con su efecto tóxico debe tener contacto con ciertas partes del organismo y su entrada debe realizarse mediante una de las principales vías (González, 1989, p. 102), que pueden ser:

- a. Vía respiratoria, que es la más importante y de más fácil entrada para la mayoría de los contaminantes.
- b. Vía dérmica, comprende toda la superficie epidérmica y este tipo de contacto es el que afecta al mayor número de personas en el trabajo.
- c. Vía digestiva, no solamente son los contaminantes que ingresan por la boca sino también aquellos que puedan entrar disueltos en las mucosidades del sistema respiratorio.
- d. Vía de absorción mucosa, constituida por la mucosa conjuntiva del ojo, pero que es de muy poca importancia.
- e. Vía parental, esta es la más grave para los contaminantes biológicos y para ciertas sustancias químicas, ya que la hace a través de heridas abiertas.

1.2.4 CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO QUÍMICO

En este grupo se encuentran los elementos y sustancias que pueden ingresar al organismo ya sea por absorción, ingestión e inhalación y que de acuerdo con su nivel de concentración, tiempo de exposición pueden generar trastornos en los tejidos, intoxicaciones y quemaduras (Giraldo, 2008, p. 127)

Los agentes químicos pueden ser clasificados de acuerdo a su estado físico, su composición química o su acción fisiológica.

1.2.4.1 Según su estado físico

Se clasifican en gaseosos (moleculares) y particulados (aerosoles), estos se pueden observar en la figura 1.4

- a. Gaseosos, son aquellas sustancias constituidas por moléculas ampliamente dispersas a la temperatura de 25°C y presión ordinaria de 1 atmósfera ocupando todo el espacio que lo contiene, pueden ser gases o vapores (Kiely, 1998, p. 93).
- b. Particulados, constituidos por partículas sólidas o líquidas, dentro de estas tenemos: polvos, humos, nieblas y brumas (Kiely, 1998, p. 93).

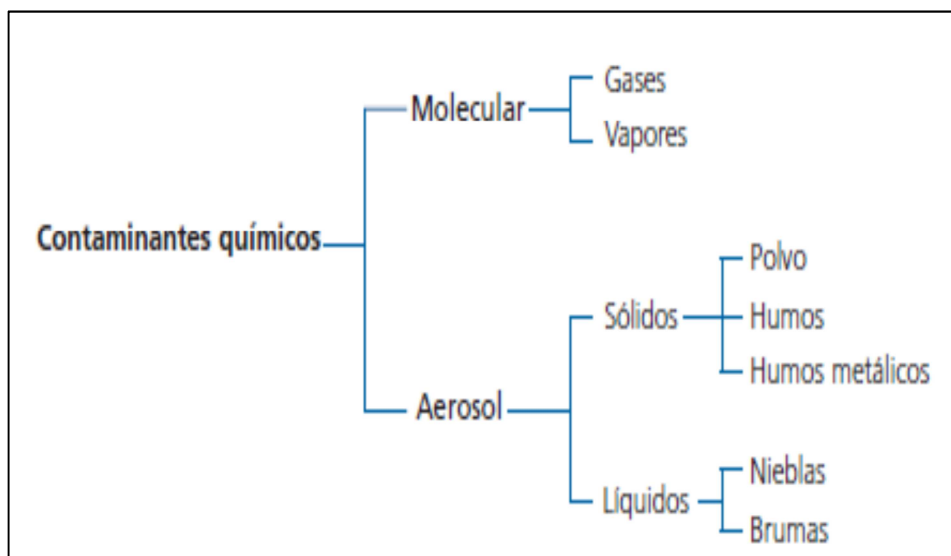


Figura 1.4. Clasificación de contaminantes químicos según su estado físico
(Henao, 2010b, p. 25)

1.2.4.2 Según su composición química

En este punto es muy difícil establecer una correlación entre la estructura química y los efectos biológicos de los contaminantes.

La clasificación de estos agentes químicos se puede realizar teniendo en cuenta el estado físico de las sustancias o también analizando sus defectos.

1.2.4.3 Según sus efectos

Los contaminantes químicos que pueden presentarse en diversos estados físicos en el ambiente de trabajo, en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud las personas que entran en contacto con ellas, pueden producir efectos en el organismo (González, 1989, p. 203) y pueden ser:

- a. Irritantes y alérgicos, producen una inflamación o irritación en las zonas con las que entran en contacto, principalmente piel y mucosas (INSHT, 2006a, p. 4)
- b. Neumoconióticos, que son sustancias sólidas que se depositan en los pulmones produciendo neumopatía (Siles, 2005, p. 100).
- c. Anestésicos y narcóticos, que actúan como depresores del sistema nervioso central (González, 1989, p. 203).
- d. Cancerígenos, que es el desarrollo de un crecimiento desordenado de células.
- e. Asfixiantes, son sustancias capaces de impedir la llegada de oxígeno a los tejidos (Siles, 2005, p. 100).

1.2.5 MEDICIÓN Y VALORACIÓN

Consiste en obtener la mayor cantidad de muestras representativas en un determinado puesto de trabajo, teniendo en cuenta varias actividades como son los procesos, los ciclos de producción, la movilidad de los trabajadores, entre otras (Burbano, 1997, p. 57).

La evaluación de este riesgo consiste en la comparación de los datos obtenidos en las distintas mediciones con los criterios de valoración, por eso se ha planteado el uso de distintos tipos de valores límites permisibles que se aplican de acuerdo con cada sustancia específica (Floría-González et al, 2006, p. 77).

Todos estos se encuentran en el texto elaborado originalmente por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists y reconocido como un clásico entre los manuales de referencia destinados a la prevención de riesgos profesionales (ACGIH, 2001, p. 21)

Es importante mencionar en este punto los Valores Límite Umbral (TLV), que son los valores de concentración en el aire de sustancias por debajo de las cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir daños en su salud. Existen distintos tipos de estos que se aplican de acuerdo con cada sustancia específica y se los definen a continuación.

- a. **TLV-TWA**, es la concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada laboral de 8 h diarias y 40 semanales, a la cual los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente.
- b. **TLV-C**, es la concentración que no debe ser sobrepasada en ningún instante.
- c. **TLV-STEL**, es la concentración límite de exposición para cortos períodos de tiempo a la que pueden estar expuestos los trabajadores, sin sufrir irritación, daños crónicos e irreversibles en los tejidos o narcosis en grado suficiente para aumentar la probabilidad de lesiones accidentales (ACGIH, 2001, p. 23).

1.2.6 MATERIAL PARTICULADO

Este término se refiere a cualquier sustancia, a excepción del agua pura, presente en la atmósfera en estado sólido o líquido por causas naturales o antropogénicas (Sota y López, 2003, p.31), incluye tanto las partículas en suspensión como aquellas con un diámetro aerodinámico superior a 20 nm denominadas partículas sedimentables, que se caracterizan por exhibir un corto tiempo de residencia en la atmósfera.

Puede tener efectos en la salud y bienestar del hombre, puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias, disminuir la esperanza de vida, afecta la visibilidad y velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre (Mora, 2010, p. 139).

Existen normas sobre el material particulado que tiene menos de 10 y 2,5 μm de diámetro aerodinámico, es decir PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ respectivamente, esta especificación se debe a que las partículas más pequeñas son más peligrosas

para la salud de los seres humanos porque son capaces de alcanzar la zona inferior de los pulmones.

El aire que respiramos contiene sustancias particuladas como polvos, este contiene partículas que tienen un amplio ámbito de tamaño y que se originan por alguna razón mecánica como trituración o molienda (Kiely, 1998, p. 116).

Dentro de este también se puede mencionar a los humos que difieren de los anteriores por la forma en que se producen y en su tamaño, están compuestos por partículas extremadamente pequeñas de un diámetro inferior a una micra y son producidos por procesos como combustión, condensación y sublimación (Henao, 2010b, p. 67).

Todo polvo, humo, vapores y gases producen algún grado de irritación dando como resultado que casi todos los pulmones presenten fibrosis (Henao, 2010b, p. 67). Las partículas de polvo que llegan a los pulmones y son solubles en los fluidos del cuerpo, tarde o temprano pasan directamente a la corriente sanguínea; mientras que los insolubles permanecen en estos causando una acción nociva e irritante (Ruiz, 2007, p. 96).

1.2.6.1 Definición de polvos inorgánicos

Son todas aquellas partículas finas mecánicamente generadas como resultado de las operaciones de perforación, molienda, tamizado, transporte y otras que se presentan en las diferentes industrias (Rodellar, 2000, p. 203).

1.2.6.2 Tipos de polvos

Los polvos pueden ser clasificados en orgánicos e inorgánicos, estos últimos pueden a su vez dividirse en metálicos y no metálicos subdividiéndose en aquellos que contienen y no contienen sílice (INSHT, 2006a, p. 6).

Finalmente los que contienen sílice se clasifican en cristalinos y amorfos, esta se la puede observar en la figura 1.5.

1.2.6.3 Concentración de polvo

La cantidad de partículas de polvo suspendidas en un volumen dado de aire es el primer paso a seguir en el estudio de un polvo industrial, generalmente la concentración está expresada en número de partículas por pie cúbico o metro cúbico (Rodellar, 2000, p. 203).

Con la difusión de los métodos gravimétricos de muestreo, se emplea la expresión en miligramos por metro cúbico (mg/m^3) para polvo de tamaño respirable y para polvo total.

Un esquema de estos polvos se puede apreciar en la figura 1.5.

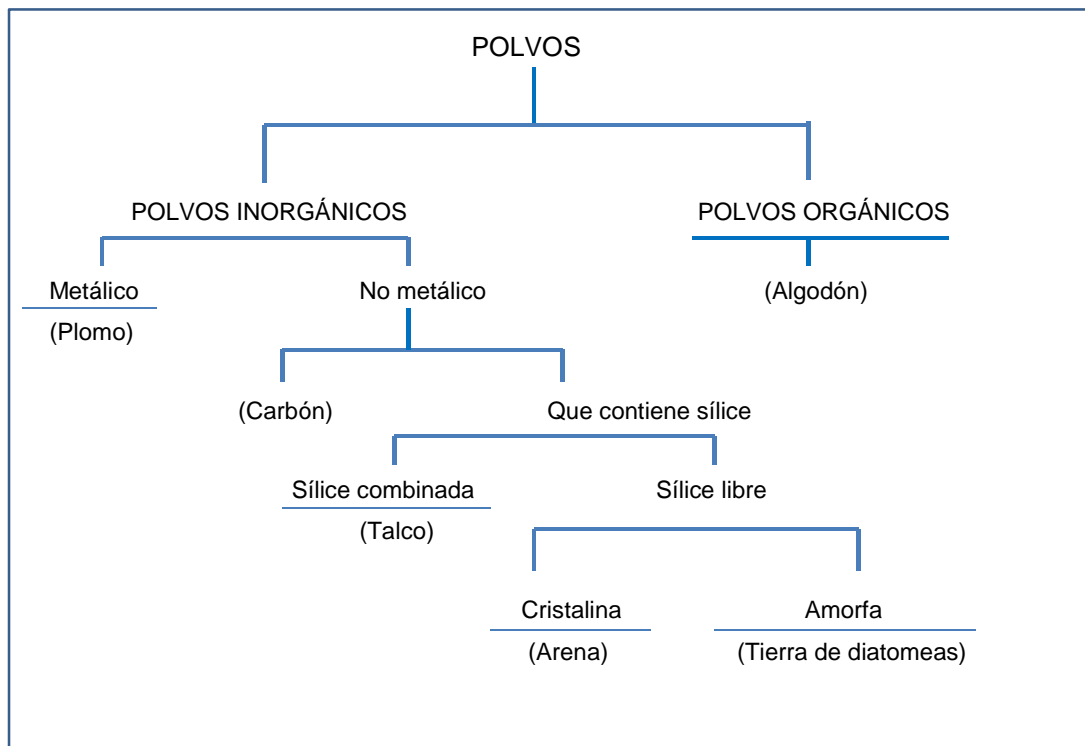


Figura 1.5. Esquema de la clasificación de tipos de polvos respirables (Henao, 2010c, p.68)

1.2.6.4 Tamaño de partículas

Una persona que posea una vista normal puede detectar partículas individuales de polvo tan pequeñas como 50μ de diámetro (Martí, 2008, p.12). Partículas de menor tamaño suspendidas en el aire pueden ser detectadas individualmente por el ojo como tal cuando reflejan una luz fuerte.

El polvo respirable (por debajo de $10\ \mu$) no puede ser visto como partículas individuales sin la ayuda de un microscopio, sin embargo altas concentraciones de estas en suspensión pueden ser percibidas como una niebla o tener el aspecto de humo (Rodellar, 2000, p. 203).

Para medir la calidad del aire limpio dentro de un área determinada, se lo puede hacer empleando los siguientes indicadores (Giraldo, 2008, p.113):

- a. PTS: Partículas totales en suspensión, estas tienen un diámetro aerodinámico menor a $100\ \mu\text{m}$
- b. PM_{10} : Partículas gruesas con diámetro aerodinámico menor de $10,0\ \mu\text{m}$
- c. $\text{PM}_{2,5}$: Partículas finas con diámetro aerodinámico menor de $2,5\ \mu\text{m}$
- d. PM_1 : Partículas ultrafinas con diámetro aerodinámico menor de $1,0\ \mu\text{m}$

En el caso de las $\text{PM}_{2,5}$ su tamaño hace que sean totalmente respirables ya que ingresan en el aparato respiratorio, se pueden depositar en los alvéolos pulmonares e incluso pueden llegar al torrente sanguíneo (Fernández, 2010, p. 458). Además estas partículas de menor tamaño están compuestas por elementos que son más tóxicos como metales pesados y compuestos orgánicos.

El tamaño de las estas hace que sean más ligeras y permanezcan por más tiempo en el aire, facilitando así su transporte en el viento y expansión a grandes distancias (Giraldo, 2008, p 113).

Esto hace que estas partículas tengan efectos más severos sobre la salud que las más grandes PM_{10} , que prácticamente quedan atrapadas en conductos nasales, garganta, laringe, bronquios desde donde pueden ser expectoradas (Fernández, 2010, p. 458).

1.2.7 MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

La seguridad dentro de un laboratorio no debe limitarse solo a la protección personal o de la infraestructura, sino también está enfocado al manejo adecuado de los reactivos químicos, el mismo que está encaminado a preservarlos de la contaminación y del desperdicio (Gómez-Cano et al. 1998, p. 174).

Para que el proceso de manejo de residuos químicos sea efectivo es necesaria la participación y colaboración de todos quienes están implicados en la generación de residuos químicos peligrosos (Carvajal, 2005, p. 168).

Para esto se recomienda seguir ciertos parámetros como normas, simbologías, fichas de seguridad, entre otras.

1.2.7.1 Normas para el manejo de reactivos

La mayoría de los accidentes químicos ocurren en las manipulaciones de estas sustancias, especialmente en operaciones de trasvase. Un recipiente abierto que contenga un producto peligroso es una posible fuente de peligro, es por eso que al trabajar con reactivos se deben tomar en cuenta las siguientes normas para prevenir la contaminación accidental de estos (Rubio, 2006, p. 86).

- a. Escoger el grado del reactivo apropiado para el trabajo a realizar, en lo posible utilizar el frasco de menor tamaño.
- b. Tapar inmediatamente el frasco una vez extraído el reactivo, para evitar posibles confusiones con otros.
- c. Sujetar el tapón del frasco con los dedos, el tapón nunca debe dejarse sobre la mesa de trabajo.
- d. Nunca colocar los frascos destapados en sitios que puedan ser salpicados por agua u otros líquidos.
- e. Jamás devolver al frasco original cualquier exceso de reactivo.
- f. Mantener limpios y ordenados los estantes de reactivos y balanzas, limpiar inmediatamente cualquier salpicadura.
- g. Rotular soluciones preparadas o los frascos de reactivos cuyas etiquetas originales se hayan deteriorado.

Si se trata alguna sustancia química en estado líquido, sus vapores contaminarán el ambiente, estas deben manipularse dentro de una campana de extracción que es una cabina provista de un ventilador que succiona el aire del laboratorio llevando los gases fuera de él (Heno, 2008b, p. 122).

1.2.7.2 Símbolos de riesgo

Para manejar con seguridad las sustancias químicas se han ideado diversos códigos dependiendo de la casa fabricante (SIAFA, 2009, p. 123), pero en general los sistemas clasifican las sustancias en las siguientes categorías que se muestran en la figura 1.6.

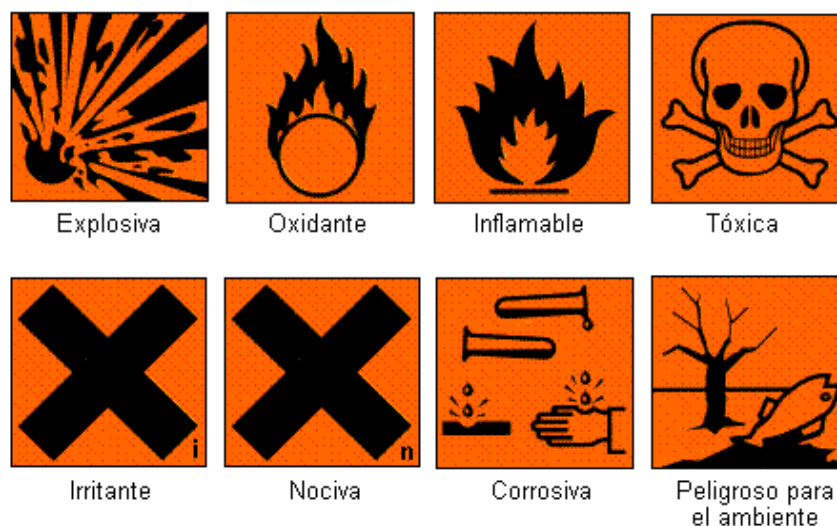


Figura 1.6. Pictogramas universales de seguridad para reactivos químicos

1.2.7.3 Hojas de datos de seguridad (MSDS)

Es una fuente de información resumida, extremadamente útil para prevenir riesgos laborales, accidentes y posibles enfermedades, cuyo contenido hace referencia a las propiedades de peligrosidad y a las consideraciones que deben ser tomadas para trabajar con una sustancia química determinada (INSHT, 2006a).

Siempre que vaya a trabajar con una sustancia química, es recomendable que se lea su hoja de datos de seguridad, esta simple acción puede ahorrar muchos problemas.

1.3 RIESGO MECÁNICO: PROYECCIÓN DE PARTÍCULAS

Una buena parte de los accidentes más graves tienen que ver con máquinas y con determinadas herramientas, esto significa que en muchas ocasiones las

personas que trabajan sufren lesiones o mutilaciones en su cuerpo e incluso llegan a perder la vida a causa de sus instrumentos de trabajo (Henaó, 2008d, p. 108).

A menudo los elementos de seguridad existen pero están mal diseñados, fabricados con materiales inadecuados o no se someten a las necesarias inspecciones y controles periódicos, a veces dificultan la realización del trabajo e incluso constituyen un riesgo en sí mismos.

1.3.1 PELIGROS EN MÁQUINAS

El peligro de contacto y lesiones con partes móviles, se producen por la falta de controles en las máquinas tales como defensas, resguardos, barreras, protecciones o alarmas de aproximación (Fenner, 2006, p. 158).

El riesgo mecánico es aquel que puede producir lesiones corporales tales como cortes, abrasiones, punciones, contusiones, golpes por objetos desprendidos o proyectados, atrapamientos, aplastamientos, quemaduras, etc. También se incluyen los riesgos de explosión derivados de accidentes vinculados a instalaciones a presión (Sota y López, 2003, p.10).

Para evitar o disminuir los accidentes como consecuencia de los fallos de seguridad se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a. *Seguridad en el producto:* con el fin de mejorar la producción se utilizan máquinas para sustituir a los trabajadores en ciertas labores, por eso estas deben ser diseñadas con una serie de protecciones adecuadas que ofrezcan seguridad a quienes las operan y así poder aumentar su rendimiento. Este elemento de seguridad puede ser un dispositivo que impida o dificulte el acceso a puntos y zonas de peligro (González, 1989, p. 184).

- b. *Instalación:* se realizará en lugares apropiados y siguiendo las instrucciones del fabricante, las piezas de las máquinas que sean consideradas peligrosas serán ubicadas de manera que no sea posible el contacto con ellas o resulten de difícil acceso. Se debe tener muy en cuenta que el piso y el espacio que rodea

a estas, estará limpio, libre de objetos, ordenado y su superficie debe ser antideslizante (González, 1989, p. 184).

c. *Utilización y mantenimiento*: muchas de las lesiones se deben al empleo de prácticas y procedimientos poco correctos, por este motivo es importante la formación de personal especializado que garantice su propia seguridad y el buen funcionamiento de la máquina durante su vida útil (González, 1989, p. 185).

No hay que olvidar que la verificación de la seguridad en todos los equipos de trabajo debe realizarse cuando estas estén en movimiento o detenidas.

1.3.2 PROYECCIÓN DE PARTICULAS

Es un tipo de riesgo mecánico producido por actividades donde el trabajador se encuentra expuesto al impacto de partículas o fragmentos desprendidos por fricción, rozamiento, desbaste de materiales (Nebel, 1990, p. 199).

Estas constituyen una de las fuentes de peligro más evidentes porque pueden provocar lesiones oculares. La visión es el sentido que nos permite disfrutar de todas las bellezas que nos proporciona la naturaleza (Siles, 2005, p. 166)

Para proteger la visión contamos con la defensa natural de los párpados, que se cierran automáticamente ante la amenaza de algo irritante, posible impacto, color fuerte o luz brillante (Fernández, 2011, p. 474).

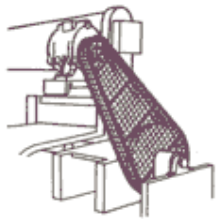
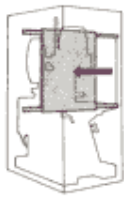
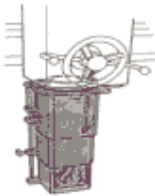
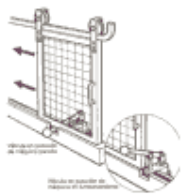
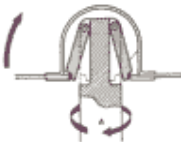
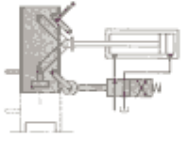
Sin embargo, esta medida es insuficiente para evitar el impacto de proyección de partículas.

Es por esto que toda persona que está expuesta en su trabajo a proyección de partículas, productos químicos, gases, vapores, radiaciones, entre otros, necesita protección para los ojos (Fernández, 2011, p. 476).

Las técnicas de protección de máquinas pueden ser de dos tipos, estos se pueden observar en las tablas 1.1 y 1.2.

a. Resguardos, aquellos que encierran o evitan el acceso a los puntos peligrosos

Tabla 1.1. Medios de protección de máquinas – Resguardos
(Hena, 2008b, p. 110)

TIPO DE RESGUARDO	DEFINICIÓN	ESQUEMA
FIJO	Resguardo que se mantiene en su posición de forma permanente (soldadura) o mediante elementos de fijación (tornillos) que impiden que puedan ser retirados sin auxilio de herramientas.	
MÓVIL	Resguardo generalmente asociado mecánicamente al bastidor de la máquina o a un elemento fijo próximo, mediante bisagras o guías de deslizamiento y que es posible abrir sin uso de herramientas.	
REGULABLE	Resguardo fijo o móvil que es regulable en su totalidad o que incorpora partes regulables.	
CON DISPOSITIVO DE ENCLAVAMIENTO	Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento de manera que las funciones de seguridad de la máquina cubiertas por el resguardo no pueden desempeñarse hasta que el resguardo esté cerrado, la apertura del resguardo supone la orden de parada, mientras que su cerrado no provoca la puesta en marcha de la máquina.	
CON DISPOSITIVO DE ENCLAVAMIENTO Y BLOQUEO	Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento y a un dispositivo de bloqueo mecánico. Se diferencia del anterior en que no puede abrirse hasta que desaparece el riesgo de lesión.	
ASOCIADO AL MANDO	Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento o de enclavamiento y bloqueo, de forma que las funciones peligrosas de la máquina no pueden realizarse hasta que el resguardo esté cerrado, mientras que el cierre del resguardo provoca la puesta en marcha de la máquina.	

b. Dispositivos de protección, protegen puntos peligrosos totalmente descubiertos o que son de muy fácil acceso para apertura y cierre.

Tabla 1.2. Medios de protección de máquinas – Dispositivos de protección
(Henao, 2008b, p. 110)

TIPO DE DISPOSITIVO	DEFINICIÓN
DE ENCLAVAMIENTO	Dispositivo de protección mecánico, eléctrico o de cualquier otra tecnología destinado a impedir el funcionamiento de ciertos elementos de una máquina bajo determinadas condiciones (generalmente cuando el resguardo está cerrado)
DE VALIDACION	Dispositivo suplementario de mando, accionado manualmente, utilizado conjuntamente con un órgano de puesta en marcha, que mientras se mantiene accionado, autoriza el funcionamiento de una máquina.
SENSIBLE	Dispositivo que provoca la parada de una máquina o de elementos de una máquina, cuando una persona o una parte de su cuerpo rebasan un límite de seguridad (dispositivo sensible a la presión, fotoeléctrico, etc.)
DE RETENCION MECANICA	Dispositivo cuya función es la de insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (cuña, pasador, etc.) capaz de oponerse con base en su resistencia, a cualquier movimiento peligroso.
LIMITADOR	Dispositivo que impide que una máquina o elementos de una máquina sobrepasen un límite establecido (limitador de presión, desplazamiento, etc.)
DISUASORIO	Cualquier obstáculo material que no impide totalmente el acceso a una zona peligrosa, pero reduce la posibilidad de acceder a ella, por restricción del libre acceso.
MANDO SENSITIVO	Dispositivo de mando que pone y mantiene en marcha los elementos de una máquina solamente mientras el órgano de accionamiento se mantiene accionado. Cuando se suelta retorna a la posición de parada.
MANDO A DOS MANOS	Mando sensitivo que requiera como mínimo el accionamiento simultáneo de dos órganos para iniciar y mantener el funcionamiento de una máquina o de un elemento de una máquina, garantizando así la protección de la persona que actúa sobre los órganos de accionamiento.
MANDO DE MARCHA A IMPULSOS	Dispositivo de mando cuyo accionamiento permite solamente un desplazamiento limitado de un elemento de una máquina, reduciendo así el riesgo lo más posible. No permite otro movimiento hasta que se suelte y sea accionado de nuevo.
PARADA DE EMERGENCIA	Función destinada a evitar la aparición de peligros o reducir los riesgos existentes que puedan perjudicar a las personas, a la máquina o al trabajo en curso, o a ser desencadenada por una sola acción humana cuando la función de parada normal no es adecuada para este fin.
ESTRUCTURA DE PROTECCION	Obstrucción material, al igual que el resguardo, o una parte de la máquina, que restringe el movimiento del cuerpo o de una parte de éste.

La aplicación de los correspondientes medios de protección junto con la supervisión, adiestramiento y constante atención del operario, son los condicionantes para una seguridad óptima en la utilización de las máquinas (INSHT, 2003).

La prevención siempre se antepone a la protección, no obstante una máquina adecuadamente protegida y mantenida evita la mayoría de los accidentes dentro de un lugar de trabajo (Floría-González et al. 2006, p. 224).

1.4 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS PARA CONTROLAR RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MECÁNICOS EN UN LABORATORIO

El plan de control de riesgos laborales es el grupo de medidas, procedimientos y medios que tienen por objeto minimizar, reducir o eliminar los peligros que han sido detectados en la evaluación efectuada a un determinado lugar (Trujillo, 2012, p. 181). No se puede prescindir de este plan, ya que resguardar la integridad física, mental y emocional de cada uno de los trabajadores debe ser una prioridad para toda institución.

1.4.1 EVALUACIÓN DE RIESGOS

Es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y correctivas. La evaluación de riesgos debe quedar documentada (Cortés, 2007, p. 120).

Existen dos tipos de evaluación de riesgos: cualitativa y cuantitativa.

1.4.1.1 Evaluación cualitativa

Son tratamientos categóricos o descriptivos de la información, se llevan a cabo cuando no se dispone de datos suficientes o los recursos son limitados. Es un primer paso en la evaluación del riesgo, con el fin de determinar si es necesario realizar posteriormente una evaluación cuantitativa (Méndez, 2009, p. 179).

Este formato contiene la siguiente información:

- a. Identificación del problema en el que se va a trabajar
- b. Fecha en que se inicia el análisis de riesgos
- c. Descripción de los puestos de trabajo, actividades, número de personas expuestas
- d. Identificación de cada uno de los peligros del área de estudio

Dentro de este también se analizan los niveles de probabilidad y de consecuencia, los cuales se explican a continuación y se los aprecia de mejor forma en la tabla 1.3.

a. Los *niveles de probabilidad* valoran el riesgo que puede transformarse en daño, dentro de este hay tres niveles.

a.1. Bajo, el daño ocurrirá raras veces

b.1. Media, el daño ocurrirá en algunas ocasiones

c.1. Alta, el daño ocurrirá siempre o casi siempre

b. Los *niveles de consecuencia* valoran el riesgo que puede materializarse produciéndose un accidente, este tiene tres niveles.

b.1. Ligeramente dañino, produce daños superficiales, molestias e irritación

b.2. Dañino, produce laceraciones, quemaduras, torceduras, sordera, dermatitis, enfermedad que conduce a una incapacidad menor

b.3. Extremadamente dañino, produce amputaciones, fracturas mayores, lesiones múltiples, cáncer o enfermedades que acorten la vida

Al establecer la probabilidad y la consecuencia se determinará el nivel de riesgo que puede ser: trivial, tolerable, moderado, importante o intolerable.

Tabla 1.3. Niveles de riesgo en base a la probabilidad estimada y consecuencia esperada (Méndez, 2009, p. 180)

		CONSECUENCIAS		
		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
PROBABILIDAD	BAJA	RIESGO TRIVIAL	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO
	MEDIA	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE
	ALTA	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO INTOLERABLE

Los niveles de riesgo indicados en la tabla 1.4 forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o hay que implantar unos nuevos, así como también determina el tiempo de las acciones a tomar.

Tabla 1.4. Acción y temporización de los niveles de riesgo
(Méndez, 2009, p. 182)

RIESGO	RECOMENDACIONES
TRIVIAL	No se requiere acción específica. No se necesita guardar información.
TOLERABLE	No se necesita mejorar las medidas de control pero deben considerarse soluciones o mejoras de bajo costo y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es tolerable.
MODERADO	Se deben hacer esfuerzos por reducir el riesgo y en consecuencia debe diseñarse un proyecto de mitigación o control. Como está asociado a lesiones muy graves debe revisarse la probabilidad y debe ser de mayor prioridad que el moderado con menores consecuencias.
IMPORTANTE	En presencia de un riesgo así no debe realizarse ningún trabajo. Este es un riesgo en el que se deben establecer estándares de seguridad o listas de verificación para asegurarse que el riesgo está bajo control antes de iniciar cualquier tarea.
INTOLERABLE	Si no es posible controlar este riesgo debe suspenderse cualquier operación o debe prohibirse su iniciación.

Para una evaluación cuantitativa se consideran los riesgos calificados como: moderados, importantes o intolerables.

1.4.1.2 Evaluación cuantitativa

Este método permite calcular el grado de peligrosidad de los riesgos en función de su importancia (Rodellar, 2000, p. 78-83). Se los puede realizar mediante tres métodos.

- a. William Fine, para la evaluación de riesgos de accidentes
- b. Dosis de exposición, para evaluar enfermedades ocupacionales
- c. Método NFPA, para riesgos de incendios

El método de William Fine, permite calcular el grado de peligrosidad (GP) de los riesgos en función de su importancia, estos se ordenan según la gravedad relativa

de sus peligros comenzando por el riesgo del que se ha obtenido el valor más alto y así poder actuar sobre él (Rodellar, 2000, p. 78-83). Como se indica a continuación en la tabla 1.5.

Tabla 1.5. Valoración del grado de peligrosidad del riesgo analizado

VALOR	GRADO DE PELIGROSIDAD
Bajo	$GP < 18$
Medio	$18 < GP < 85$
Alto	$85 < GP < 200$
Crítico	$GP > 200$

El grado de peligrosidad se obtendrá multiplicando tres variables: consecuencia, exposición y probabilidad (Méndez, 2009, p. 190).

Consecuencia (C), es el daño debido al riesgo, incluyendo desgracias personales y daños materiales (Rodellar, 2000, p. 81). Los valores numéricos asignados para las consecuencias más probables de un accidente se pueden ver en la tabla 1.6.

Tabla 1.6. Valoración de la consecuencia

VALOR	CONSECUENCIA
10	Muerte y o daños mayores
6	Lesiones permanentes
4	Lesiones no permanentes
1	Heridas leves

Exposición (E), se define como la frecuencia con que se presenta la situación de riesgo, mientras más grande sea la exposición a una situación potencialmente peligrosa, mayor es el riesgo asociado a dicha situación (Méndez, 2009, p. 190). Esto se ve en la tabla 1.7.

Tabla 1.7. Valoración de la exposición

VALOR	EXPOSICIÓN
10	La situación de riesgo ocurre continuamente o muchas veces al día
5	Frecuentemente o una vez al día
2	Ocasionalmente o una vez por semana
1	Remotamente se conoce que ha sucedido

Probabilidad (P), es la posibilidad de que una vez presentada la situación de riesgo se origine el accidente, se debe tener en cuenta la secuencia de los acontecimientos (Rodellar, 2000, p. 81). Esta valoración se puede observar en la tabla 1.8.

Tabla 1.8. Valoración de la probabilidad

VALOR	PROBABILIDAD
10	Es el resultado más probable y esperado; si la situación de riesgo tiene lugar
7	Es completamente posible, tiene una probabilidad del 50%
4	Sería una rara coincidencia, tiene una probabilidad de ocurrencia del 20%
1	Nunca ha sucedido en muchos años de exposición, probabilidad de ocurrencia menor al 5%

1.4.2 PLAN DE CONTROL DE RIESGOS

Están encaminadas a actuar directamente sobre los riesgos antes de que se puedan llegar a materializar y por tanto que se puedan llegar a producir las posibles consecuencias negativas para la seguridad y salud de los trabajadores (Floría-González et al. 2006, p. 235).

Con la evaluación inicial de los riesgos, cualquier persona en su lugar de trabajo podrá priorizar y temporizar todas aquellas medidas y controles que tenga que realizar.

Para el control de riesgos se pueden aplicar dos tipos de intervenciones o medidas (Siles, 2005, p. 188):

- a. Preventivas para conseguir mejora de condiciones de exposición puede acudir a una actuación sobre el proceso, la maquinaria o la instalación con el fin de reducir los niveles de contaminantes químicos o agentes físicos presentes en el ambiente de trabajo.
- b. Correctivas que pueden aplicarse en la fuente de generación, en el medio de transmisión o en el receptor.

1.4.2.1 Jerarquías de control de riesgos

Al determinar los controles para adoptar medidas preventivas o correctivas, se debe contemplar la reducción de riesgos tomando en cuenta la siguiente jerarquía (Trujillo, 2012, p. 77):

- a. Eliminación
- b. Sustitución
- c. Controles de ingeniería
- d. Señalización/advertencias o controles administrativos
- e. Equipo de protección personal

1.4.2.2 Controles operacionales

Cuando la eliminación y la sustitución no han sido posibles, habrá que proceder a la utilización de medidas técnicas y organizativas de control de riesgos (Sota y López, 2003, p. 33-38), que se pueden aplicar en la fuente, en el transmisor o en el receptor.

- a. En la fuente estos controles podrían ser:

Cambio de proceso

Cambio de materiales

Encerramientos

b. En el transmisor los controles pueden ser:

Extracción localizada

Ventilación general

Métodos electrónicos

Aumentos de distancia

Orden y limpieza

c. En el receptor

Equipos de protección personal

Capacitación o entrenamiento

Menor tiempo de exposición (rotación)

Médico

Para que exista un buen control de riesgos es recomendable utilizar una combinación de medidas técnicas y organizativas, es decir que no será suficiente con instalar un sistema de extracción, sino que además éste tendrá que ser revisado, estará sometido a un proceso de mantenimiento, limpieza, los trabajadores tendrán que capacitarse esto es ser formados sobre su adecuada utilización para obtener la mayor efectividad y rendimiento del mismo, hay que notificar de averías, en fin tener sistema organizacional de inspección (González, 1989, p. 202).

No hay que olvidar que los controles antes señalados solo son una herramienta de trabajo útil pero no suficiente (Ruiz, 2007, p. 95). La prevención de riesgos laborales para que se vuelva efectiva debe involucrar un trabajo en equipo, que lleve el compromiso de la dirección y la confianza de todos los miembros a todo nivel, esto llevará a tomar conciencia y comprobar que cumpliendo con los procedimientos, reglamentos, instrucciones, se está generando eficiencia y creando un ambiente de prevención y seguridad laboral (Sota y López, 2003, p. 136).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo sirvió para implantar medidas correctivas y preventivas para controlar riesgos físicos (ruido), químicos (material particulado, manipulación de reactivos) y mecánicos (proyección de partículas) en los laboratorios del Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) de la Escuela Politécnica Nacional y adicionalmente para realizar el respectivo seguimiento a las mismas.

Para facilitar el desarrollo de este proyecto y de las medidas implantadas se realizó inicialmente la división del área física que ocupa el DEMEX (600 m²) por zonas de trabajo.

Se comenzó con la identificación de peligros y evaluación cualitativa de los riesgos a los que se exponía el personal del laboratorio con la ayuda de una matriz y tomando en cuenta estos resultados se realizó un ensayo cuantitativo, para este se empleó el método Fine debido a que su fácil aplicación nos permite contar con un buen diagnóstico de los peligros existentes, para así obtener el Grado de Peligrosidad (GP) en función de valorar y multiplicar tres factores básicos: consecuencias (C), exposición (E) y probabilidad (P) (Cortés, 2007, p. 124). El esquema adoptado para el inicio de este trabajo se lo describe en la figura 2.1, donde se indican las fases de la evaluación de riesgos.



Figura 2.1. Fases de la evaluación de riesgos
(Cortés, 2007, p. 124)

Una vez que se analizó y evaluó los riesgos existentes en las diferentes zonas en las que se dividió al laboratorio del DEMEX, se estableció medidas de control para ruido, material particulado, manipulación de reactivos químicos y proyección de partículas, que fueron aquellos factores que arrojaron valores importantes y por ello necesitaban procedimientos de cambio y un estudio más profundo.

Para el análisis de ruido se utilizó la norma IRAM 4062, la evaluación se realizó con el apoyo del Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM) laboratorio acreditado por la OAE.

Para la medición del material particulado se aplicaron las normas EPA 40-CFR y la NTP 21, para obtener valores de PM_{10} y $PM_{2.5}$ respectivamente, los datos y equipos fueron proporcionados por la Secretaría de Ambiente.

Para la manipulación de reactivos químicos se empleó la norma NTP 480 y para la proyección de partículas se utilizó evidencias fotográficas.

El seguimiento de las medidas implementadas dentro de las tres zonas en que se dividió al DEMEX, se lo hizo a través de:

- a. Un manual de seguridad para personal permanente y transitorio
- b. Un plan de mantenimiento de máquinas y equipos
- c. Un plan para tratamiento de efluentes

Además como documentos informativos de seguridad, junto a cada equipo de trabajo se colocó su instructivo de funcionamiento, debido a la continua renovación de tesis, estudiantes y pasantes que tiene el laboratorio del DEMEX, debido a que brinda servicios de investigación, docencia y asistencia técnica. Adicional a esto se elaboró un plan de capacitación, que permitió crear conciencia en todo el personal del DEMEX sobre su propia responsabilidad.

Se definió un plan de inspecciones periódicas, con el fin de verificar la fiabilidad de las medidas preventivas y correctivas, el cumplimiento de los planes de seguridad, la difusión de los documentos informativos y la puesta en práctica de los planes de capacitación, para poder llevar registros de inspección. Este trabajo

se realizó bajo la supervisión de la Jefatura del Departamento, que ayudó al continuo y permanente control de condiciones de seguridad que se deben mantener dentro del laboratorio. En la figura 2.2 se presenta un esquema general de los puntos a desarrollar en el presente trabajo.

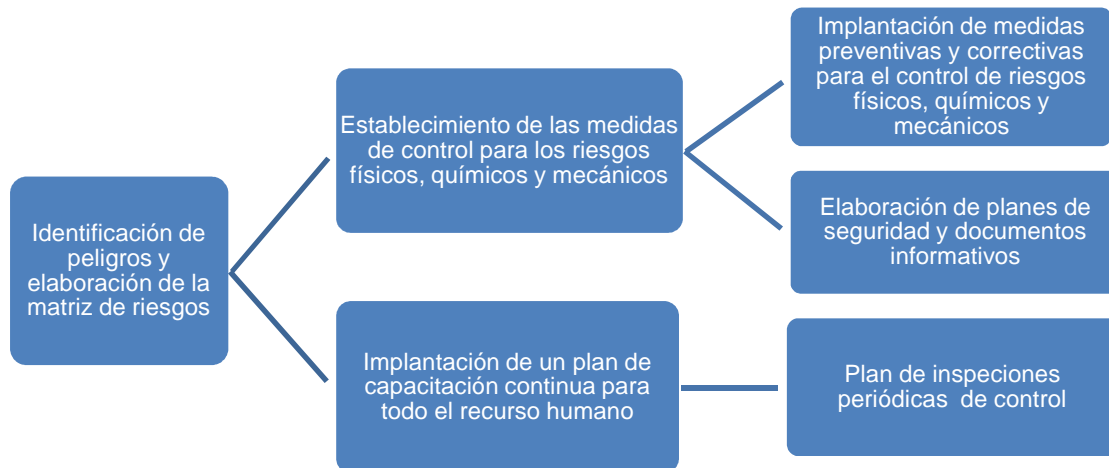


Figura 2.2. Esquema global de actividades a realizarse en este trabajo

2.1 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ELABORACIÓN DE MATRIZ DE RIESGOS

El Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) de la Escuela Politécnica Nacional, está localizado en el Campus “José Rubén Orellana Ricaurte”, ubicado en la Parroquia la Floresta, del sector centro-oriental de Quito, realiza actividades relacionadas con docencia, investigación y asistencia técnica, para ello dispone de un área de laboratorios de 600 m² con diferente distribución, organización y ocupación.

Se dedica a la investigación en el área de recursos minerales y medio ambiente, con principal atención en el procesamiento de minerales, metalurgia extractiva, tratamiento de efluentes y reciclo de materiales industriales.

Mantiene vínculos muy estrechos con el sector industrial, forma profesionales críticos, creativos y de alto nivel técnico.

2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para empezar este trabajo se dividió al laboratorio en tres zonas que permitieron un mejor análisis de los riesgos existentes, se la hizo de esta manera debido a que en cada una de estas se realizan trabajos específicos como:

- zona #1 comprende el área administrativa (oficinas y biblioteca)
- zona #2 le corresponde el área de reducción de tamaño (molienda y pulverización de muestras)
- zona #3 pertenece el área de análisis químico

Esto se lo puede apreciar en la figura 2.3.

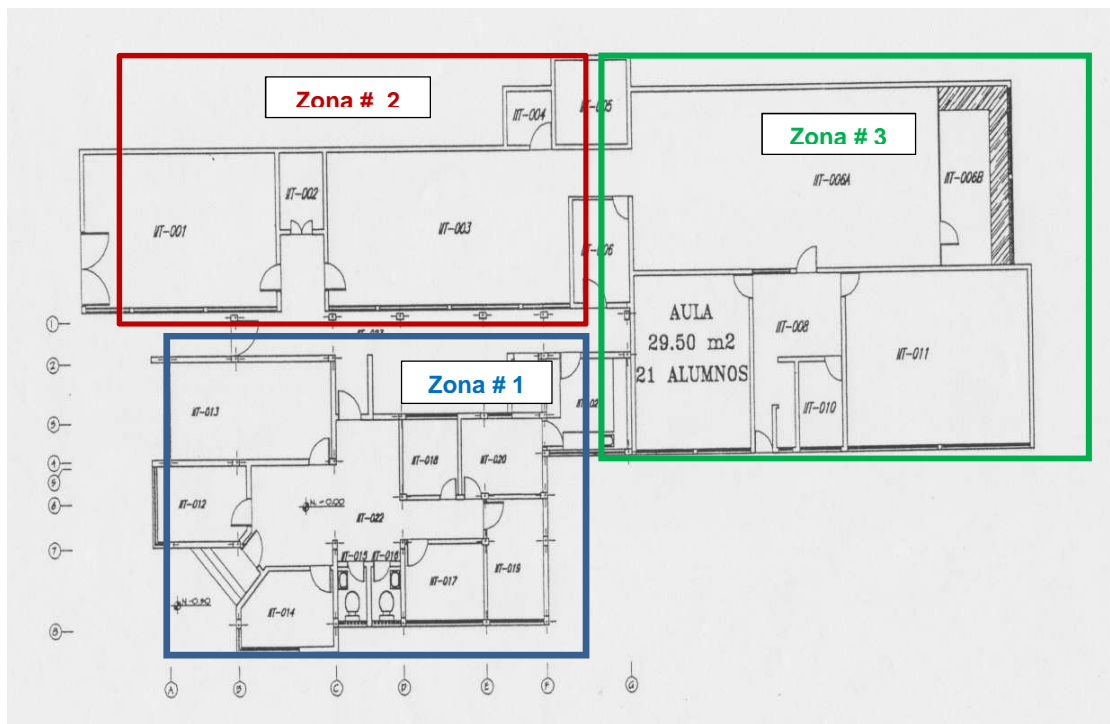


Figura 2.3. Plano del DEMEX dividido por zonas

2.1.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS

Con el análisis de cada una de las zonas en que se dividió al DEMEX, se procedió a la evaluación de riesgos, se inició con la verificación general de las actividades que se realizan en los laboratorios, mediante la observación de cada una de las áreas de trabajo y con la ayuda de una lista de chequeo se facilitó la identificación de los peligros presentes.

Para establecer el nivel de riesgo debido a fácil aplicación, se utilizó como método cualitativo el RMPP (Risk Management and Prevention Program) que consiste en determinar la matriz de análisis de riesgos a partir de los valores asignados para la probabilidad estimada y las consecuencias esperadas (Cortés, 2007, p. 125).

Al relacionar estos dos parámetros se obtuvo el nivel de riesgos, que permitió mostrar si las actividades que se desarrollan en el DEMEX pueden ser de orden trivial, tolerable, moderado, importante o intolerable; su interpretación se indica en la tabla 1.4.

Otro parámetro que se determinó, fue la evaluación cuantitativa de los riesgos en las diferentes áreas de trabajo, que se lo hizo con ayuda del Método Fine que permitió calcular el grado de peligrosidad (GP), a partir de la siguiente expresión:

$$GP = C * E * P \quad [2.1]$$

Donde:

C = Consecuencia (depende de la gravedad)

E = Exposición (depende de la frecuencia de presentación del riesgo)

P = Probabilidad (depende si se produce el accidente)

Los factores fueron sustituidos por diferentes valores, que dependieron del lugar de trabajo, de las máquinas y herramientas, del tiempo de exposición al riesgo, de los equipos de protección utilizados, de las condiciones ambientales y de la gravedad de la posible lesión para cada uno de los riesgos que se valoraron, estos se describen en el punto 1.4.1.2.


2.2 ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS DE CONTROL DE RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MECÁNICOS

Se realizaron las mediciones para riesgos físicos, químicos y mecánicos, los resultados obtenidos se compararon con los valores establecidos por las diferentes Normativas y Decretos, que sirvieron para tomar decisiones y poder establecer sus respectivas medidas de control.

2.2.1 MEDICIÓN DE RUIDO

Para establecer los valores para los riesgos físicos, por ruido se utilizó como instrumento de medición un sonómetro modelo SoundPro DL-2-1/1, que previo a su uso fue verificado con un pistófono (calibrador) de 114 dB y ajustado en respuesta lenta (slow) y en ponderación A. El micrófono se ubicó a una altura entre 1,00 y 1,50 m sobre la superficie del suelo, en dirección a la fuente emisora de ruido. Esto se puede apreciar en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Especificaciones del sonómetro empleado en la medición de ruido

Nombre del equipo	Sonómetro
Figura	
Modelo	SoundPro DL-2-1/1
Accesorios QC-10	Calibrador acústico de campo con una sola salida (114dB a 1 000Hz)
Amplitud nivel máximo de pico	Banda ancha: (8) a seleccionar. 100dB rango dinámico, ATR: 3dB arriba lectura escala completa
Filtro de banda de octava	Clase 1, ANSI S1.11-2004, EN-IEC 616260

Las mediciones se realizaron en los puntos más críticos del laboratorio, donde el nivel de presión sonora fue evidente. El primero se tomó en la zona #1 del laboratorio que corresponde al área administrativa y biblioteca; mientras que, el segundo se analizó en la zona #2, donde se encuentran los molinos, trituradoras y pulverizadores, que son empleados en la reducción de tamaño de las muestras minerales.

En cada zona se tomaron nueve datos, a lo largo de todo el muestreo en tres diferentes sitios, a una distancia de 50 cm uno del otro, luego se obtuvo como

resultado el valor promedio de las nueve mediciones, cada toma duró entre 1 y 3 min. Los valores fueron tomados en horas de la mañana y de la tarde.

En los puntos de monitoreo se presentaron vientos menores a 5 m/s, que no afectaron la medición, de este modo no causaron interferencia alguna en los datos registrados; sin embargo, por seguridad se utilizó una pantalla de viento, que se colocó sobre el micrófono del equipo.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores mínimos indicados en el Capítulo V, artículo 55 referente a Ruidos y Vibraciones del Decreto Ejecutivo 2393. El análisis de ruido se realizó con el apoyo del Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM), laboratorio acreditado por la OAE, se empleó la norma IRAM 4062 para el análisis de este tipo de riesgo físico.

2.2.2 MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

Para la determinación de material particulado producto de la molienda, homogenización, cuarteo y pulverización de diversas muestras minerales se tomaron como referencias de análisis los valores de PM_{10} y $PM_{2.5}$, que son las partículas con menos de 10,0 y 2,5 μm de tamaño, respectivamente.

Los equipos utilizados fueron un monitor AQM60 para $PM_{2.5}$ y uno de alto volumen marca Tisch Environmental para PM_{10} , los mismos que se encuentran debidamente calibrados. Los tiempos de integración para $PM_{2.5}$ fueron de 2 min y para PM_{10} se hicieron monitoreos continuos durante 24 h, según las normas de calidad de aire ambiente. Los equipos fueron ubicados en la parte central del área de reducción de tamaño (zona #2).

En el presente trabajo se mostrarán los datos obtenidos durante el muestreo continuo del monitor AQM60 para $PM_{2.5}$, a través de gráficas de tendencia, valores máximos diarios y promedios diarios, que fueron comparados con valores de la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire para cada día. Para el análisis de PM_{10} , se tuvo la colaboración del personal y de los equipos proporcionados por la Secretaría del Ambiente, las mediciones se realizaron de manera puntual en la zona # 2 (área de reducción de tamaño) del DEMEX.

2.2.2.1 Análisis de PM_{10}

Para este ensayo se utilizó la norma EPA 40-CFR, se empleó un muestreador de gran volumen con separador por impacto marca Tisch Environmental, en donde el aire ambiente fue colectado durante un mes sobre un filtro de vidrio, este método se aplica a la determinación de concentración de material particulado con diámetro menor de 10 μm (PM_{10}). El diseño simétrico del muestreador permitió que la toma de muestra sea independiente de la dirección del viento.

La muestra de aire que es tomada por el equipo se la lleva a caudal constante, el mismo que tiene una entrada de forma especial donde el material particulado en suspensión es separado por inercia en una o más fracciones de tamaño dentro de cada intervalo considerado. Cada fracción de tamaño en el intervalo que se ha considerado fue colectada sobre filtros separados durante períodos específicos de muestreo.

Cada filtro fue pesado, se los secó antes y después de recoger las muestras y de su diferencia se obtiene el peso del material particulado con diámetro menor de 10 μm . El volumen de aire se determinó a partir del caudal y el tiempo de toma de muestra, corregido a condiciones estándares. Un modelo del muestreador de gran volumen se observa en la figura 2.4.

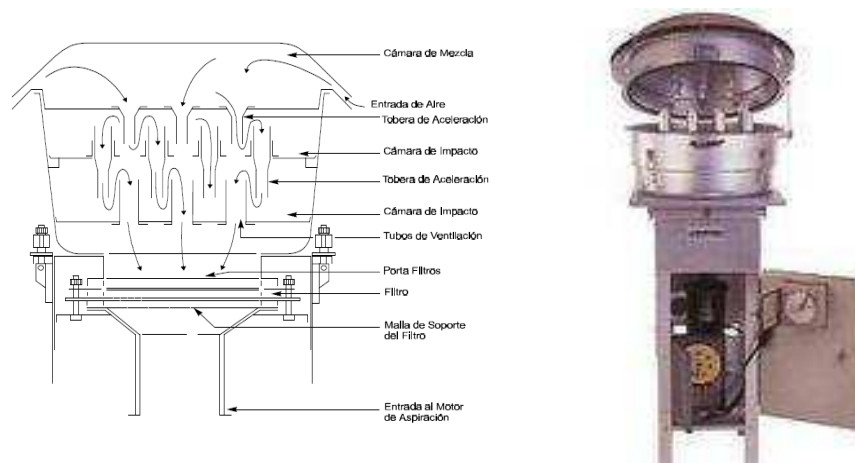


Figura 2.4. Muestreador de gran volumen con separador por impacto que fue utilizado para medir material particulado PM_{10}
(Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, 2012)

El filtro para medir PM_{10} también fue analizado por un Microscopio Electrónico de Barrido marca TESCAN modelo Vega III, con este se obtuvieron imágenes y se realizó un análisis químico semicuantitativo del agente contaminante. Para esto se utilizó un detector de rayos X marca Bruker modelo XF 3001. Su imagen se aprecia en la figura 2.5.



Figura 2.5. Microscopio electrónico de barrido
(Mora, 2010, p. 139)

2.2.2.2 Análisis de $PM_{2.5}$

Para este ensayo se utilizó un muestreador Aeroqual AQM 60, que mide $PM_{2.5}$ y proporciona información precisa para un elevado rango de contaminantes en el aire, que incluye hasta seis gases. Posee sensores de temperatura y humedad.

Este equipo se colocó en el centro del área de reducción de tamaño donde se presume existe la mayor exposición a material particulado, ya que aquí se somete a las muestras minerales que llegan al laboratorio a procesos de trituración, molienda, pulverización y en ciertos casos a homogenización.

La muestra fue recogida en un filtro de celulosa y la información obtenida se registró en un computador a través de una tarjeta SD que puede almacenar gran cantidad de datos, fue calibrado, con un tiempo de integración de 2 min.

Este equipo se lo puede apreciar en la figura 2.6.



Figura 2.6. Muestreador Aeroqual AQM 60 para medir $PM_{2.5}$
(Mora, 2010, p. 139)

El agente contaminante de interés (sílice) fue retenido en un filtro de celulosa, que se lo disolvió con ácido nítrico, la solución obtenida se analizó con un espectrofotómetro de Absorción Atómica, marca Perkin Elmer, modelo AAnalyst 300 con llama de óxido nitroso- acetileno.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores límites de exposición (TLV's) establecidos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

2.2.3 MANIPULACIÓN DE REACTIVOS

Para la manipulación de reactivos químicos se analizaron las hojas de seguridad (MSDS) que fueron tomadas del sitio web del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), para los reactivos sólidos y líquidos tanto de los reactivos controlados por el Consejo Nacional de Control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas (CONSEP) como de los no controlados pero que son de uso frecuente para los análisis que se realizan en el laboratorio, se usó estas fichas debido a que se encuentran descritas de manera resumida, en español y son de libre acceso (INSHT, 2012).

Una vez revisadas las MSDS y tomando en cuenta que los reactivos existentes en el DEMEX se encuentran clasificados según las normas SAFT-DATA que sugieren como método de almacenamiento la distribución por colores, se procedió a revisar, reordenar, cambiar la rotulación y elaborar la lista de todos los químicos

existentes para así sugerir una manipulación segura. Ver imágenes en la figura 2.7.



Figura 2.7. Rótulos en mal estado y almacenamiento actual de reactivos por colores

Los colores utilizados para la codificación fueron los que se indican en la tabla 2.2:

Tabla 2.2. Sistema de identificación de peligros por colores según SAF-T-DATA (J.T. Baker, 2000)

	ROJO: Riesgo de inflamabilidad
	ROJO RAYADO: Incompatible con rojo
	AMARILLO: Peligro de reactividad
	AMARILLO RAYADO: Incompatible con amarillo
	BLANCO: Riesgo al contacto por corrosión
	BLANCO RAYADO: Incompatible con blanco
	AZUL: Riesgo para la salud porque son tóxicos
	VERDE: Bajo riesgo para la salud, son menos peligrosos (antes eran de color naranja)

Además de la codificación por colores se incluyó el respectivo pictograma de peligrosidad para el almacenamiento de las sustancias químicas, que son universales y sirven para identificar rápidamente el riesgo que presenta el reactivo.

Los diferentes pictogramas se los describe en la figura 2.8.

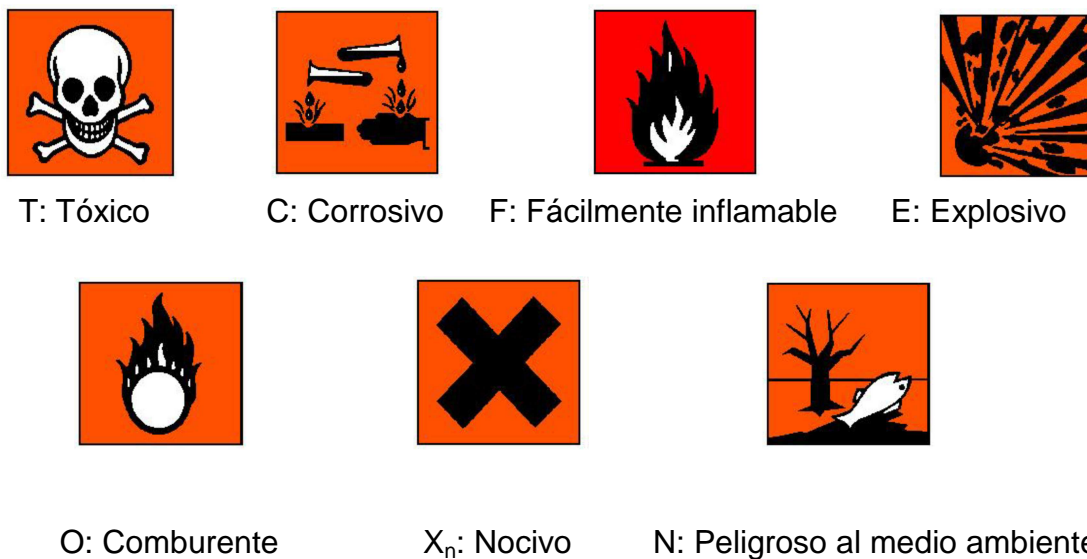


Figura 2.8. Pictogramas universales de seguridad para reactivos químicos de peligrosidad (J.T. Baker, 2000)






Los cambios se hicieron tomando en cuenta lo indicado en el artículo 63, 64 y 65 del Capítulo V, referente a Sustancias Corrosivas, Irritantes y Tóxicas del Decreto Ejecutivo 2393.

2.2.4 MEDICIÓN DE PROYECCIÓN DE PARTÍCULAS

Para establecer los efectos de riesgos mecánicos, como la proyección de partículas se tomó como medida de evaluación, la matriz de riesgos y la observación directa de la forma de trabajo del personal con ayuda de las respectivas imágenes que permitieron determinar el grado de peligrosidad de esta tarea al momento de someter las muestras minerales a reducción de tamaño en las trituradoras y en el molino de rodillos.

Estos se pueden observar en las imágenes que se presentan la tabla 2.3, donde se muestran los equipos que existen en el DEMEX utilizados para la reducción de tamaño y molienda para minerales.

Tabla 2.3. Equipos para reducción de tamaño y molienda para minerales del DEMEX

IMAGEN DE LOS EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	RIESGOS A EVITAR EN ESTOS EQUIPOS
	<p>Trituradora de mandíbulas primaria</p> <p>Color : gris Modelo: VD67 Motor: Lincoln Potencia: 2HP y 1725 rpm</p> <p>Reduce el tamaño del mineral de 2 a ½ pulg, no posee protección en la parte de alimentación ni en la polea. Tiene una abertura de 8x10 cm.</p>	<p>- Proyección de partículas</p> 
	<p>Trituradora de mandíbulas secundaria</p> <p>Color : azul Motor: AEG Potencia: 3HP y 1135 rpm Fabricación nacional</p> <p>Reduce el tamaño del mineral de 3 a ½ pulg, no posee protección en la parte de alimentación ni en la polea. Tiene una abertura de 21x25 cm.</p>	<p>- Atrapamientos</p> 
	<p>Molino de rodillos</p> <p>Color : negro Motor: ASEA Trifásico Intensidad: 4,6 amperios Fabricación nacional</p> <p>El tamaño del 80% del mineral es inferior a 2mm, no posee protección en la parte de alimentación ni en las bandas. Tiene una abertura de 18x22 cm.</p>	

Se observó que ninguno de estos equipos poseen las debidas guardas de seguridad, la falta de tolvas en los volantes de estas máquinas y el ver que el personal no trabaja con el debido cuidado al momento de realizar estos ensayos, hace pensar que éstos no solo pueden provocar proyección de partículas sino también atrapamientos al momento poner en funcionamiento las trituradoras de mandíbulas y el molino de rodillos.

Las guardas de seguridad fueron implantadas según lo señalado en el Capítulo II del Decreto Ejecutivo 2393 en lo parte de Protección de Máquinas Fijas en los artículos 76, 77, 78.

2.3 IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS PARA EL CONTROL DE RIESGOS

La implantación de medidas preventivas y correctivas para el control de riesgos físicos, químicos y mecánicos desarrollados en este trabajo, se las hizo después de haber analizado los resultados de medición y tomando en cuenta lo indicado en las Normativas y Decretos Nacionales, que sugieren algunas alternativas de cambio que pueden ser adaptadas en las diferentes zonas del DEMEX donde se determinó la presencia de factores que afectan la seguridad de todo su personal.

Algunas de estas medidas implantadas se las pudo hacer en la fuente, en el transmisor o en el receptor, tomando como referencia los resultados de los análisis de riesgos de interés para este trabajo. A continuación se indican los cambios dados para mitigarlos.

2.3.1 RIESGO FÍSICO

Debido al ruido que producía el compresor de aire seco marca Air America de potencia 1 Hp, utilizado para el funcionamiento del equipo de Absorción Atómica AAnalyst 300 ubicado en la zona #1 (área administrativa) del DEMEX, se tomó como primera medida correctiva en la fuente el reemplazo y anclado del equipo por uno de mejores características.

Una imagen del compresor se colocó en la figura 2.9.



Figura 2.9. Compresor de aire seco del equipo de Absorción Atómica ubicado en la zona # 1 que necesita ser reemplazado

En la zona #2 (molienda y pulverización de muestras) que es el área de reducción de tamaño donde se determinó un valor alto de ruido, se optó como medida correctiva el mantenimiento inmediato de los molinos y trituradoras a las que se cambió y engrasó los bocines para evitar el rozamiento de las piezas entre sí, esto se lo puede ver detalladamente en el punto 3.7.2.

Como otra opción de corrección que se implantó en el receptor, fue la entrega al personal del laboratorio fijo y transitorio de protectores auditivos descartables y reusables, se capacitó su adecuado manejo e incluso se rotuló ese sector.

2.3.2 RIESGO QUÍMICO

Para el riesgo químico que se detectó por causa del material particulado, producto de la cantidad de polvo que se genera al moler y pulverizar los minerales y tomando en cuenta los valores de PM_{10} y $PM_{2.5}$ medidos en los respectivos muestreadores, se sugirió como medida correctiva la implantación de sistemas de ventilación general localizada que puedan reducir la presencia de este contaminante.

Se implantó en el receptor el uso de equipos de protección individual para vías respiratorias marca 3M, dentro de estos se proporcionó al personal respiradores para atrapar partículas de polvo, medio máscaras de silicona con cartuchos para

vapores ácidos y orgánicos, para protegerlos de los compuestos que son producto del trabajo que se realiza con varios reactivos químicos.

En cuanto a la manipulación de reactivos químicos se implantó como medidas correctivas y preventivas el almacenamiento, la identificación de los mismos por colores, la capacitación con el fin de disminuir estos riesgos.

Además se entregó y difundió las hojas de seguridad (MSDS) de los reactivos tanto en carteleras como en una carpeta ubicada cerca de los estantes de almacenamiento de los reactivos.

2.3.3 RIESGO MECÁNICO

Debido a la reducción de tamaño que deben someterse las muestras de minerales (rocas) que llegan al DEMEX, se observó claramente la existencia de riesgo mecánicos producto de la proyección de partículas, debido al empleo de las trituradoras de mandíbulas y el molino de rodillos, que permiten tener un tamaño adecuado del mineral para proceder a los análisis respectivos.


Como las máquinas a emplearse carecen de un plan de mantenimiento y no poseen las debidas protecciones, se estaban transformando en una barrera para trabajar de forma segura.

Por lo tanto para evitar accidentes las medidas correctivas implantadas en la fuente, fueron la elaboración y colocación de guardas de seguridad tipo riel en una de las trituradoras y de tapas para los otros dos equipos, adicionalmente se colocó las tolvas en los volantes de las máquinas para evitar atrapamientos y como corrección en el receptor se entregó gafas de seguridad como equipo de protección personal.

Como medidas preventivas tanto para el molino como para las trituradoras de mandíbulas fue el engrase, limpieza y ajuste de las piezas que estaban flojas. Además se les consideró dentro del plan de mantenimiento continuo que permitió tener a estos equipos en condiciones óptimas y seguras de trabajo.

En la tabla 2.4 se puede observar las trituradoras de mandíbulas y el molino de rodillos sin las correspondientes guardas de seguridad.

Tabla 2.4. Vista de las trituradoras y molinos sin las guardas de seguridad

EQUIPO	MEDIDA A IMPLANTAR	DISEÑO DE GUARDA DE SEGURIDAD
<p>Trituradora de mandíbulas primaria</p> 	<p>Se colocará como guarda una tapa de 31 x 11 cm, la misma que se sujeta y se desliza por un carril de 12x7,4 cm.</p> <p>Se cubrirá la polea con una tolva de 8,3 cm de diámetro.</p>	
<p>Trituradora de mandíbulas secundaria</p> 	<p>Se pondrá como guarda una tapa de 30,6 x 26,4 cm; la misma que se abre y se cierra con ayuda de su respectiva asa.</p> <p>Se cubrirá la polea con una tolva de 44 cm de diámetro.</p>	
<p>Molino de rodillos</p> 	<p>La guarda que se va a implantar se la hará en la zona de alimentación por medio de una tapa semicubierta de 23,7 x 10,5 cm.</p> <p>Las bandas se cubrirán con una tolva de 115 cm de largo.</p>	

2.4 ELABORACIÓN DE PLANES DE SEGURIDAD Y DOCUMENTOS INFORMATIVOS PARA EL CONTROL DE RIESGOS

Para garantizar la continuidad de las medidas correctivas y preventivas implantadas, se elaboró algunos planes de seguridad y documentos informativos en este caso manuales, que fueron herramientas fundamentales para la aplicación de buenas prácticas de laboratorio destinadas a proteger la salud, prevenir accidentes y crear una actitud de conciencia responsable en todo el personal del DEMEX. Dentro de estos tenemos:

- a. Un manual de seguridad para personal permanente y transitorio (estudiantes, tesisistas y pasantes)
- b. Un plan de mantenimiento de máquinas y equipos
- c. Un plan para tratamiento de efluentes

2.4.1 MANUAL DE SEGURIDAD PARA PERSONAL PERMANENTE Y TRANSITORIO

Este documento tiene por objeto fijar normas que establecen las medidas de seguridad y prevención aplicables en las operaciones o procesos que se realizan dentro del Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX).

Aquí se condensó lo referente a las normas básicas de seguridad que toda persona del laboratorio debe conocer y seguir cuando se encuentre desarrollando sus actividades.

Este manual contiene:

- a. Principios generales de seguridad dentro de ellos se mencionan hábitos de trabajo, normas generales de manipulación de residuos, trabajo con máquinas, accidentes
- b. Equipos de protección tanto colectiva como personal
- c. Seguridad en las áreas del laboratorio como ensayo al fuego, preparación de muestras, cianuración/lixiviación, disgregación ácida de muestras.

d. Tratamiento de residuos en donde se indica clasificación y tipo de envasado o contenedores.

2.4.2 PLAN DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

Es importante que todo el personal que realiza ensayos en el DEMEX, conozca los equipos y maquinarias existentes así como también sepa el adecuado manejo y las precauciones que deben tener para evitar trabajos inseguros que lleven a accidentes.

El objetivo de este plan es indicar qué procedimientos se pueden realizar para el mantenimiento preventivo, correctivo o de reparación que garanticen el buen funcionamiento, la vida útil y el buen trato de todos los instrumentos.

El sistema propuesto en este plan se aplicó a todos los equipos y maquinarias del DEMEX. Para cumplir con éste, se elaboró una lista de los aparatos de uso frecuente con sus respectivos datos como: marca, modelo, manual de instrucciones y para los que necesiten un mantenimiento especial se indicó el nombre del proveedor quien será el encargado de asignar al técnico calificado para cumplir con dicha función.

Para que todo el personal permanente o transitorio esté debidamente informado, se elaboró un instructivo de manejo que está junto a cada equipo, en el que se indicó la precaución, el uso, la limpieza y el equipo de protección personal que deben emplear para trabajar de manera segura.

Se tendrá un registro del mantenimiento, que indique el tipo de medidas adoptadas y la frecuencia de revisión de los equipos y maquinarias, éste nos proporcionará la debida información para futuras planificaciones ya que facilitaran a otros las acciones preventivas, correctivas o de reparación realizadas a cada uno de ellos.

Las revisiones de los equipos no específicos las realizó el responsable técnico del DEMEX o el personal calificado y asignado por el Departamento de Servicios Generales de la Escuela Politécnica Nacional, que permitió dar el mantenimiento necesario a cada una de las máquinas.

Para esto se tomó en cuenta el siguiente procedimiento:

- a. Llenar la solicitud de trabajo previa autorización y firma del Jefe de Departamento
- b. Una vez aceptada la petición, el Departamento de Servicios Generales envió al personal capacitado a que realice el trabajo requerido de conformidad con la solicitud enviada
- c. Se programó la fecha y el tiempo que duró la revisión de los equipos, con el fin de que el personal del laboratorio programe sus actividades en caso de necesitar dicha máquina
- d. Se colocó un letrero que indicaba fecha, tipo de mantenimiento y persona responsable del mismo
- e. Se procedió a realizar el correspondiente mantenimiento
- f. Al final de la tarea, se registró la fecha, nombre del responsable, descripción del trabajo realizado, fecha de la próxima revisión y firma

Este último punto se aplicará tanto para revisiones de equipos específicos como no específicos.

Todos los equipos de trabajo deben adecuarse a lo establecido en este plan de procedimientos de mantenimiento preventivo, correctivo o de reparación, según el cual el DEMEX tiene que poner en conformidad de operación sus máquinas, equipos y herramientas.

2.4.3 PLAN DE TRATAMIENTO PARA EFLUENTES

Debido a que en el DEMEX se generan varios tipos de residuos, se elaboró un plan de tratamiento para efluentes ácidos y cianurados, que son los que se tienen en mayor cantidad.

Cada residuo debió tratarse de distinta manera y con diferentes reactivos, primero se midió el pH de las soluciones, se las neutralizó y finalmente se las desechó.

En este plan se indicó paso a paso el procedimiento a seguir para el tratamiento de efluentes ácidos y cianurados, tomando en cuenta volúmenes de efluentes y cantidades de reactivos necesarios para neutralizarlos.

Cabe mencionar que para los efluentes orgánicos que se generaron y cuyo volumen es pequeño, su tratamiento no fue inmediato, este se lo hace una vez al año y su eliminación cuenta con la ayuda de un gestor ambiental, para así evitar la contaminación y daño al medio ambiente.

Adicional a lo antes señalado, se está diseñando en el DEMEX una planta piloto para el tratamiento de 20 L/día de efluentes que tienen alta carga orgánica y contenidos elevados de metales pesados, en la purificación de éstos se emplearon procesos de sedimentación, filtración, electrocoagulación y fitorremediación, hasta disminuir la concentración de los contaminantes a valores inferiores a los establecidos para descargas líquidas en la Ordenanza 213 del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (Guanoluisa, 2012, p. 154).

2.5 IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE CAPACITACIÓN CONTINUA PARA EL PERSONAL DEL DEMEX

Un plan de capacitación continua fue imprescindible en el DEMEX, para recordar el estricto cumplimiento de conceptos de prevención y medidas de seguridad, tanto para el recurso humano fijo como al grupo de estudiantes, pasantes y tesisistas que se renuevan constantemente.

En este plan se especificaron acciones encaminadas al mejoramiento constante de la seguridad en las actividades laborales que se realizan dentro del laboratorio a través de charlas informativas, conferencias con especialistas, entre otras, que se dictarán con una periodicidad planificada. Para cumplir con este objetivo se realizó un programa el cual se lo detalló en la tabla 3.20, el mismo que contará con el apoyo de personal interno y externo especializado en los temas planteados.

Se aspiró tener al menos una capacitación mensual o en el mejor de los casos dos, todo dependiendo de las necesidades que se fueron presentando dentro del

laboratorio en el transcurso del año, así por ejemplo se dictarán charlas del funcionamiento de equipos y maquinaria nueva, uso de equipos de seguridad (dictados por parte del proveedor), manipulación de reactivos, uso de extintores, primeros auxilios, etc.

Se elaboró dos formatos, uno para el cronograma de capacitación el mismo que sirvió para establecer los temas a impartir, tipo de curso, fechas, personal responsable y otro para el registro de datos de los asistentes a los diferentes cursos organizados que ayudarán a crear compromisos y tratarán de cambiar malos hábitos de trabajo.

Posterior a estos se realizará la respectiva evaluación al plan, enfocada para todo el personal que ha participado en estas charlas informativas a fin de que antes de realizar cualquier actividad dentro del laboratorio piensen primero en su seguridad y no olviden tener en cuenta el control diario de dichos programas.

2.6 IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE INSPECCIONES PERIÓDICAS DE CONTROL

Este plan de inspecciones periódicas fue supervisado por el Jefe de Departamento y coordinado por el Responsable de Seguridad designado, para este se realizó un análisis de las condiciones de los equipos, máquinas, instalaciones, herramientas, a fin de descubrir las situaciones de riesgo como condiciones peligrosas o prácticas inseguras para poder adoptar las medidas preventivas y correctivas adecuadas para su control, previniendo de esta forma accidentes y reduciendo daños materiales o personales.

El visitar las diferentes áreas del laboratorio del DEMEX, sirvieron como herramientas para detectar y corregir a tiempo posibles fallas en las operaciones y permitieron disminuir aquellos riesgos que generen accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, por lo tanto las inspecciones actúan detectando causas y peligros.

Para realizar la inspección se tomó en cuenta tres factores como son el origen, la finalidad y el método, es decir se la realizó con personal propio del laboratorio, de forma periódica y de manera informal.

Para empezar con este plan se utilizó la matriz de riesgo ya que con ella se identificó, estimó, valoró y se controlaron los riesgos existentes dentro del laboratorio, con la aplicación de técnicas operativas que se consideraron adecuadas para su eliminación o reducción.

El procedimiento a emplear para este plan tomó en cuentas diferentes factores como actividades que se realizan, tipos de ensayos, condiciones de los equipos empleados, todo esto con el fin de obtener el mayor rendimiento y que las personas encargadas de su realización mantengan una correcta actuación durante el desarrollo de la misma, además se utilizaran unos cuestionarios que se aplicarán a todo personal involucrado.

Finalmente se concluirá la inspección con la elaboración del correspondiente informe el mismo que deberá ser elaborado de manera clara y razonada para cada puesto de trabajo o zona analizada.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tomando en cuenta las actividades desarrolladas, se analizó cada una de las mediciones para riesgos físicos, químicos y mecánicos. Los resultados obtenidos se relacionaron con los valores establecidos por las diferentes Normativas y Decretos, que sirvieron para tomar decisiones y poder establecer las respectivas medidas de control.

3.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

3.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO Y MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

La evaluación de riesgos es el proceso dirigido a estimar la magnitud de los riesgos que no han podido evitarse, la información obtenida sirve de base para decidir si hay que adoptar medidas preventivas y correctivas para dar seguridad al personal que desarrolla estos procesos.

Muchas de las demandas que reciben las empresas anualmente, son precisamente por parte de los empleados que al no tener una seguridad garantizada durante sus actividades, crean un ambiente molesto y hacen que estos no se sientan seguros al momento de realizar su trabajo, además que si ocurre algún accidente estas podrían estar involucradas en serios problemas.

Con el análisis de cada una de las zonas en que se dividió al Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) se procedió a la evaluación de riesgos, esta debe ser revisada periódicamente según el laboratorio lo necesite.

El análisis se inició con la verificación general de las actividades que se realizan en los laboratorios, por medio de la observación de cada una de las áreas de trabajo y con la ayuda de una lista de chequeo se pudo establecer, enumerar e identificar los peligros del área de estudio.

La lista de actividades identificadas dentro de las tres zonas en las que se dividió a los laboratorios del DEMEX, se describen en la tabla 3.1.

3.1.2 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO

Este método parte de una clasificación de las actividades del trabajo, requiriendo posteriormente toda la información que sea necesaria en cada actividad, una vez que se estableció estas premisas, se procedió al análisis de riesgos, identificando peligros, estimando riesgos y finalmente procediendo a valorarlos para determinar si son o no tolerables. Esto se observa en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Lista de actividades identificadas dentro de las zonas del DEMEX

ZONAS - ÁREAS	ACTIVIDADES
Zona # 1 Área administrativa	Recepción de muestras sólidas y líquidas
	Codificar muestras con su debido registro según procedimientos específicos DEMEX
	Cotización de muestras según normativa EPN
Zona # 2 Área reducción de tamaño	Secar en estufas las muestras minerales
	Moler muestras minerales en trituradora primaria
	Moler muestras minerales en trituradora secundaria
	Moler muestras minerales en molino de rodillos
	Tamizar muestra 2mm
Zona # 3 Área análisis químico	Pulverizar 100 g de muestra durante 1 minuto
	Pesar la muestra en balanza analítica de cuatro cifras decimales de precisión
	Disgregar con ácidos analíticos utilizando como recipientes reactores de teflón
	Aforar a volumen determinado
	Análisis por técnicas analíticas como absorción atómica
	Almacenar efluente ácido en sus debidos recipientes
	Neutralizar efluente ácido con lechada de cal
	Desechar efluente una vez neutralizado
Almacenamiento final de la muestra durante dos meses	

Con estos antecedentes se elaboró la matriz de evaluación de riesgos, que se la puede observar de forma completa en la tabla 3.2 y sus puntos más relevantes se presentan en la tabla 3.3

Con la ayuda de la matriz, se analizó cada actividad que se realiza en el laboratorio del DEMEX para el tratamiento de muestras minerales, se estimó cualitativamente los riesgos a los cuales están expuestos todo el personal que trabaja en el DEMEX y a estos se los pudo catalogar como: triviales (T), tolerables (TO), moderados (M), importantes (I) e intolerables (IN), esto sirvió para plantear las correspondientes medidas correctivas y preventivas de control.

Tabla 3.3. Puntos relevantes de la matriz de evaluación con las actividades cuya estimación de riesgos calificaron como IMPORTANTE (I)

	ACTIVIDADES	TIPOS DE RIESGOS	DESCRIPCIÓN DE RIESGOS
Zona # 2	Moler en trituradora primaria Moler en trituradora secundaria Moler en molino de rodillos Pulverizar la muestra	Mecánicos	Proyección de partículas a la cara y ojos
			Máquinas sin resguardos
			Falta de mantenimiento
		Físicos	Ruido
		Químicos	Exposición a polvo
Zona # 3	Tratamiento con ácidos	Químicos	Manipulación y almacenamiento de productos químicos

En la tabla anterior se muestran solo las actividades, tipos de riesgos y la descripción de cada uno de ellos, que al evaluarlos de manera cualitativa dieron como resultado de estimación valores IMPORTANTES (I), para su interpretación se debe revisar la tabla 1.4 que indica la acción y temporización del nivel de riesgos.

Para las tareas antes definidas se observó que los riesgos que presentan mayor cualificación son los relacionados con ruido, material particulado, proyección de partículas, manipulación y almacenamiento de productos químicos, que son aquellos a los que en el desarrollo de este trabajo se aplicó las debidas medidas de control.

3.1.3 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DEL RIESGO SEGÚN MÉTODO DE WILLIAM FINE

Este método probabilístico, permitió calcular el grado de peligrosidad de cada riesgo identificado, a través de una fórmula matemática que vincula la probabilidad de ocurrencia, las consecuencias que pueden originarse en caso de que se produzca un evento y la exposición a dicho riesgo, todo esto se lo puede ver en el punto 1.4.1.2 que es donde están las diferentes tablas con las que se trabajó para desarrollar esta técnica cuantitativa.

Rodellar (2000), señala que una vez evaluados los riesgos por el método cualitativo, se consideran para una evaluación cuantitativa solamente aquellos riesgos calificados como importantes o intolerables (p. 81).

Por lo tanto se tomó en cuenta los puntos de la tabla 3.3, que indica las actividades más relevantes de la matriz con los riesgos importantes, a los que se aplicó el Método Fine. Un resumen de esta matriz se indica en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Matriz de Fine con valores del grado de peligrosidad y calificación del riesgo más relevantes dentro de esta

	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN DE RIESGOS	Grado de Peligrosidad	Riesgo
Zona # 2	Moler en trituradora primaria	Proyección de partículas a la cara y ojos	24	Medio
	Moler en trituradora secundaria	Máquinas sin resguardos	8	Bajo
	Moler en molino de rodillos	Falta de mantenimiento	24	Medio
	Pulverizar la muestra	Ruido	140	Alto
		Exposición a polvo	120	Alto
Zona # 3	Tratamiento con ácidos	Manipulación y almacenamiento de productos químicos	40	Medio

Una vez que se aplicó este método Fine y se calculó el grado de peligrosidad de cada uno de los riesgos detectados, se los ordenó según su gravedad relativa que fue alto, medio y bajo, según esto se procedió a establecer medidas preventivas y correctivas de control para ruido, exposición a polvo por causa del material particulado, manipulación de reactivos químicos, proyección de partículas, mantenimiento y máquinas sin resguardos.

3.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN DE RUIDO

Se debe regular la exposición al ruido continuo cuando un trabajador dentro de su ambiente laboral está inmerso en un nivel superior a 85 dB_A durante una jornada de trabajo de 8 h (Decreto Ejecutivo, 2393, art.55 literal 6).

Según el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo del Decreto Ejecutivo (DE) 2393, en el artículo 55 referente a Ruidos y Vibraciones literal 7 señala que para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros medidos en decibeles con el filtro “A” en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición por jornada. Los niveles sonoros permitidos se señalan en el anexo I.

3.2.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LOS LABORATORIOS DEL DEMEX

Los datos de la medición de ruido fueron realizados con el apoyo del Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM) en dos zonas del laboratorio (zona #1 y zona #2), donde se identificó la existencia de este tipo de riesgo físico.

Previo a la presentación de estos valores, se puede indicar que en el muestreo se consideraron varios parámetros que evitaron cualquier tipo de interferencia dentro de cada una de las mediciones, además se determinó el valor de ruido de fondo que es aquel que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación (Ruiz, 2007, p. 229).

Todos estos valores considerados para evitar interferencias en el momento de recoger datos durante la medición de ruido, se indican en la tabla 3.5 en donde se tienen valores de temperatura, humedad, velocidad de aire y valor de ruido de fondo en dos diferentes zonas de monitoreo.

Tabla 3.5. Valores considerados para evitar interferencias al momento de obtener datos en la medición de ruido

Zona de monitoreo	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de aire (m/s)	Valor ruido de fondo (dB)
Zona # 1	23,3	55,9	<5	50,0
Zona # 2	23,3	55,9	<5	43,3

Los datos de la medición de ruido que se observan en la tabla 3.6 y 3.7 respectivamente, fueron tomados en la zona #1 que comprende el área administrativa (oficinas y biblioteca) y en la zona #2 que corresponde al área de reducción de tamaño (molienda y pulverización de muestras) de los laboratorios del DEMEX.

En cada zona se escogieron tres puntos diferentes (P_1 , P_2 y P_3) para todas las medidas, estos valores son el resultado de los nueve datos medidos en estos sitios escogidos dentro el laboratorio que fueron hechos tanto en la mañana como en la tarde.

Tabla 3.6. Datos de la medición de ruido para la zona # 1

Zona # 1	P_1 (dB _A)	P_2 (dB _A)	P_3 (dB _A)
Área administrativa	78,7	80,1	73,1
	74,6	80,3	68,7
	71,7	74,1	71,4
	73,5	80,0	74,5
	69,3	77,5	72,5
	72,9	81,1	73,3
	73,6	76,2	68,2
	74,8	78,6	69,6
	77,7	78,3	70,8

Tabla 3.7. Datos de la medición de ruido para la zona # 2

Zona # 2	P ₁ (dB _A)	P ₂ (dB _A)	P ₃ (dB _A)
Área reducción de tamaño	88,2	90,1	93,6
	87,4	89,1	88,5
	88,3	94,1	90,0
	90,3	91,0	94,5
	86,0	93,7	89,4
	85,7	89,9	93,4
	86,3	95,3	88,1
	85,4	90,0	89,6
	86,6	91,1	91,2

Con estos datos se calcula el nivel de presión sonora equivalente promedio en dB_A para cada punto, mediante la ecuación 3.1.

$$dB_{prom} = 10 * \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} 10^{\frac{dB_n}{10}} \right] \quad [3.1]$$

Donde:

dB_n: es el promedio de las lecturas de ruido en cada punto.

Los resultados de los valores promedio en las dos zonas de monitoreo se presentan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Resultados nivel de presión sonora equivalente en dB_A

Puntos de monitoreo	P ₁ (dB _A promedio)	P ₂ (dB _A promedio)	P ₃ (dB _A promedio)
Zona # 1	74,9	78,9	71,8
Zona # 2	87,4	92,1	91,5

Con estos valores promedio en dB_A para cada uno de los puntos (P_1 , P_2 y P_3) y mediante el uso de la ecuación 3.2, se obtiene el resultado final tanto en la zona # 1 como en la zona # 2 que se puede apreciar en la tabla 3.9, que nos permitirá relacionar a éstos con el valor límite máximo permitido para ruido.

$$Leq(dB) = 10 * \log \left[\sum_{i=1}^{i=n} 10^{\frac{dB_n}{10}} \right] \quad [3.2]$$

Donde:

L_{eq} (dB): es el nivel de presión sonora equivalente en dB_A .

dB_n : es el promedio de las lecturas de ruido en cada punto en dB_A .

Tabla 3.9. Resultado del valor promedio nivel de presión sonora equivalente en dB_A

Puntos de monitoreo	(dB_A promedio)
Zona # 1	80,9
Zona # 2	95,5

En esta tabla se puede notar como resultado final que en la zona # 1 donde se encuentra el área administrativa el valor promedio del análisis de ruido es de 80,9 dB_A que se encuentra por debajo del valor establecido para una jornada laboral de 8 h según lo indicado por el DE 2393.

Mientras que para la zona # 2 en donde se realiza la reducción de tamaño de los minerales, el valor promedio obtenido es de 95,5 dB_A que se halla por encima del valor límite permitido, esto se debe a que al momento de tomar las medidas con el sonómetro habían más de dos equipos funcionando a la vez, lo cual no es muy frecuente durante la jornada diaria de trabajo, esto nos obliga a pensar que todo el personal que se halla expuesto a este tipo de riesgo físico debe emplear el correspondiente equipo de protección personal o a su vez se debe implantar medidas preventivas y correctivas en los equipos que existen en el laboratorio.

3.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

Debido a la continua rotación del personal (estudiantes, tesis de pregrado y pasantes) que se encuentran en los laboratorios del Departamento de Metalurgia Extractiva y tomando en cuenta ciertos aspectos como el que todos ellos no se encuentran trabajando 8 h seguidas en un mismo equipo, o que el tiempo máximo de exposición que pueden tener en un solo día o durante todo el desarrollo de su parte experimental de ensayos que normalmente es de seis meses va de 30 min a 1 h, se analizó la posibilidad de realizar la medición de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ (es decir partículas con menos de 10 y 2,5 μm respectivamente), para determinar la calidad del aire ambiente.

El presente trabajo mostrará los datos obtenidos durante el muestreo continuo del monitor AQM60 para $PM_{2.5}$, a través de gráficas de tendencia, valores máximos diarios y promedios diarios comparados con valores de la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire (TULAS, 04/11) para cada día de muestreo y muestreos puntuales de PM_{10} .

La referencia obligatoria para evaluar el estado del recurso aire constituye la Norma de Calidad del Aire Ambiente, publicada como parte constituyente del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Libro VI De la Calidad Ambiental, anexo II).

Para reforzar este diagnóstico se adjunta en este trabajo el resumen de la norma antes mencionada que se encuentra en el anexo II, el mismo que señala el tipo de contaminante, el valor, la unidad en $\mu g/m^3$, tipo y la excedencia.

Los equipos utilizados para la medición de material particulado fueron un monitor AQM60 para $PM_{2.5}$ y uno de alto volumen marca Tisch Environmental para PM_{10} , los mismos que se encuentran debidamente calibrados.

Los tiempos de integración para $PM_{2.5}$ serán de 2 min y para PM_{10} se harán con monitoreos continuos durante 24 h, según Normas de Calidad de Aire Ambiente. Los equipos estuvieron ubicados en la parte central del área de reducción de

tamaño (zona #2) y sus imágenes se presentan a continuación en las figuras 3.1 y 3.2, tanto el equipo de alto volumen para medir PM_{10} como el AQM60 utilizado para medir $PM_{2.5}$ respectivamente.



Figura 3.1. Imagen del equipo de alto volumen marca Tisch Environmental utilizado para medir PM_{10}



Figura 3.2. Imagen del equipo AQM60 utilizado para medir $PM_{2.5}$

3.3.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE PM₁₀

Para la medición de material particulado (PM₁₀) se aplicó la norma EPA 40-CFR y como equipo de medición se trabajó con un muestreador de alto volumen marca Tisch Environmental, las imágenes del montaje y de la preparación del equipo se muestran en las figuras 3.3 y 3.4.



Figura 3.3. Montaje y preparación del equipo para medir PM₁₀

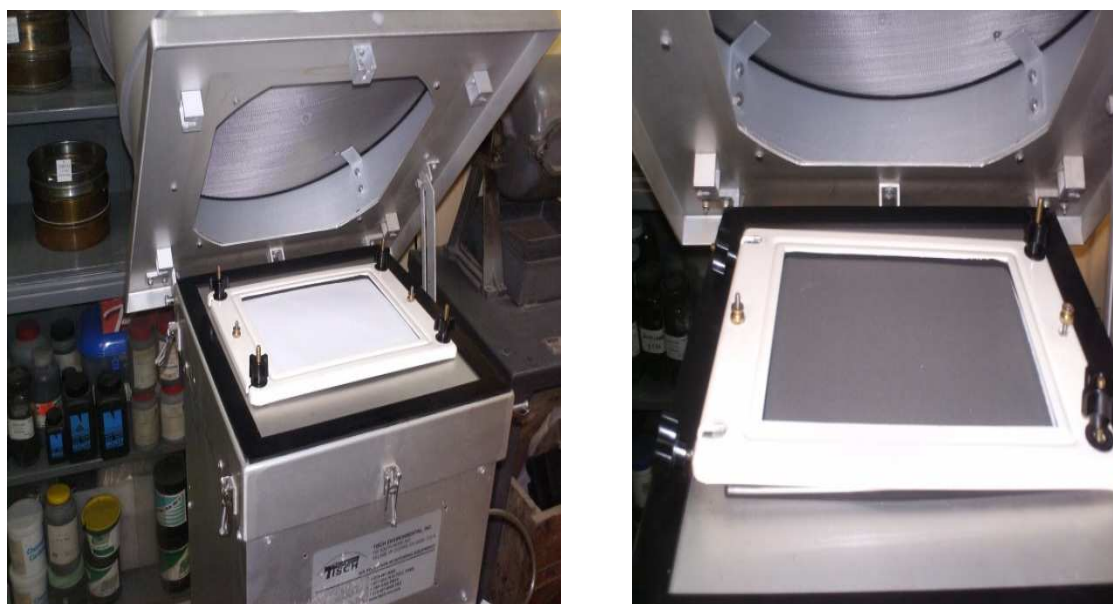


Figura 3.4. Papel filtro antes y después de la medición de PM₁₀

Una vez realizada la medición se obtuvieron los siguientes valores promedio en 24 h para material particulado PM₁₀ durante un mes, estos se los indica en la tabla 3.10. No se adjuntan en esta tabla los valores de los otros días de medición debido a que los valores obtenidos estaban en cero, por tanto no aparecen en el gráfico de la figura 3.5.

Tabla 3.10. Valores promedio más relevantes en la medición de PM₁₀

Fecha (mes-día)	Valor promedio PM ₁₀ (µg/m ³)
Abril 25	154,6
Abril 28	25,4
Mayo 02	42,6
Mayo 08	44,0

Si se relaciona las fechas de medición respecto al valor promedio para este tipo de material particulado, se puede observar que solamente hubo una fecha donde la concentración máxima para PM₁₀ alcanzó valores de 154,6 µg/m³, cifra que supera el valor de concentración establecido por la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente cuyo valor máximo es de 100 µg/m³, como se puede apreciar en el siguiente gráfico.

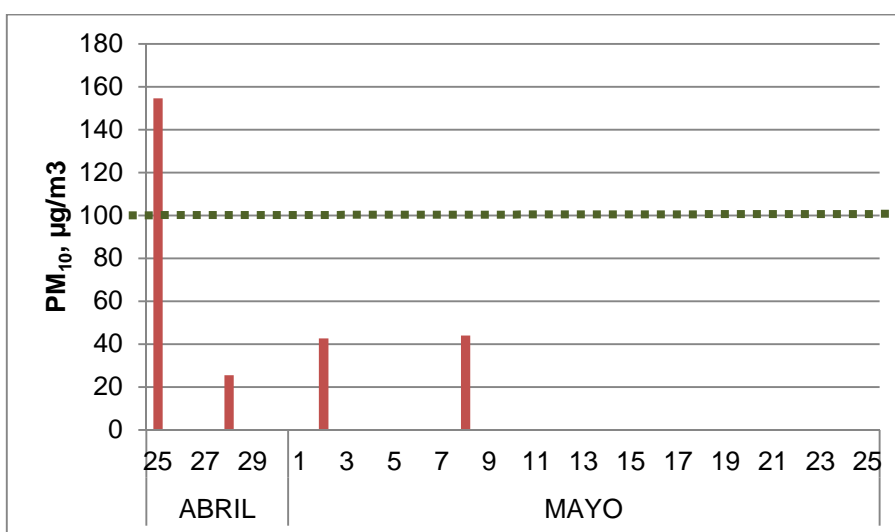


Figura 3.5. Concentraciones promedio de PM₁₀

Las concentraciones de material particulado están relacionadas con las labores que se llevan a cabo en el laboratorio, se alcanza picos de contaminación durante los procesos de molienda, trituración y pulverización esto es durante la reducción de tamaño de muestras minerales, sin embargo cabe indicar que para material particular grueso (PM_{10}) solamente en una ocasión se supera el valor límite permisible durante todo el tiempo de muestreo.

3.3.1.1 Análisis de los filtros por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

Como resultado adicional y debido a que en el Departamento de Metalurgia Extractiva existe un microscopio electrónico de barrido (MEB) marca Tescan con analizador de rayos X marca Bruker, el cual no solamente permite obtener imágenes sino también determina de manera semicuantitativa la composición química de diversos materiales, se analizó los filtros utilizados en el muestreo de PM_{10} junto con un blanco que no es otra cosa que el filtro limpio que no ha sido colocado en el muestreador.

El papel filtro utilizado para la medición de PM_{10} está hecho de fibras de cuarzo, para analizarlo se coloca un pedazo de este en un porta muestras que posee una lámina de carbón doble faz.

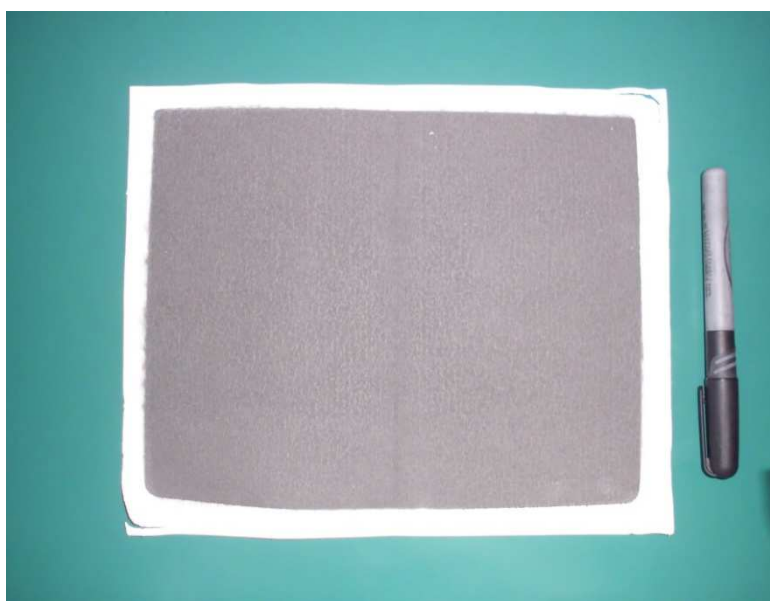


Figura 3.6. Imagen del papel filtro obtenido después del muestreo

En la figura 3.6 se muestra la imagen completa del papel filtro empleado para medir PM_{10} , mientras que en la figura 3.7 se tienen las imágenes de los pedazos de papel filtro en blanco y el que ha sido extraído del respectivo muestreador de alto volumen.

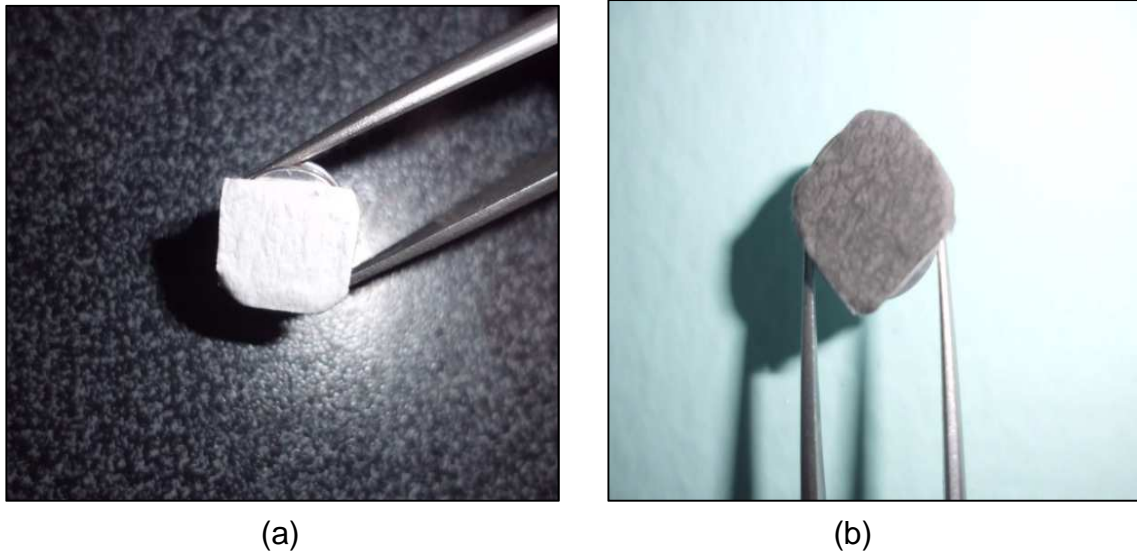


Figura 3.7. Imágenes del papel filtro(a) antes y (b) después del muestreo para analizar por MEB

Como condiciones de operación para el MEB se indica que se trabajó con un valor de $Z=15\text{kv}$, un $WD=21,95\text{ mm}$, se obtuvieron imágenes a 200, 500, 1000 y 2000x, se empleó dos tipos de detectores uno de secundarios (SE) y otro de electrodispersos (BSE), la principal diferencia en el uso de estos radica en la calidad de la imagen que se obtiene.

Lo importante de este tipo de análisis es que además de la determinación de la calidad del aire se pudo identificar el agente contaminante que se depositó en los diferentes filtros utilizados durante el muestreo de material particulado PM_{10} , el cual puede ser comparado con su respectivo TLV.

En la figura 3.8 se tiene una imagen del papel filtro a 500x, se puede observar la presencia de las fibras de cuarzo, material del cual está elaborado el papel filtro empleado para este tipo de muestreo, además se puede apreciar ciertas partículas pequeñas que en este caso serán los agentes contaminantes presentes en el ambiente del área de reducción de tamaño del laboratorio y que se han depositado.

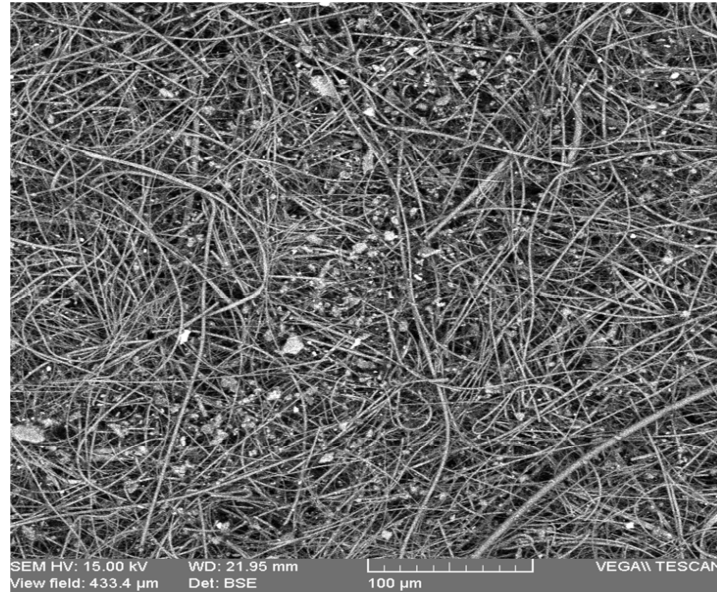


Figura 3.8. Papel filtro después del muestreo visto a 500x

Se conoce que estas pequeñas partículas son los agentes contaminantes, ya que a mayor número de aumentos (2000x) y al momento de comparar esta imagen con la del blanco, es decir con el papel filtro que no fue expuesto en el analizador de alto volumen y trabajando a iguales condiciones, existe una gran diferencia entre cada una de ellas, esto se lo puede ver en las siguientes imágenes.

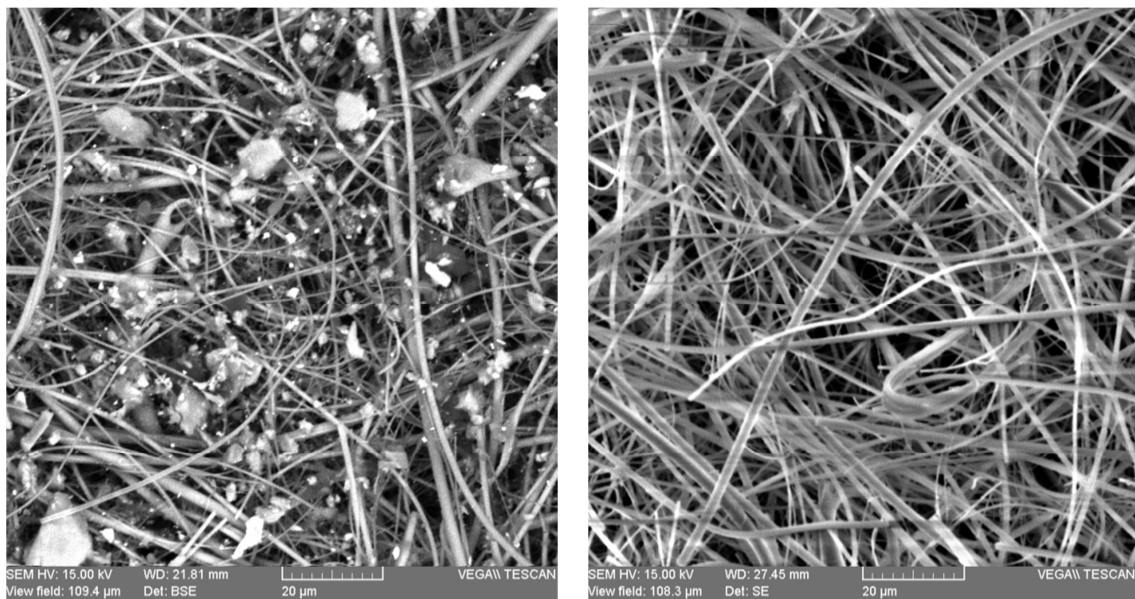


Figura 3.9. Papel filtro contaminado (izquierda) y papel filtro en blanco (derecha) a 2000x

Como se indicó anteriormente, con este equipo analítico a más de obtener imágenes también se puede conocer el elemento contaminante al utilizar el detector de rayos X, a través de la técnica de mapeo se determina la distribución del agente contaminante por colores, esto se muestra en la figura 3.10.

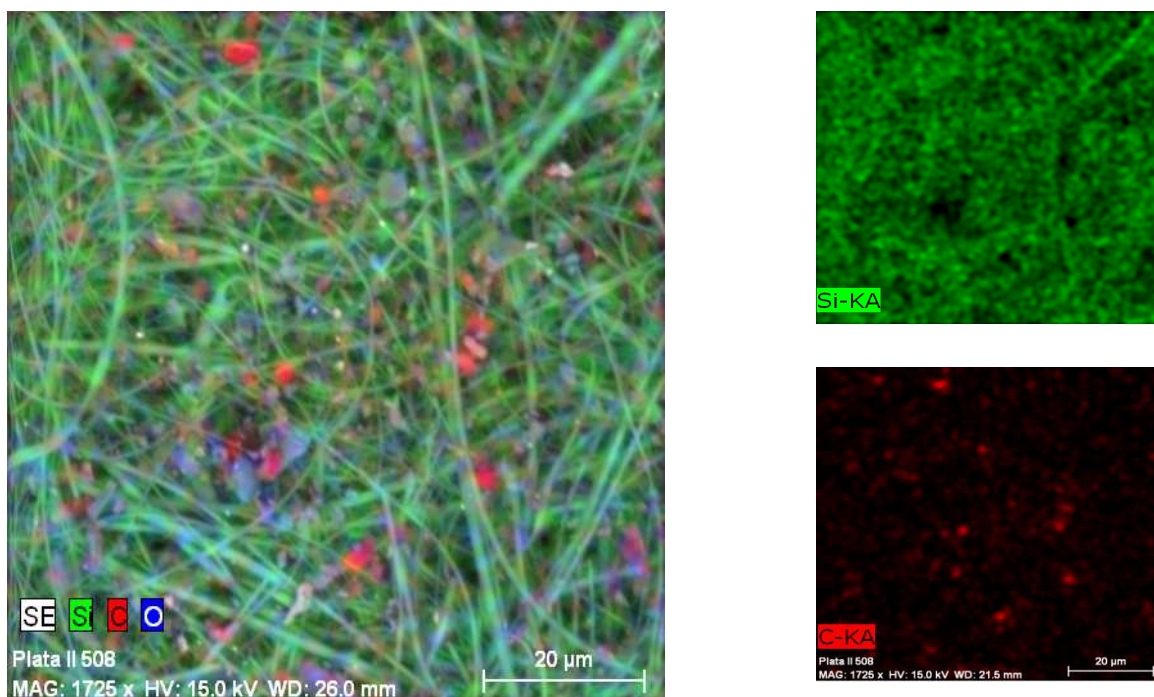


Figura 3.10. Mapeo papel filtro empleado para medición visto a 2000x

Como resultado del mapeo, en estas figuras se puede observar claramente la presencia y distribución de dos elementos presentes en el papel filtro como son la sílice (color verde) y el carbón (color rojo), elementos característicos de las muestras minerales con las que se trabaja en el laboratorio del Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX).

Se puede indicar que el mapeo es una técnica cualitativa para determinar a los agentes contaminantes, pero también se puede determinar semicuantitativamente el espectro y la concentración en porcentaje de estos dentro del papel filtro.

Una imagen de este se la puede apreciar en la figura 3.11.

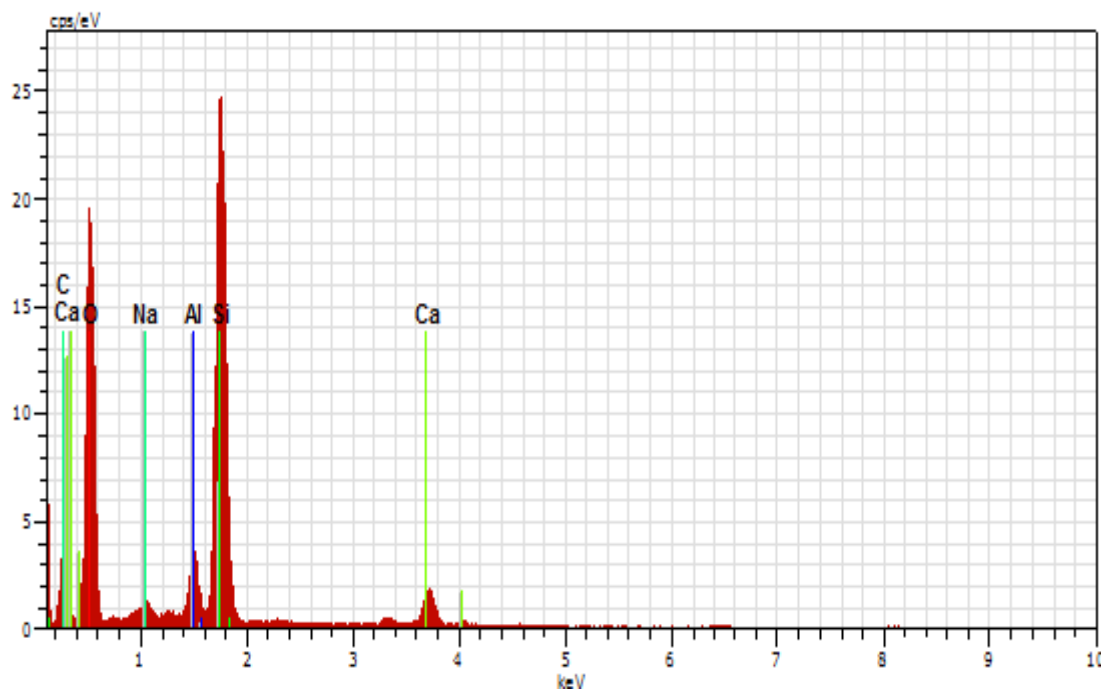


Figura 3.11. Espectrograma con los picos que indican la presencia de algunos elementos químicos presentes en el papel filtro

Aquí se puede observar la presencia de picos grandes que pertenecen al silicio y al carbón, al igual que la presencia de otros elementos como el aluminio y el sodio que son de tamaño inferior. Con estos se obtuvo valores semicuantitativos que se expresaron en porcentaje.

Sus porcentajes de concentración se indican en la tabla 3.11.

Tabla 3.11. Valores de concentración semicuantitativa de los elementos encontrados en el papel filtro para medir PM_{10}

Elemento	Fórmula	Concentración (%)
Carbono	C	33,5
Oxígeno	O	30,6
Silicio	Si	26,8
Calcio	Ca	4,9
Aluminio	Al	3,0
Sodio	Na	1,2

Cabe indicar que para nuestro trabajo los elementos importantes a analizar son el silicio y el carbón ya que estos son elementos característicos que se encuentran presentes y que forman parte de los minerales.

Debido a que estos valores de concentración son semicuantitativos, no se puede asegurar que estos elementos se encuentren distribuidos de manera homogénea o que estas cantidades sean representativas, este solamente indica su presencia dentro del pedazo de papel filtro colocado en el porta muestras como se lo observó en la figura 3.7. Sin embargo se tomaron medidas de control para este tipo de riesgo, las cuales se detallan más adelante.

3.3.2 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE $PM_{2.5}$

Para la medición de material particulado ($PM_{2.5}$) se utilizó un monitor AEROQUAL modelo AQM60, con un tiempo de integración de 2 min, las imágenes del montaje y de la preparación del equipo se muestran en la figura 3.12.



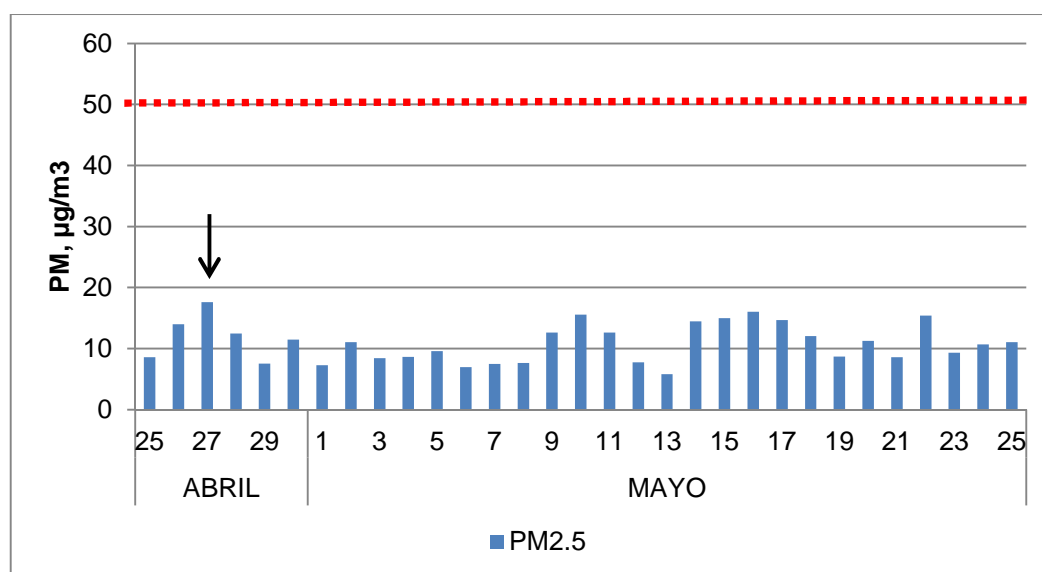
Figura 3.12. Montaje y preparación del equipo para medir $PM_{2.5}$

Una vez realizada la medición se obtuvieron los siguientes valores promedio en 24 h para material particulado $PM_{2.5}$ durante un mes, estos se los indica en la tabla 3.12.

Tabla 3.12. Valores promedio más relevantes en la medición de PM_{2.5}

Fecha (mes-día)	Valor promedio PM ₁₀ (µg/m ³)	Fecha (mes-día)	Valor promedio PM ₁₀ (µg/m ³)
Abril 25	8,57	Mayo 11	12,61
Abril 26	13,98	Mayo 12	7,75
Abril 27	17,59	Mayo 13	5,81
Abril 28	12,45	Mayo 14	14,45
Abril 29	7,51	Mayo 15	15,00
Abril 30	11,48	Mayo 16	16,01
Mayo 01	7,28	Mayo 17	14,68
Mayo 02	11,05	Mayo 18	12,03
Mayo 03	8,42	Mayo 19	8,69
Mayo 04	8,61	Mayo 20	11,25
Mayo 05	9,60	Mayo 21	8,60
Mayo 06	6,97	Mayo 22	15,41
Mayo 07	7,46	Mayo 23	9,31
Mayo 08	7,65	Mayo 24	10,65
Mayo 09	12,61	Mayo 25	11,06
Mayo 10	15,54		

Si se relaciona las fechas de medición respecto al valor promedio para este tipo de material particulado, se puede observar que solamente hubo una fecha donde la concentración máxima para PM_{2.5} alcanzó valores de 17,6 µg/m³, cifra que no supera el valor de concentración establecido por la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente cuyo valor máximo es de 50 µg/m³, como se puede apreciar en la figura 3.13 y con fecha 27 de abril.

**Figura 3.13.** Concentraciones promedio de PM_{2.5}

Las figuras 3.14 y 3.15 muestran los perfiles horarios de concentración de material particulado fino, tanto en días laborables como no laborables. Se observa una clara influencia de los procesos de molienda en la calidad de aire del lugar. Los picos de contaminación alcanzaron valores de hasta $235,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 h.

Durante los días no laborables las concentraciones no superan los $25,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y esto se debe comparar con los valores de concentración de los contaminantes que se indican en la tabla resumen de la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente, en donde para el día laborable se supera el valor de la norma, mientras que en el no laborable el valor se halla debajo del límite permisible.

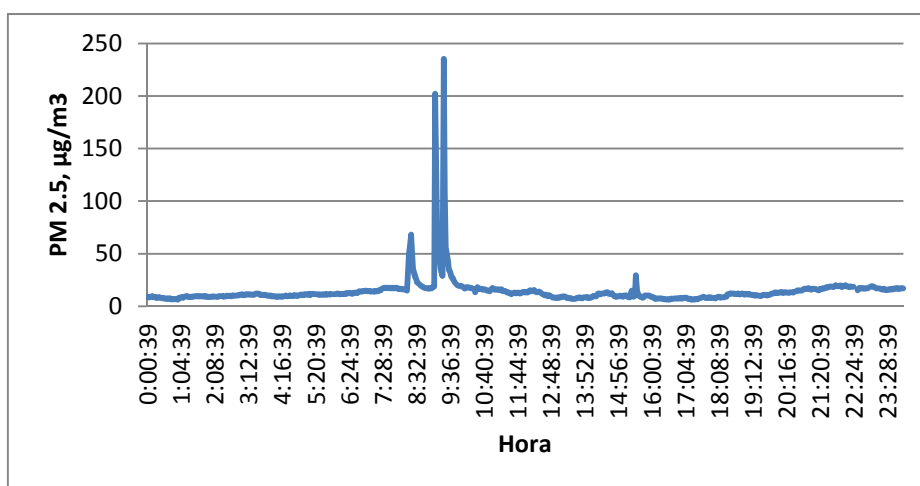


Figura 3.14. Perfil de concentración horario de concentración de $\text{PM}_{2,5}$, día laborable

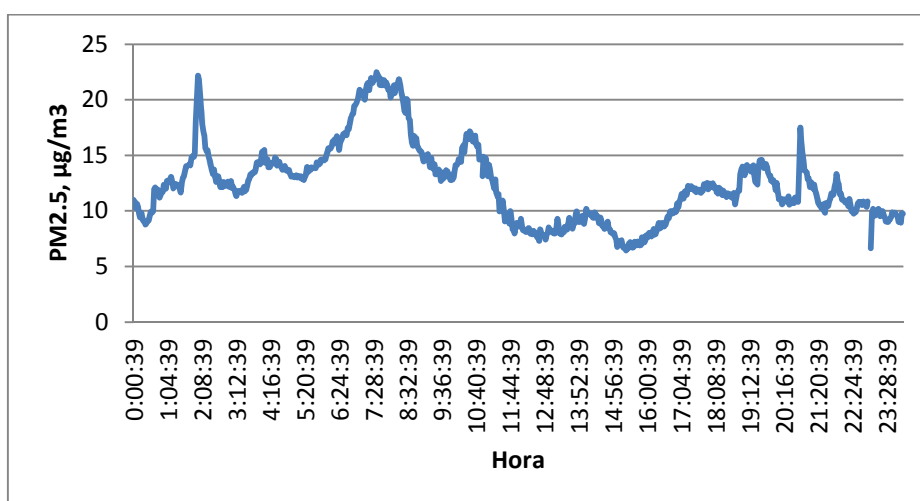


Figura 3.15. Perfil de concentración horario de concentración de $\text{PM}_{2,5}$, día no laborable

Como resultado final cabe indicar que en la figura 3.13 se observa el promedio para un tiempo de análisis de 24 h de material particulado. La concentración máxima para $PM_{2.5}$ corresponde a un valor de $17,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto no existe superación de norma para material particulado fino.

Como análisis complementario para este tipo de material particulado, se realizó el análisis del filtro para $PM_{2.5}$ el mismo que se lo disolvió con ácido nítrico y se determinó su contenido con ayuda de un espectrofotómetro de Absorción Atómica. La secuencia de este análisis se demuestra en la figura 3.16.

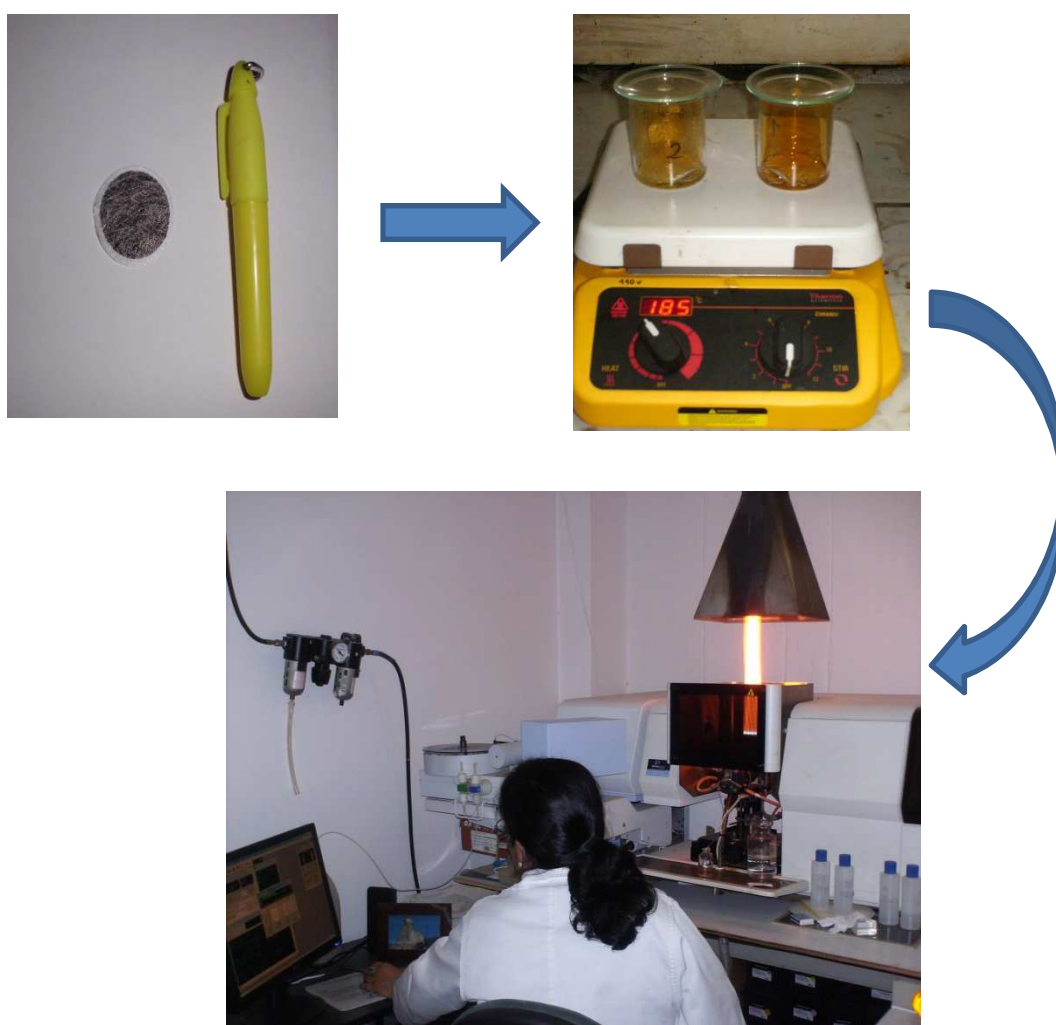


Figura 3.16. Secuencia del análisis que se dio al filtro para medir $PM_{2.5}$

El valor obtenido para la sílice fue inferior al límite de detección en sólidos que corresponde a 1 ppm. Su informe de análisis se adjunta como anexo III.

Con los valores límites establecidos por una de las principales organizaciones internacionales que regula la seguridad e higiene en el trabajo la cual indica que para sílice el TLV-TWA_{ACGIH} es igual a 10 ppm y nuestro análisis dio como resultado un valor inferior a 1 ppm, por tanto se puede indicar que el personal no se encuentra sobreexposto a la sílice debido a que los valores medidos son inferiores a los valores límite umbral para sustancias químicas y agentes físicos establecidos por la ACGIH del año 2009.

3.4 MANIPULACIÓN DE LOS REACTIVOS

La correcta y adecuada manipulación de reactivos dentro de todo laboratorio químico es muy importante, mucho más si en este laboran estudiantes, tesistas de pregrado y pasantes, a quienes se les debe indicar detenidamente su manejo para evitar cualquier tipo de accidentes.

Para la manipulación de reactivos químicos primero se analizaron las respectivas hojas de seguridad (MSDS) que fueron tomadas del sitio web del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), ya que se encuentran escritas en español y de manera resumida, además que son de libre acceso.

Las MSDS fueron colocadas dentro de una carpeta para uso general, se la ubicó junto a los estantes de almacenamiento de reactivos químicos y con el listado de las sustancias existentes en el laboratorio que están ordenadas alfabéticamente, indicando su color y numeración para así facilitar su ubicación, manipulación para así tenerlas almacenadas en forma ordenada y segura.

Un ejemplo de estas fichas de seguridad se puede observar en las figuras 3.17 y 3.18.

Como ya se mencionó, los reactivos existentes en el laboratorio se encuentran clasificados según las normas SAFT-DATA que sugieren como método de almacenamiento la distribución por colores.

Se procedió a revisar, reordenar, cambiar la rotulación y elaborar la lista de todos los químicos existentes.


Fichas Internacionales de Seguridad Química			
ÁCIDO NÍTRICO			ICSC: 0183 Octubre 2005
CAS: 7697-37-2 RTECS: QUS775000 NU: 2031 CE Índice Anexo I: 007-004-00-1 CE / EINECS: 231-714-2		Ácido nítrico concentrado (70%) HNO_3 Masa molecular: 63,0	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con productos químicos combustibles u orgánicos.	En caso de incendio en el entorno: NO espuma.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con muchos compuestos orgánicos frecuentes.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jaqueo. Dolor de garganta. Síntomas no inmediatos (ver Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Quemaduras cutáneas graves. Dolor. Decoloración amarilla.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Dolor abdominal. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Shock o colapso. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Reposo. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
<p>¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Neutralizar cuidadosamente el residuo con carbonato sódico. Eliminarlo a continuación con agua abundante. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles.</p>		<p>Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos.</p> <p>Clasificación UE Símbolo: O, C R: 8-35 S: (1/2)-23-26-36-45 Nota: B Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Riesgos Subsidiarios de los NU: 5.1 Grupo de Envasado NU: I Clasificación GHS Peligro Puede ser corrosivo para los metales. Mortal en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Provoca daños en las vías respiratorias si se inhala. Provoca daños en el tracto digestivo por ingestión. Provoca daños en las vías respiratorias y en los dientes tras exposición prolongada o repetida si se inhala.</p>	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-8052031-4 Código NFPA: H4; F0; R0; OX.		Separado de sustancias combustibles y reductoras, bases y de alimentos y piensos orgánicos. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2007			
VEÁSE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO			

Figura 3.17. Ejemplo de ficha de seguridad según el INSHT (página 1)

Fichas Internacionales de Seguridad Química	
ÁCIDO NÍTRICO	
ICSC: 0183	
DATOS IMPORTANTES	
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Líquido incoloro a amarillo, de olor acre.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS La sustancia se descompone al calentarse suavemente, produciendo óxidos de nitrógeno. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, p.e) turpentina, carbón, alcohol. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para los metales, formando gas combustible (hidrógeno-ver FISO:0001). Reacciona violentamente con compuestos orgánicos.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 2 ppm como TWA, 4 ppm como STEL; (ACGIH 2006). MAK: lib (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2008).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN Efectos locales graves por todas las vías de exposición.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación puede causar edema pulmonar (ver Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata (ver Notas).</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al vapor. La sustancia puede afectar a los dientes, dando lugar a erosión dental.</p>
PROPIEDADES FÍSICAS	
<p>Punto de ebullición: 121°C Punto de fusión: -41,6°C Densidad relativa (agua = 1): 1,4 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 6,4 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2,2</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,07 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0,21</p>
DATOS AMBIENTALES	
NOTAS	
<p>Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto hasta que han pasado unas pocas horas o incluso días y se agravan con el esfuerzo físico. Esta Ficha ha sido parcialmente actualizada en enero de 2008: ver Límites de exposición.</p>	
INFORMACIÓN ADICIONAL	
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-EC: 1 ppm, 2,6 mg/m³ Notas: Agente químico que tiene un valor límite indicativo por la UE</p>	
NOTA LEGAL	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p> <p style="text-align: center;">© IPCS, CE 2007</p>

Figura 3.18. Ejemplo de ficha de seguridad según el INSHT (página 2)

Un ejemplo de la lista de reactivos que va dentro de la carpeta de uso general se la puede observar en la siguiente imagen de la figura 3.19.



Nombre de Reactivo	COLOR	NUMERO
Acido bromhídrico 47-49%	blanco	10
Acido fluorhídrico G.R. (ml)	blanco	3
Acido fosfórico	blanco	1
Acido oxálico	blanco	7
Acido sulfúrico técnico	blanco	6
Arsenato de sodio hidratado	blanco	12
Cloruro de zinc	blanco	5
Meta arsenito de sodio técnico	blanco	11
Oxalato de di-sodio	blanco	4
Tartrato de potasio y antimonio	blanco	9
Yodo sublimado	blanco	8
Acido nítrico G.R.	blanco	2











Figura 3.19. Modelo de la lista de reactivos del DEMEX clasificada por colores

En todos los estantes se colocó tanto el logotipo de color como el pictograma correspondiente, que permite conocer el tipo de reactivo con el que se trabaja. Esto se observa en la figura 3.20.



Figura 3.20. Estantes de almacenamiento de reactivos con sus pictogramas de seguridad

Dentro de la carpeta general se incluirá una tabla de incompatibilidades de almacenamiento como se muestra en la figura 3.21. Este alertará y permitirá al personal que trabaja con sustancias químicas, tener la debida precaución al momento de guardarlos creando así medidas adicionales de seguridad.

					
	+	-	-	-	+
	-	+	-	-	-
	-	-	+	-	+
	-	-	-	+	0
	+	-	+	0	+

+	Se pueden almacenar juntos
0	Solamente podrán almacenarse juntos, adoptando ciertas medidas
-	No deben almacenarse juntos

Figura 3.21. Tabla de incompatibilidad de almacenamiento de reactivos químicos

Los cambios se hicieron tomando en cuenta algunos criterios indicados en el artículo 63, 64 y 65 del Capítulo V, referente a Sustancias Corrosivas, Irritantes y Tóxicas del Decreto Ejecutivo 2393.

Se ha dado al personal fijo o transitorio la correspondiente inducción y capacitación para la manipulación de sustancias químicas, sus normas de seguridad están expuestas en un lugar visible, al momento de su uso o para la preparación de soluciones éstos lo realizan dentro de su correspondiente campana de extracción pese a que los volúmenes de trabajo no son grandes.

El personal conoce sus obligaciones, por tanto no existe el consumo de alimentos y bebidas dentro de los laboratorios. Cabe indicar además que los desechos y efluentes generados se almacenan en sus correspondientes recipientes y antes de su descarga son debidamente tratados, esto se indica más adelante en otro punto de este mismo trabajo. Los recipientes para los residuos se indican en la figura 3.22.



Figura 3.22. Recipientes para recolección de residuos

3.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN DE PROYECCIÓN DE PARTÍCULAS

Debido a que existen varias operaciones de reducción de tamaño a las que se somete un mineral cuando llega al laboratorio del DEMEX, se ha visto la necesidad de analizar como riesgo mecánico la proyección de partículas que

permita cuidar tanto al personal fijo como transitorio (estudiantes, tesistas de pregrado y pasantes).

Para analizar este riesgo se consideró el tomar evidencias fotográficas como se muestran en la figura 3.23, no solamente de las máquinas empleadas sino también de la forma en la que las personas trabajan dentro de esta zona (figuras 3.24 y 3.25)

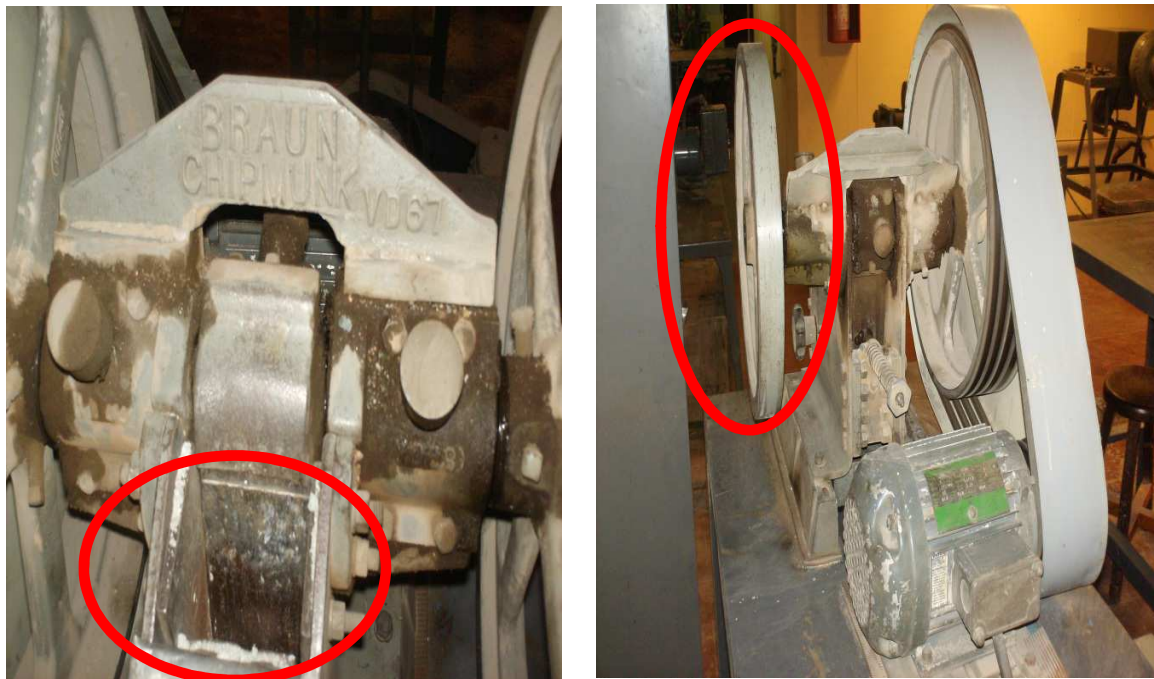


Figura 3.23. Trituradora de mandíbulas fotografiada de manera frontal y posterior

En la imagen del lado izquierdo (vista frontal de la trituradora de mandíbulas), se observa claramente que el lugar por donde ingresa la muestra carece de la debida protección, tiene una abertura de 8x10 cm que no solamente permite la salida de partículas del mineral sino también facilita el ingreso de cualquier objeto o incluso la mano del operador como se podrá observar más adelante.

La fotografía del lado derecho (vista posterior el equipo) indica dos poleas, una está cubierta y a la otra le falta una tolva, la ausencia de esta en algún instante podría provocar un atrapamiento.

Con las imágenes de la figura 3.23, 3.24 y 3.25, es evidente el peligro al cual se expone el personal que utiliza estos equipos, es así que la falta de guardas de seguridad vuelve insegura a esta actividad de reducción de tamaño.



Figura 3.24. Operador con su cara en dirección hacia la abertura de ingreso de la muestra y sin equipo de protección ocular



Figura 3.25. Operador ingresando objeto en la abertura de la trituradora, con su mano y brazo cerca de la polea y sin equipo de protección personal

Para este riesgo mecánico también se tomó como referencia la matriz de riesgos de Fine que se indica en la tabla 3.3, donde se observó que la proyección de partículas presenta un riesgo medio que no daría lugar a producir un accidente, pero como se observó en las imágenes anteriores, el personal que trabaja tanto con las trituradoras de mandíbulas y con el molino de rodillos lo hacen en condiciones de operación que presentan ciertas deficiencias e incumplimientos.

Todo esto permite ver que ninguno de estos equipos poseen las debidas guardas de seguridad, la falta de tolvas en los volantes de estas máquinas y el ver que existen personas que no laboran con el debido cuidado al momento de realizar estos ensayos, indica que éstos no solo pueden provocar proyección de partículas sino también atrapamientos al momento ponerlas en funcionamiento.

Las guardas de seguridad fueron implantadas según lo señalado en el Capítulo II del Decreto Ejecutivo 2393 en la parte de Protección de Máquinas Fijas en los artículos 76, 77, 78.

3.6 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS IMPLANTADAS PARA EL CONTROL DE RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MECÁNICOS

La literatura internacional sugiere que la forma adecuada de plantear acciones preventivas y correctivas, es inferir directamente en los siguientes aspectos dándoles prioridad de mayor a menor en el siguiente orden: la fuente de riesgo, el transmisor donde se desarrolla la actividad laboral y el personal expuesto.

Primeramente se debe interferir en la fuente de riesgo de tal forma que se aisle a éste, de no poder hacerlo se deberá actuar en el transmisor donde se desarrolla la actividad a través de barreras o elementos que permitan atenuar el riesgo existente y finalmente si esto no se puede hacer se debe tomar acciones en el receptor expuesto utilizando medidas de control como son el uso de equipo de protección personal y la capacitación sobre las normas de trabajo seguro.

Tomando en cuenta estos aspectos se determinaron las acciones preventivas y correctivas adecuadas para eliminar los riesgos identificados en este trabajo para cada tarea definida. Estas acciones, que tienen la finalidad de controlar, eliminar o reducir los riesgos que pudieran presentarse en el Departamento de Metalurgia Extractiva, se aplicarán a cualquier instalación, proceso u operación susceptible de originar un riesgo para la seguridad y la salud de las personas. Los resultados obtenidos se describen en los siguientes puntos de este trabajo.

3.6.1 MEDIDAS IMPLANTADAS PARA RIESGOS FÍSICOS

Si se analiza que el valor promedio obtenido en la medición de ruido en la zona #1 que es el área administrativa del DEMEX, que fue de 80,9 dB_A producido por el compresor de aire seco utilizado para el funcionamiento del equipo de Absorción Atómica AAnalyst 300, vemos que su medida no sobrepasa el límite establecido para una jornada laboral de 8 h según el Decreto Ejecutivo 2393, por lo tanto no se debería tomar ninguna medida de corrección.

Pero para la zona #2 en donde se realiza la reducción de tamaño de los minerales, el valor promedio obtenido es de 95,5 dB_A que se halla por encima del valor límite permitido, esto nos indica que aquí si se deben implantar medidas correctivas y preventivas inmediatas.

Tomando en cuenta estos dos aspectos, se realizaron cambios en ambas zonas que permitirán crear un ambiente seguro dentro del laboratorio.

3.6.1.1 Primera medida implantada para riesgo físico producido por ruido

La medida correctiva en esta área fue realizada en la fuente con el cambio del compresor de aire seco marca Air América de 1HP por otro marca WPI de 2HP al que se lo ancló a una base metálica y que produce menor ruido. Como se observa en la figura 3.26



Figura 3.26. Compresor antiguo marca Air América y nuevo marca WPI

Los datos técnicos del compresor reemplazado en la zona #1 (área administrativa) del laboratorio se presentan en la tabla 3.13.

Tabla 3.13. Datos técnicos del compresor de aire seco implantado en la zona #1 del DEMEX

Equipo	Compresor aire seco
Marca	WPI
Modelo	FB-95/8
Potencia	2 HP
Voltaje	110V; 60Hz
Capacidad	210 l/min
Tamaño	760*350*620 mm

3.6.1.2 Segunda medida implantada para riesgo físico producido por ruido

En la zona #2 del laboratorio (área de reducción de tamaño), existen dos pulverizadores de anillos uno para mineral y otro para carbón, en estos se coloca máximo 100 g de muestra de tamaño inferior a 2 mm durante 1 min, transcurrido este tiempo se obtiene la muestra que será utilizada para varios ensayos analíticos. Esto se observa en la figura 3.27.

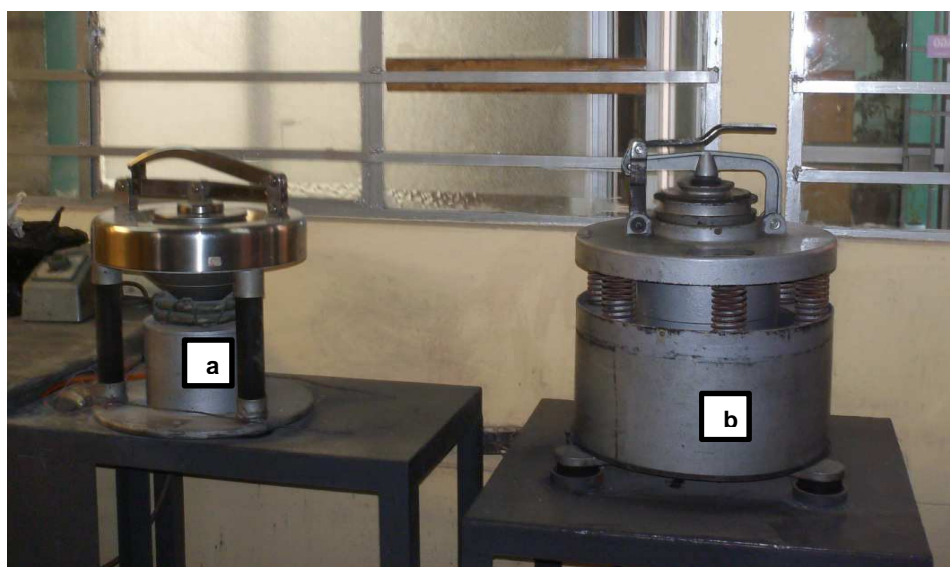


Figura 3.27. Imagen a) pulverizador de mineral y b) pulverizador de carbón

Los datos técnicos del pulverizador de mineral se muestran en la tabla 3.14.

Tabla 3.14. Datos técnicos del pulverizador de mineral ubicado en la zona #2 del DEMEX

Equipo	Pulverizador de anillos
Marca	BLEULER-MILL (NAEF)
Motor trifásico	0,18kw
Frecuencia	60hz
Voltaje	220 v
Serie	1767
Observación	Controlador de tiempo incorporado (1-6 min)

Los datos técnicos del pulverizador de carbón se muestran en la tabla 3.15.

Tabla 3.15. Datos técnicos del pulverizador de carbón ubicado en la zona #2 del DEMEX

Equipo	Pulverizador de anillos
Marca	SIEBTECHNIK
Modelo	T-100
Motor trifásico	0,65kw
Frecuencia	60hz
Voltaje	110 v
Serie	44382

Tomando en cuenta que en esta zona el valor promedio de ruido obtenido fue de 95,5 dB_A la medida correctiva implantada consistió en anclar los equipos en el centro de las mesas, colocar en las bases de caucho donde se asientan éstos ya que a más de atenuar el ruido proporcionan estabilidad.

Se soldaron perfiles metálicos a los extremos de las mesas, se colocaron cubiertas de madera en cuyas paredes están adheridas una lámina de corcho de 6 mm de espesor que sirve como aislante acústico.

Las medidas de las cajas aislantes de ruido o cabinas insonorizadas para el pulverizador de mineral son de 75*50*45 cm de largo, ancho y profundidad respectivamente, mientras que para el pulverizador de carbón las dimensiones

son de 70*85*70 cm. La imagen de la cubierta del pulverizador se ve en la figura 3.28.



Figura 3.28. Imagen del pulverizador con su cubierta aislante para ruido

3.6.1.3 Tercera medida implantada para riesgo físico producido por ruido

Otra medida de control implantada para la disminución de ruido realizada fue el mantenimiento a las trituradoras de mandíbulas y al molino de rodillos que son otros equipos empleados también para la reducción de tamaño, que se encuentran en esta zona del laboratorio. Como se muestra en la figura 3.29.

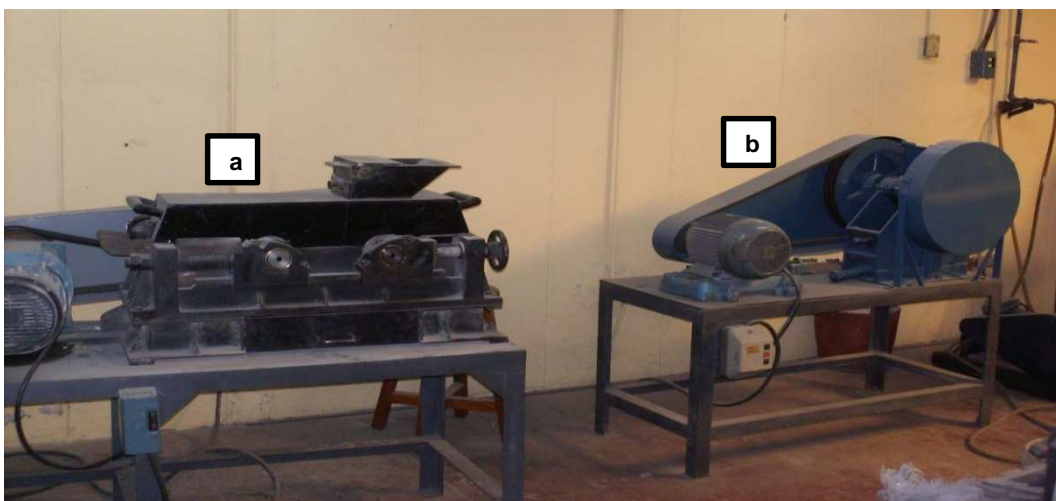


Figura 3.29. Imagen a) molino de rodillos y b) trituradora de mandíbulas

El mantenimiento dado a estas máquinas básicamente consistió en desarmar las chumaceras, cambiar los bocines, nivelar las poleas, limpiar y engrasar todo el equipo. Esto fue realizado por personal calificado propio de la universidad que pertenece al área de servicios generales.

Los formatos de control preventivo o correctivo se los indica en otro punto de este trabajo, en los que se establecerá el debido plazo de revisión y control según sea el caso.

Una imagen del mantenimiento que se da a uno de los equipos se presenta en la figura 3.30.



Figura 3.30. Personal dando mantenimiento a los equipos del DEMEX

3.6.1.4 Cuarta medida implantada para riesgo físico producido por ruido

La medida de seguridad adoptada en el receptor fue la dotación de dos tipos de protección auditiva al personal que labora en el DEMEX. Mantenimiento de los equipos y dotación de protectores auditivos individuales marca 3M con tasa de reducción de ruido de 32 NRR (Noise Reduction Rating). Como se muestra en las figuras 3.30 y 3.31.

Uno de estos son los tapones auditivos individuales blandos marca 3M (earsoft taperif con cordón), que poseen una tasa de reducción de ruido de 32 NRR, el material del cual están fabricados proporcionan mucha comodidad y brindan una excelente atenuación, estos son dermatológicamente seguros y no irritan la piel.



Figura 3.31. Tapón earsoft taperif con cordón

Otro tipo de protector auditivo que también se utiliza en los laboratorios del DEMEX son las orejeras auditivas marca 3M (OPTIME modelo 4000) que es un diseño que brinda comodidad y que tiene una tasa de reducción de ruido de 27 NRR. En la figura 3.33 se observa al personal del laboratorio utilizando los protectores.



Figura 3.32. Orejera OPTIME modelo 4000 con diadema ajustable



Figura 3.33. Imagen del personal usando tapón individual y orejera con diadema ajustable

3.6.2 MEDIDAS IMPLANTADAS PARA RIESGOS QUÍMICOS

Las concentraciones de material particulado están relacionadas con las labores que se llevan a cabo en el laboratorio, durante los procesos de molienda, trituración y pulverización esto es durante la reducción de tamaño de muestras minerales.

Sin embargo cabe indicar que para material particular grueso (PM_{10}) solamente en una ocasión se supera el valor límite permisible durante todo el tiempo de muestreo, en donde solamente en una ocasión hubo una fecha donde la concentración máxima alcanzó valores de $154,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cifra que supera el valor de concentración establecido por la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente cuyo valor máximo es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De igual manera se pudo observar que solamente hubo una fecha donde la concentración máxima para $PM_{2,5}$ alcanzó valores de $17,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cifra que no supera el valor de concentración establecido cuyo valor máximo es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como se puede apreciar en la figura 3.13.

Por lo tanto tomando en cuenta estos resultados y debido a la continua rotación del personal (estudiantes, tesis de pregrado y pasantes) que se encuentran en los laboratorios del DEMEX, sin olvidar mencionar que las personas no se encuentran trabajando 8 h seguidas en un mismo equipo, o que el tiempo máximo de exposición que pueden tener en un solo día o durante todo el desarrollo de su parte experimental de ensayos que normalmente es de seis meses va de 30 min a 1 h, no se debería implantar medidas correctivas.

Sin embargo se sugiere un primer cambio en el transmisor que proporcione un trabajo seguro dentro del laboratorio del DEMEX y otro en el receptor que se lo puede aplicar de manera inmediata.

3.6.2.1 Primera medida implantada para riesgo químico producido por material particulado

Para prevenir este tipo de riesgo químico se sugiere implantar como medida en el transmisor, el colocar ventilación localizada sobre los equipos que generan más

polvo que en este caso serían las trituradoras primaria, secundaria y el molino de rodillos.

Debido a que existen varios tipos de contaminantes como son los polvos que permanecen suspendidos en el aire hasta que se depositan por gravedad. Las nieblas, que se forman a partir de líquidos condensados o pulverizados. Los humos, que se forman al vaporizarse materiales sólidos a altas temperaturas que se condensan posteriormente. Los gases o sustancias capaces de difundirse en el aire, como el monóxido o dióxido de carbono, oxígeno, helio, nitrógeno, etc. Los vapores, que es la fase gaseosa de sustancias sólidas o líquidas a temperatura ambiente, es decir, se forman tras evaporizarse sólidos y líquidos como disolventes, gasolinas, etc. (Henao, 2008b, p.100)

Se sugiere implantar un sistema de extracción localizada. Un modelo de este sistema de control en el transmisor se muestra en la figura 3.34.



Figura 3.34. Imagen de sistema de extracción localizada que se podría colocar sobre las trituradoras primaria, secundaria y el molino de rodillos

3.6.2.2 Segunda medida implantada para riesgo químico producido por material particulado

La medida de seguridad implantada en el receptor para proteger al personal del DEMEX que puede estar expuesto a este tipo de riesgo químico producido por material particulado, fue la dotación de equipos de protección respiratoria.

Estos deben ser utilizados cuando existan los riesgos de acciones sobre nuestro organismo sobre todo con sustancias contaminantes peligrosas contenidas en el aire respirable.

Uno de los equipos de protección respiratoria implantados al personal son los respiradores marca 3M (8210-N95), que poseen un sistema de retención de partículas como polvos incluyendo carbón y sílice libre como producto del procesamiento de minerales, su manera de uso y cuidado es sencilla, el material del cual están fabricados proporcionan mucha comodidad a quien los utiliza. Esto se puede apreciar en la figura 3.35.



Figura 3.35. Personal del laboratorio utilizando respirador 8210

Para brindar una mayor información se adjunta la respectiva hoja de seguridad de los respiradores 8210 que se proporciona al personal del DEMEX, la misma que permite una adecuada protección para el tipo de trabajo que se realiza dentro del laboratorio. La hoja de seguridad se observa en la figura 3.36.



Respirador 8210 (N95)

Hoja Técnica



Descripción

El respirador libre de mantenimiento 3M 8210 brinda una efectiva, confortable e higiénica protección respiratoria contra polvos y partículas líquidas sin aceite. Es fabricado con un Medio Filtrante Electrostático Avanzado, novedoso sistema de retención de partículas que permite mayor eficiencia del filtro con menor caída de presión. Su forma convexa, el diseño de sus bandas elásticas, la espuma de sellado y el clip de aluminio para el ajuste a la nariz aseguran un excelente sello adaptándose a un amplio rango de tamaños de cara.

Aplicaciones

- Triturado
- Lijado
- Aserrado
- Carpintería
- Empacado
- Cementos
- Construcción
- Agroquímicos
- Minería
- Alimenticia

Aprobaciones

Aprobado por la National Institute for Occupational Safety And Health (NIOSH) de Estados Unidos bajo la especificación N95 de la norma 42CFR84.

Características

- Cintas elásticas: Elastómero color amarillo
- Clip metálico: Aluminio
- Espuma interna: Poliuretano
- Elemento filtrante: Tela no tejida de polipropileno y poliéster.
- Peso apróx.: 10g.
- Color: Blanco

Concentraciones Límites

- No usar cuando las concentraciones sean mayores a 10 veces el límite de exposición o menor de 0,05 mg/m³

• No usar en atmósferas cuyo contenido de oxígeno sea menor a 19.5 %.

• No usar en atmósferas en las que el contaminante esté en concentraciones IDLH (inmediatamente peligrosas para la vida y la salud).

Limitaciones de uso

Aprobado para protección respiratoria contra polvos (incluyendo carbón, algodón, aluminio, trigo, hierro y sílice libre producidos principalmente por la desintegración de sólidos durante procesos industriales tales como: esmerilado, lijado, trituración y procesamiento de minerales y otros materiales) y neblinas a base de líquidos no aceitosos.

• No usar en atmósferas que contengan vapores y gases tóxicos, Asbestos o polvo proveniente de lavado con chorro de arena.

Garantía

La única responsabilidad del vendedor o fabricante será la de reemplazar la cantidad de este producto que se pruebe ser defectuoso de fábrica.

Ni el vendedor ni el fabricante serán responsables de cualquier lesión personal, pérdida o daños ya sean directos o consecuentes del mal uso de este producto.

Antes de ser usado, se debe determinar si el producto es apropiado para el uso pretendido y el usuario asume toda responsabilidad y riesgo en conexión con dicho uso.

Empaque

Piezas / Estuche	Estuche / Caja	Piezas / Caja
20	8	160

Para mayor información:

3M Manufacturera Venezuela S.A.
División Salud Ocupacional y Protección Ambiental
Tif. 508-8087, 508-8084, 508-8114 fax 578-3925

Figura 3.36. Hoja de seguridad de respirador 8210 marca 3M

Otro tipo de protección respiratoria implantada en el DEMEX son las máscaras con filtros, que no solamente puede usarse para exposición a polvos sino también para cuando se trabaje con gases y vapores químicos. Como se puede observar en la figura 3.37.



Figura 3.37. Personal utilizando como equipo de protección personal una media máscara con cartuchos para vapores ácidos y orgánicos

La ventaja de este tipo de medida implantada es que no solo se la puede aplicar para cuidar al personal expuesto a material particulado, sino también se lo puede utilizar cuando se trabaje con reactivos químicos.

Este tipo de equipo de protección respiratoria a más de estar dotado de los correspondientes filtros para vapores ácidos, orgánicos y gas sulfhídrico lleva sus respectivos pre-filtros para polvo, es decir tiene doble tipo de seguridad.

3.6.2.3 Medidas implantadas para riesgo químico producido por manipulación de reactivos

Se ha dado al personal fijo o transitorio la correspondiente inducción y capacitación para la manipulación de sustancias químicas, sus normas de seguridad están expuestas en un lugar visible. Ejemplos de estas medidas implantadas se observan en las figuras 3.38, 3.39 y 3.40.



Figura 3.38. Ejemplo de carteles que se encuentran distribuidos en el área de productos químicos

Además de los carteles de seguridad se diseñó una hoja con algunas reglas básicas, la misma que se entrega al personal y se encuentra ubicada en la cartelera.

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA**

REGLAS BÁSICAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

- Seguir las instrucciones del profesor o persona responsable.
- No entrar en el laboratorio sin que esté presente el profesor o responsable.
- Mantener una actitud responsable, no se deben gastar bromas, correr ni gritar.
- No comer, beber o fumar en el laboratorio de prácticas.
- Lavar las manos antes de abandonar el laboratorio.

VESTIMENTA

- Utilizar mandil de manga larga y mantenerlo abrochado.
- Llevar el cabello recogido.
- No se deben llevar pulseras, colgantes o prendas sueltas.
- No llevar sandalias o calzado que deje el pie al descubierto.
- Protege tus manos con guantes.
- Las heridas deben estar cubiertas, aunque se usen guantes para trabajar.
- Obligatorio el uso de gafas de seguridad para proteger los ojos y evitar usar lentes de contacto.

RESIDUOS

- Para la eliminación de residuos utilizar los recipientes destinados a tal fin.
- No verter ninguna sustancia peligrosa por el desagüe.
- Está prohibido desechar líquidos inflamables, tóxicos, corrosivos, peligrosos para el medio ambiente por los fregaderos.
- No arrojar desechos sólidos en el fregadero, hacerlo por las canaletas existentes en el laboratorio o hacerlo en el recipiente de basura común.

ACCIDENTES

!!!! En caso de accidente, avisar al responsable de las prácticas.!!!!

- Salpicaduras de sustancias en los ojos y sobre la piel: lavarse con abundante agua, empleando si es necesario la ducha de seguridad o el lavajo, sobre todo si el producto es corrosivo o irritante.
- No intentar neutralizar y acudir al médico lo más rápidamente posible.
- Quemaduras térmicas: Lavar con abundante agua fría para enfriar la zona quemada.
- Intoxicación digestiva: Debe tratarse en función del tóxico ingerido, para lo cual se debe disponer de información a partir de la etiqueta y de la ficha de datos de seguridad.

HÁBITOS DE TRABAJO

- Conocer la ubicación del material de seguridad como extintores, duchas de seguridad, lavajos, botiquín, etc.
- No trabajar nunca solo en el laboratorio.
- Nunca manipular gases sin que estos se encuentren con sus respectivas válvulas de seguridad y controles de presión.
- No utilizar ningún reactivo que no tenga etiqueta.
- Se debe etiquetar los frascos y recipientes que contengan muestras, identificando su contenido.
- No oler, tocar, ni probar ninguna de las sustancias.
- No pipetear nunca con la boca.
- Utilizar campanas de gases (sofobonas) para todas las operaciones en las que se manipulen sustancias tóxicas o volátiles.
- En la dilución de ácidos, añadir siempre el ácido sobre el agua y no al revés, podría provocar una proyección sumamente peligrosa.

TRABAJO CON MAQUINAS

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

«Los trabajadores deben utilizar anteojos de seguridad contra impactos, sobre todo cuando se mecanizan metales duros, frágiles o quebradizos, debido al peligro que representa para los ojos las virutas y fragmentos de la máquina pudieran salir proyectados.»

- Se debe usar calzado de seguridad que proteja contra cortes y pinchazos, así como contra caídas de piezas pesadas.
- No limpiar molinos cuando estos se encuentren prendidos.

RECUERDE: La única persona responsable de su seguridad en los laboratorios es "USTED MISMO". Tome conciencia de los riesgos que tiene en su trabajo y actúe con toda concentración, seriedad y madurez.

Figura 3.39. Hoja con reglas básicas de seguridad en el laboratorio

El personal conoce sus obligaciones, por tanto no existe el consumo de alimentos y bebidas dentro de los laboratorios.



Figura 3.40. Cartel informativo que se encuentra en el área de productos químicos

A más de las medidas antes indicadas es importante para este tipo de riesgo el uso de equipos de protección personal, que deben ser adecuados para el trabajo que se realiza, no debe generar nuevos riesgos o dificultar el trabajo, ser cómodas, adaptados a cada persona, y que se puedan quitar y poner fácilmente.

Todas las personas que ingresen al laboratorio deben usar el equipo de protección de forma adecuada (Henao, 2010, p.187)

Con mayor razón aquellos que tienen contacto con sustancias químicas. Recordar que el hecho de usar elementos de protección personal no elimina el riesgo ni los hace invencibles (Giraldo, 2008, p. 88).

Por tal motivo es necesario el proteger nuestra piel, ropa y manos, por eso se debe utilizar mandil u overol y guantes, estos pueden ser hechos de diferentes materiales dependiendo del tipo de trabajo a realizar.

El mandil sirve para proteger la ropa y la piel de sustancias químicas que puedan derramarse o producir salpicaduras.

Los guantes impiden el contacto de sustancias tóxicas, corrosivas o irritantes a través de la piel. Esto se observa en la figura 3.41.



Figura 3.41. Personal del laboratorio con mandil y guantes al momento de realizar cualquier trabajo en el laboratorio

Es importante también indicar que cuando se manipulan los reactivos o se preparan soluciones, el personal no solamente trabaja con los equipos antes mencionados sino que también lo hace dentro la respectiva campana de extracción. Un ejemplo se aprecia en la figura 3.42.



Figura 3.42. Foto de una tesista trabajando en de la campana de extracción

Finalmente no solo para este tipo de riesgo sino para todos, se colocó en las diferentes áreas del laboratorio señales de advertencia, prohibición, obligación, para prevenir accidentes. Ver figura 3.43.

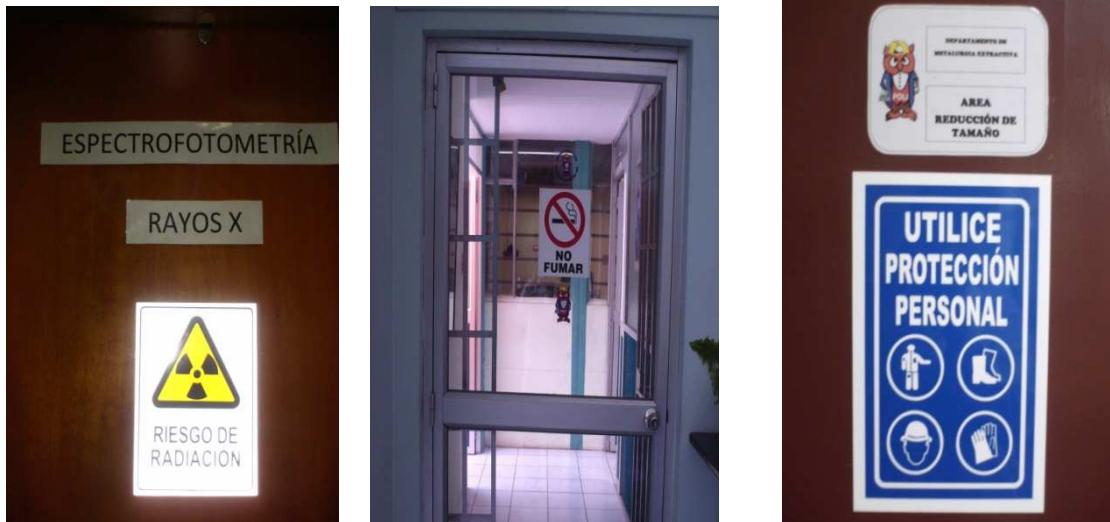


Figura 3.43. Imágenes de señales de seguridad que existen en el laboratorio del DEMEX

3.6.3 MEDIDAS IMPLANTADAS PARA RIESGOS MECÁNICOS

El riesgo principal asociado a este tipo de operaciones son las lesiones en los ojos, que en la mayoría de situaciones se pueden evitar si antes de empezar con el ensayo se verifica la existencia y el buen estado de las guardas de seguridad de las máquinas con las que se va a trabajar.

El uso de equipos de protección personal como gafas de seguridad o pantallas son medidas en el receptor que deben ser utilizados cuando no sea posible aplicar los debidos resguardos a las máquinas, ya que estos cuidan al operador en caso de que existan partículas o fragmentos que puedan ser proyectados violentamente.

3.6.3.1 Primera medida implantada para riesgo mecánico producido por proyección de partículas

La medida de seguridad implantada en la fuente para proteger al personal del DEMEX que puede estar expuesto a este tipo de riesgo mecánico producido por proyección de partículas, se presenta en la siguiente tabla en donde se muestra el equipo sin guardas de seguridad, se explica el cambio realizado y finalmente se

presenta la imagen con sus respectivos resguardos. Tomando en cuenta estos parámetros se presentan los cambios dados a las trituradoras de mandíbulas y al molino de rodillos, estos se indican en la tabla 3.16.

Tabla 3.16. Equipos con guardas de seguridad para evitar proyección de partículas y atrapamientos

EQUIPO	MEDIDA A IMPLANTAR	GUARDAS DE SEGURIDAD IMPLANTADAS
<p>Trituradora de mandíbulas primaria</p> 	<p>Se colocó como guarda una tapa de 31 x 11 cm, la misma que se sujeta y se desliza por un carril de 12 x 7,4 cm</p> <p>Se cubrió la polea con una tolva de 8,3 cm de diámetro.</p>	
<p>Trituradora de mandíbulas secundaria</p> 	<p>Se colocó como guarda una tapa de 30,6 x 26,4 cm, la misma que se abre y se cierra con ayuda de su respectiva asa.</p> <p>Se cubrió la polea con una tolva de 44 cm de diámetro.</p>	
<p>Molino de rodillos</p> 	<p>La guarda que se implantó se la hizo en la zona de alimentación por medio de una tapa semicubierta de 23,7 x 10,5 cm</p> <p>Las bandas expuestas se cubrieron con una tolva de 115 cm de largo.</p>	

3.6.3.2 Segunda medida implantada para riesgo mecánico producido por proyección de partículas

La medida de seguridad implantada en el receptor para proteger al personal del DEMEX que puede estar expuesto a este tipo de riesgo producido por proyección de partículas, fue la dotación de equipos de protección para los ojos.

Se utilizan gafas que protegen los ojos y deben llevarse en todo momento dentro del laboratorio. Como se aprecia en la figura 3.44, estas permiten protegerse frente a los riesgos causados por proyecciones de partículas sólidas, proyecciones de líquidos (corrosivos, irritantes) y exposición a radiaciones ópticas (infrarrojo, ultravioleta, láser) (OMS, 2005 p. 68).



Figura 3.44. Diferentes tipos de gafas de seguridad y personal DEMEX con protección de ojos

No se debe utilizar lentes de contacto, caso contrario se deben tomar en consideración los siguientes peligros asociados (Mora, 2010, p. 238):

- a. Será prácticamente imposible retirar las lentes de contacto de los ojos después de que se haya derramado una sustancia química en el área ocular.
- b. Las lentes de contacto interferirán con los procedimientos de lavado de emergencia.

- c. Las lentes de contacto pueden atrapar y recoger humos y materiales sólidos en el ojo.
- d. Si se produce la entrada de sustancias químicas en el ojo y la persona se queda inconsciente, el personal de auxilio no se dará cuenta de que lleva lentes de contacto.

3.7 ELABORACIÓN DE PLANES DE SEGURIDAD Y DOCUMENTOS INFORMATIVOS

El seguimiento de las medidas implementadas dentro de las tres zonas en que se dividió al DEMEX, se lo hizo a través de:

- a. Un manual de seguridad para personal permanente y transitorio
- b. Un plan de mantenimiento de máquinas y equipos
- c. Un plan para tratamiento de efluentes

3.7.1 MANUAL DE SEGURIDAD PARA PERSONAL PERMANENTE Y TRANSITORIO

El presente manual tiene por objeto fijar normas que establecen las medidas de seguridad y prevención aplicables en las operaciones o procesos que se realizan dentro del Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX).

En este se condensó lo referente a las normas básicas de seguridad que toda persona que trabaja dentro del laboratorio debe conocer y seguir cuando se encuentre desarrollando sus actividades.

Para ver el contenido de este manual de seguridad para personal permanente y transitorio, en la figura 3.45 se presenta el índice de contenido y en el anexo IV de este trabajo, se podrá revisar el documento completo.

ÍNDICE DE CONTENIDO	
	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	140
2. PRINCIPIOS GENERALES DE SEGURIDAD	141
2.1 . Hábitos de trabajo	141
2.2 . Normas generales de manipulación de residuos	143
2.3 . Trabajo con máquinas	144
2.4 . Accidentes	144
3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN	145
3.1. Equipos de protección colectiva	145
3.1.1. Cámaras extractoras de gases (Sorbona)	145
3.1.2. Extintores	146
3.1.3. Lavaojos	146
3.1.4. Duchas de emergencia	147
3.2. Equipos de protección personal	147
3.1.1. Protección ocular	148
3.1.2. Protección auditiva	149
3.1.3. Protección de la piel	150
3.1.4. Protección de las vías respiratorias	152
3.1.5. Protección de la cabeza	153
4. SEGURIDAD EN ÁREAS DEL LABORATORIO	153
4.1. Área de ensayo al fuego	153
4.1.1. Hornos mufla de fundición y copelación	154
4.1.2. Horno Nichols	155
4.2. Área de preparación de muestras	156
4.3. Área de reducción de tamaño	156
4.4. Área de cianuración/lixiviación	157
4.5. Disgregación de muestras	158
5. GESTIÓN DE RESIDUOS	159
5.1. Clasificación de los residuos	159
5.1.1. Ácidos y disoluciones ácidas	159
5.1.2. Sales cianuradas	159
3.1.3. Vidrio roto	160
3.1.4. Residuos orgánicos (basura)	160
5.2. Tipos de envasado o contenedores	160
BIBLIOGRAFÍA	152
ANEXO	153

Figura 3.45. Índice del manual de seguridad para personal fijo y transitorio

Una vez inventariados los equipos existentes en los laboratorios del DEMEX se elaboró los respectivos manuales de manejo o instrucción, que no son más que documentos informativos básicos e imprescindibles que van a permitir el buen uso de las máquinas.

Dentro de estos se indica el nombre del equipo, las precauciones de trabajo que se deben tomar en cuenta, su manejo, el cuidado que se debe tener al momento de la limpieza y se indica el equipo de protección personal que se debe utilizar cuando se pone en marcha cada una de las máquinas. Estos se colocaron junto a cada uno de ellos, un ejemplo se muestra en la figura 3.46.

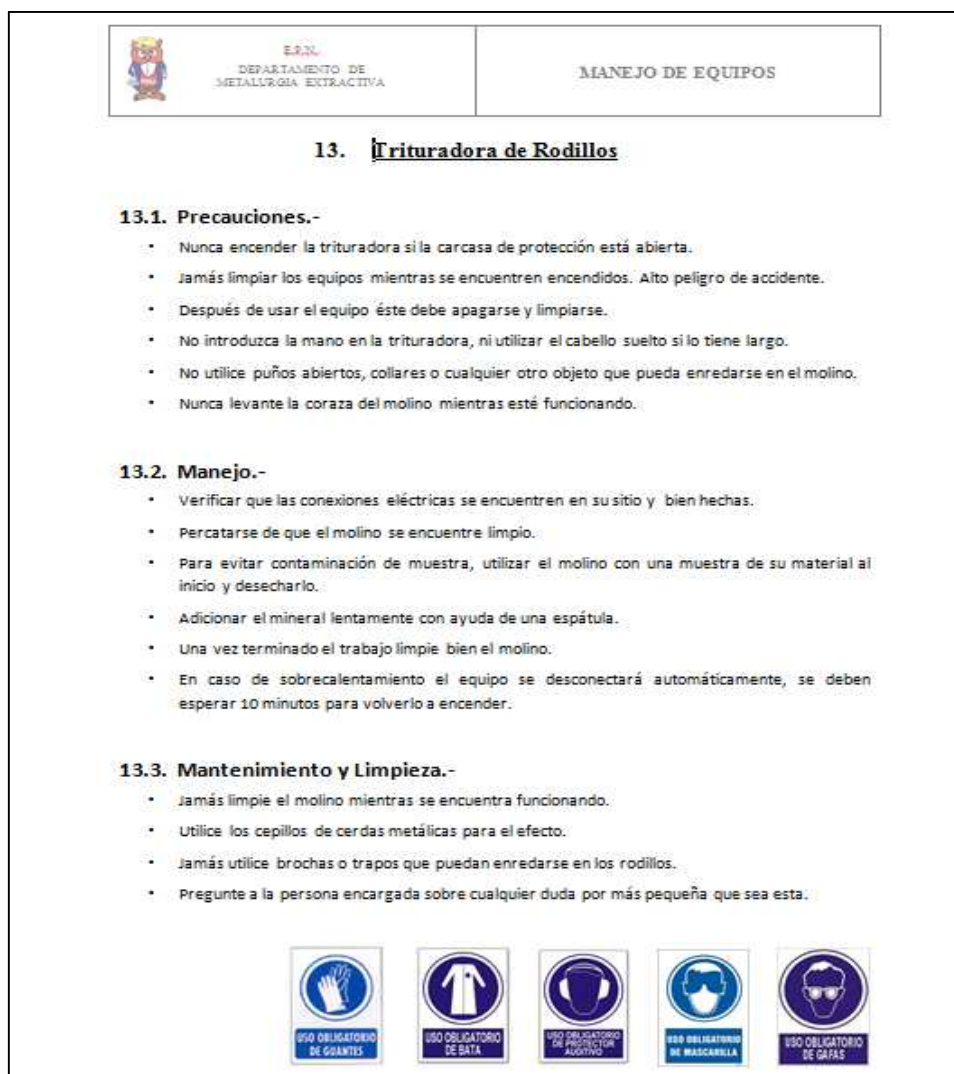


Figura 3.46. Instructivo para operar equipos del DEMEX

Es imprescindible que se efectúe tanto el mantenimiento como las revisiones necesarias de las máquinas, por eso se debe tener registros documentados de cualquier cambio, revisión o modificación realizada.

Estas fichas informativas proporcionan datos para una futura planificación y facilita al personal de mantenimiento o a otras personas el conocer las acciones que fueron hechas sobre dichos equipos. Un modelo de ficha se muestra en la tabla 3.18.

Tabla 3.18. Modelo del fichas informativas para registro de revisión y mantenimiento de máquinas existentes en el DEMEX

REGISTRO DE REVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS						
Tipo de máquina/equipo:			Servicio requerido:			
Responsable de revisión:						
ASPECTO A REVISAR	FRECUENCIA DE LA REVISIÓN					
	Programación		Programación		Programación	
	Fecha	Firma	Fecha	Firma	Fecha	Firma
MANTENIMIENTO:						
1						
2						
3						
LIMPIEZA:						
1						
2						
3						
SEGURIDAD:						
1						
2						
3						

Cabe indicar que no se efectuará ninguna modificación a los equipos especiales (Microscopio electrónico de barrido, Difractómetro de rayos X, Absorción atómica, Espectrofotómetro de chispa, Analizador de superficie y tamaño de poro), a menos que lo haga el personal calificado y designado por la respectiva empresa proveedora.

Es imprescindible la revisión y el mantenimiento programado de las máquinas para que inclusive el trabajo que se realiza dentro del laboratorio no sufra interrupciones. Todos estos procedimientos deben tener su registro respectivo.

Como ya se mencionó, algunas de estas revisiones las podrá realizar tanto el responsable técnico del DEMEX como el personal asignado por el Departamento de Servicios Generales de la Escuela Politécnica Nacional, esta petición se la hace utilizando el formato que está en el anexo V.

3.7.3 PLAN DE TRATAMIENTO PARA EFLUENTES

Un laboratorio de química genera muchos y muy variados residuos químicos. No se conoce un método universal para tratar dichos residuos, no obstante pueden diseñarse estrategias las cuales aplican los principios de la química, lo que debe hacerse es tratar de minimizar los desechos, lo cual se logra reduciendo la cantidad de reactivos utilizados en los experimentos.

No todos los desechos son igualmente peligrosos o se tratan de la misma manera, por lo tanto es importante enseñar a los estudiantes y a todo el personal a llevar los desechos a un sitio previamente determinado por el responsable, no es correcto arrojar los residuos por el desagüe, en este caso existen en el laboratorio canales adecuados para el desecho de minerales.

Cuando no es posible eliminar inmediatamente los residuos, se los debe almacenar en recipientes o frascos debidamente rotulados. Debido a que en el laboratorio se generan desechos y efluentes, estos se almacenan en sus correspondientes recipientes y antes de su descarga son debidamente tratados. La imagen de estos se aprecia en la figura 3.47.



Figura 3.47. Recipientes para recolección de residuos

Por esto se elaboró un plan de tratamiento para efluentes ácidos y cianurados que son los que se generan en mayor cantidad. Cada uno de estos se trató de distinta manera y con diferentes reactivos, para esto primero se midió el pH de las soluciones, se les neutralizó y finalmente se las desechó.

El procedimiento de tratamiento para efluentes ácidos y cianurados paso a paso tomando en cuenta volúmenes de efluentes y cantidades de reactivos para neutralizarlos, se lo resume a continuación:

3.7.3.1 Tratamiento de efluentes líquidos (ácidos)

En este caso se debe proceder como sigue:

- a. Recolectar los efluentes en el recipiente marcado “desechos ácidos”.
- b. Cuando el recipiente este casi lleno se deberá neutralizar estos efluentes añadiendo lechada de cal (cal+agua) en cantidades que permitan subir el pH de los residuos a valores entre 6 y 8, esto es 130 g de esta para 30 L de efluente ácido.
- c. Los efluentes una vez neutralizados pueden ser desechados directamente a la alcantarilla.

Un esquema de los pasos a seguir para el tratamiento de los efluentes líquidos de se observa en el siguiente diagrama de flujo en la figura 3.48

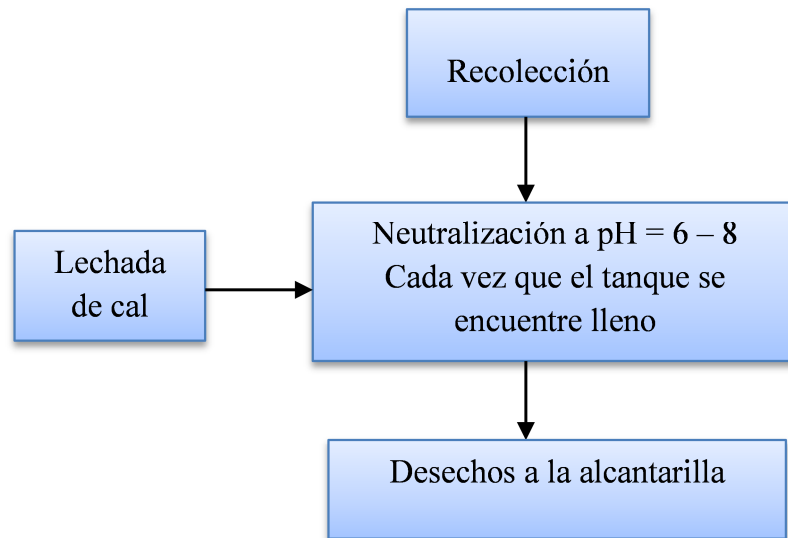


Figura 3.48. Diagrama de flujo para tratamiento de residuos líquidos ácidos

3.7.3.2 Tratamiento de efluentes líquidos con cianuro

En este caso se debe proceder como sigue:

- Recolectar los efluentes en el recipiente marcado “desechos cianurados”
- Cuando el recipiente este casi lleno se deberá neutralizar estos efluentes añadiendo hipoclorito de sodio o calcio en cantidades que permitan subir el pH de los residuos a valores entre 11 y 12, esto es 20 g de hipoclorito para 40 L de efluente cianurado.
- Se debe realizar una segunda neutralización de estos efluentes añadiendo ácido sulfúrico en cantidades que permitan obtener un pH entre 7 y 8.
- Los efluentes una vez neutralizados pueden ser desechados directamente a la alcantarilla.

Un esquema de los pasos a seguir para el tratamiento de los efluentes líquidos con cianuro se observa en el diagrama de la figura 3.49

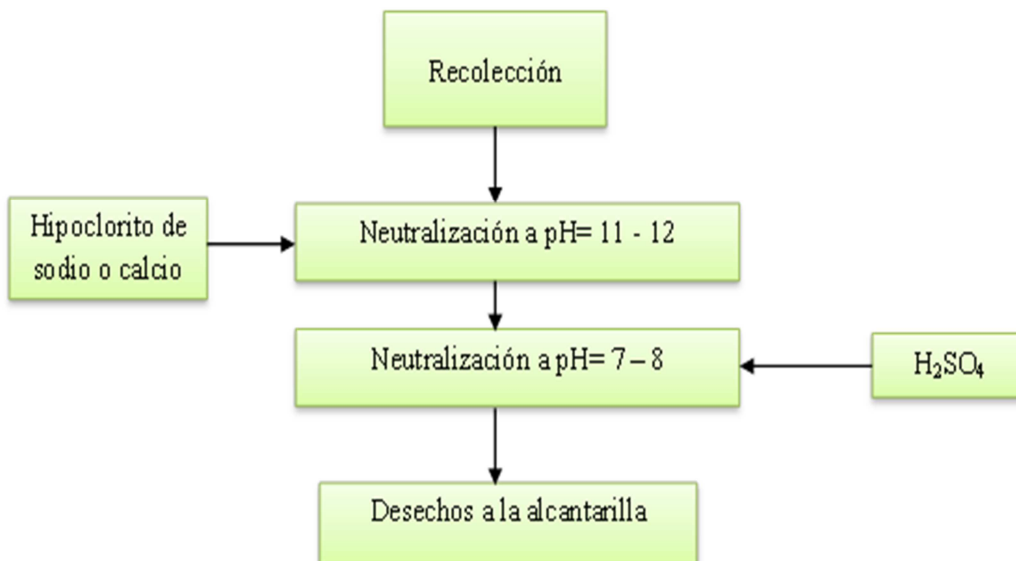


Figura 3.49. Diagrama de flujo para tratamiento de residuos líquidos cianurados

3.7.3.3 Tratamiento de efluentes orgánicos

Debido a que en el laboratorio también se generan efluentes orgánicos y el volumen de estos es pequeño, su tratamiento no fue inmediato, este se lo hace una vez al año y su eliminación se la debe hacer con ayuda de un gestor ambiental, para así evitar la contaminación y daño al medio ambiente.

En este caso se debe proceder como sigue:

- a. Recolectar los efluentes en el recipiente marcado “efluentes orgánicos”
- b. Cuando el recipiente este casi lleno se deberá incinerarlos en el horno Nichols a 800 °C
- c. Las cenizas obtenidas producto de la incineración serán tratadas como un residuo sólido mineral común

Un esquema de los pasos a seguir para el tratamiento de los efluentes orgánicos que se generan en los laboratorios del Departamento de Metalurgia Extractiva se observa en diagrama de la figura 3.50

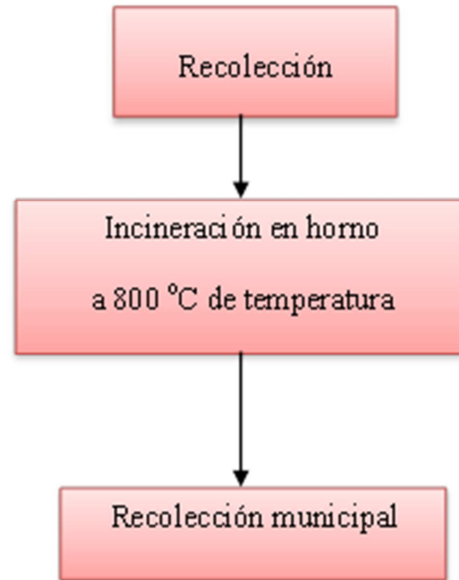


Figura 3.50. Diagrama de flujo para tratamiento de residuos líquidos ácidos

3.7.3.4 Tratamiento piloto de efluentes

Durante las distintas actividades que se desarrollan en el DEMEX se generan principalmente dos tipos de efluentes:

- a) con alta carga orgánica y
- b) con contenidos elevados de metales pesados.

Para depurar estos efluentes se está implementando una planta piloto de 20 L/d de capacidad, que es el promedio establecido de generación de dichos efluentes.

El objetivo de esta planta piloto para el tratamiento de efluentes es disminuir la concentración de los contaminantes presentes, utilizando la electrocoagulación como tratamiento primario y la fitorremediación como procedimiento secundario, para purificar los desechos líquidos hasta que estos cumplan con los valores de la normativa vigente y puedan ser descargados con seguridad.

En la figura 3.51 se presenta un esquema general del tratamiento piloto empleado para los efluentes que se generan en el Departamento de Metalurgia Extractiva, provenientes de los diferentes ensayos de investigación y asistencia técnica.

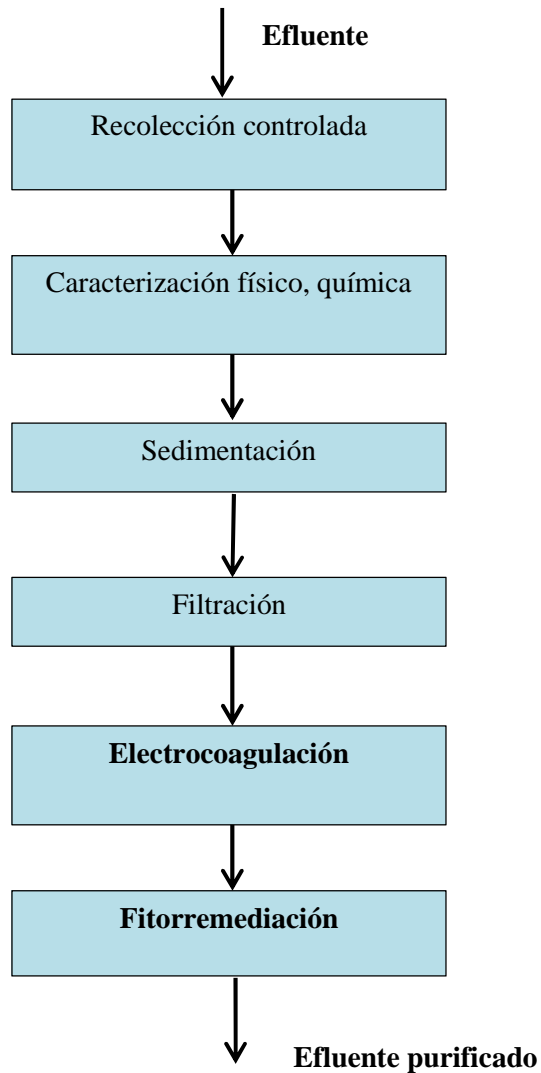


Figura 3.51. Esquema de tratamiento piloto de efluentes generados en el DEMEX

La electrocoagulación es una operación electroquímica mediante la cual las partículas suspendidas o disueltas, contenidas en el efluente se aglomeran debido a la presencia de iones cargados positivamente que desestabilizan la emulsión.

Los iones positivos son proveídos por reacciones de oxidación iniciadas por corriente continua, la cual es aplicada a ánodos de sacrificio.

La celda de electrocoagulación que se va a implantar empleará electrodos de aluminio y se esquematiza en la figura 3.52

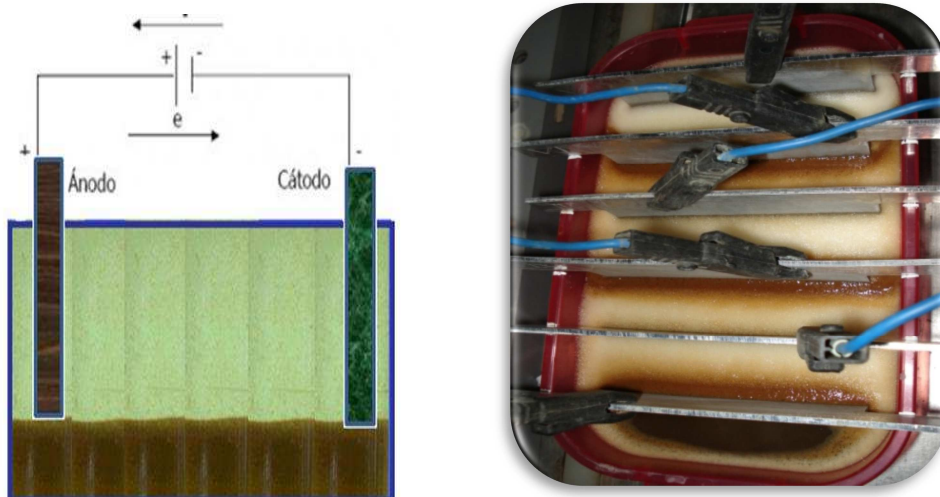


Figura 3.52. Esquema de electrocoagulación (izquierda) y celda implementada (derecha)
(Manangón, 2011, pp. 20, 73)

El sistema de fitorremediación consiste en la depuración de efluentes utilizando plantas, para definir la capacidad de absorción, el tiempo de residencia y el flujo del efluente a tratar.

Por este se harán circular 2 L de cada efluente a través de 2 humedales artificiales de 0,21 m² de área superficial que contengan 24 plantas de maní forrajero el uno y el otro con pasto elefante.

El sistema de humedales se implementará con especies desarrolladas sobre capas de grava y piedra pómez.

En la figura 3.53 se muestra tanto el detalle de la siembra como un esquema general de humedales que se utilizará.

El proceso se repetirá las veces y el tiempo que sea necesario para que la concentración de los metales pesados y el DQO sean menores a los establecidos por la ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

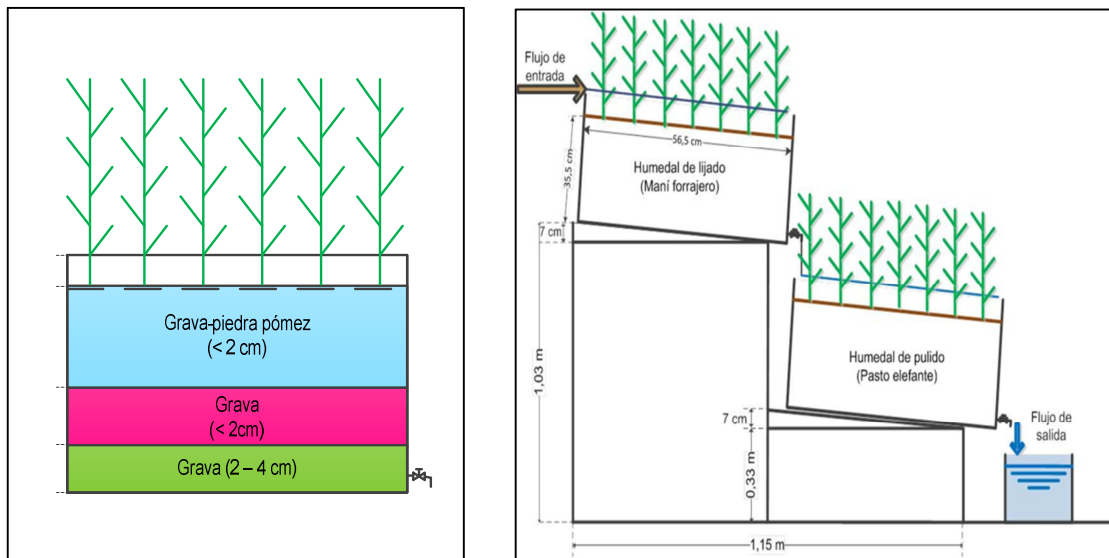


Figura 3.53. Esquema de fitorremediación para el tratamiento de efluentes (Guanoluisa, 2012, p. 81)

El sistema de humedales se instalará fuera de las instalaciones del DEMEX, cerca de la planta piloto y estará distribuido como se muestra en la figura 3.54.



Figura 3.54. Sistema de humedales empleados para el proceso de fitorremediación (Guanoluisa, 2012, p. 90)

3.8 IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE CAPACITACIÓN CONTÍNUA PARA EL PERSONAL DEL DEMEX

La capacitación continua, es un elemento fundamental para dar apoyo a todo programa orientado a fortalecer el sentido de compromiso del personal, cambiar actitudes y construir un lenguaje común (Trujillo, 2012, p. 271), el cual se expresa en esta tesis para fortalecer y lograr un cambio de cultura en seguridad industrial y salud ocupacional.

Implantar un plan de capacitación continua de seguridad industrial dentro del DEMEX valió la pena, este va enfocado a todo el personal del laboratorio tanto fijo como transitorio, por eso se lo planeó con responsabilidad para brindar seguridad y compromiso por parte de quienes se encuentran trabajando aquí.

3.8.1 DESARROLLO DEL PLAN DE CAPACITACIÓN

Para elaborar el plan de capacitación de seguridad fue necesario consolidar tres elementos importantes:

- a. Investigación de los temas que se requieren impartir para lograr un cambio basado en la seguridad y en el comportamiento de los miembros del laboratorio, mediante la identificación de riesgos, tareas críticas, investigación de accidentes, malas prácticas de laboratorio, puesta en marcha de nuevos equipos y máquinas, entre otros.
- b. Determinación del número de personas a capacitar para formar grupos de trabajo idóneos que nos permitan brindar una capacitación personalizada.
- c. Cálculo del tiempo requerido para cada tema del plan de capacitación, este se establece identificando los temas a tratar, el número de personas a quien va dirigido y el tiempo asignado por la Jefatura para realizar este programa.

3.8.2 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

En el Departamento de Metalurgia Extractiva este programa se lo ejecutará desde el mes de mayo del presente año, dentro de este se tratarán diferentes temas


relacionados a la seguridad industrial y más adelante a la salud ocupacional. Algunos de los temas a tratar se presentan en la tabla 3.19.

Tabla 3.19. Programa de capacitación a desarrollarse durante el presente año

TEMAS	2013							
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Equipos de protección respiratoria	X							
Medidas de seguridad implantadas en los laboratorios del DEMEX		X						
Manejo de extintores		X						
Equipos de protección auditiva y ocular			X					
Manejo de material de laboratorio			X					
Manipulación de sustancias químicas y señales de seguridad					X			
Primeros auxilios						X		
Preparación para emergencias							X	
Prevención de incendios								X

Adicionalmente a este programa se elaboró un formato del cronograma de capacitación, el mismo que servirá como documento de respaldo al momento que se realicen las debidas inspecciones de seguimiento y control. Eso se aprecia en la tabla 3.20.

Tabla 3.20. Formato del cronograma de capacitación a desarrollarse en el DEMEX

	CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN DEMEX				
	Tipo de curso		Fecha		Personal Responsable
	Teórico	Práctico	Inicio	Termino	

3.8.3 REGISTRO DE DATOS

Este documento es importante para respaldar físicamente el cumplimiento en cuanto a la capacitación que se va a realizar, para así dejar constancia del compromiso que adquieren todos quienes forman parte del DEMEX.

Se preparó además otro formato de control el mismo que se lo podrá emplear para cuando se realicen inspecciones de seguridad y este tendrá:

Fecha de la capacitación

Tema que se trató

Nombre del instructor

Empresa que ofrece la capacitación (en caso de personal externo)

Número de participantes

Nombre y firma de los participantes

Observaciones

3.8.4 EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

Es importante recordar que el plan de capacitación debe ser evaluado a medida que se va desarrollando, con la finalidad de reforzar temas de interés o métodos didácticos que nos permitan cumplir con el objetivo propuesto.

Dentro de este programa de capacitación se debe:

- a. Evaluar lo aprendido luego de cada actividad, conferencia, taller, entre otros
- b. Observar la reacción de los asistentes a medida que se avanza con el programa
- c. Analizar las respuestas ante condiciones y actos inseguros
- d. Escuchar sugerencias de mejoras y evaluarlas en base a lo enseñado hasta el momento
- e. Analizar los índices de incidencia, frecuencia y gravedad de forma mensual e indicar si las malas prácticas de laboratorio han disminuido por consecuencia de la cultura en seguridad que se está creando con el programa de capacitación.

El seguimiento del plan de capacitación deberá ser coordinado por el Responsable de Seguridad y será supervisado por los directivos del laboratorio, en este caso lo hará el Jefe de Departamento junto con el Jefe de Laboratorio debido a que son las personas responsables del control, seguridad y buenas prácticas de trabajo dentro de los laboratorios.

3.9 IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE INSPECCIONES PERIÓDICAS DE CONTROL

Se definió un plan de inspecciones periódicas, con el fin de verificar la fiabilidad de las medidas preventivas y correctivas implantadas en el DEMEX para los riesgos físicos, químicos y mecánicos identificados, así como también para controlar el cumplimiento de los planes de seguridad, la difusión de los documentos informativos, la puesta en práctica de los planes de capacitación, mantenimiento y tratamiento de efluentes.

Este plan aplica a todas las áreas de trabajo, máquinas o equipos sobre los cuales se hayan definido condiciones específicas de seguridad, como un elemento que minimiza la posibilidad de que se presente una lesión a las personas de planta, estudiantes, tesis y pasantes en el desarrollo de las operaciones.

Este trabajo se realizó en conjunto y bajo la supervisión de la Jefatura del Departamento, que en todo momento ayudó al continuo y permanente control de condiciones de seguridad que se mantuvieron dentro del laboratorio.

Primero se revisó la matriz de riesgos ya elaborada dentro de este trabajo y que se encuentra en la tabla 3.2 y se verificó cada una de las actividades que se realizan dentro del laboratorio para ver si se deben modificar o se mantienen tal cual, esto se lo hizo con ayuda del siguiente formato que se indica en la tabla 3.21.

Tabla 3.21. Formato de descripción de las actividades que se realizan en el DEMEX

ZONA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLE

Se verificó las condiciones de los equipos y máquinas, para esto se tomó como referencia los formatos empleados en el plan de mantenimiento que se describen en las tablas 3.18 y 3.19, los mismos que sirvieron para formar un historial de cada uno de ellos.

Adicional a lo antes indicado se aplicará al personal que trabaja en el laboratorio unos cuestionarios que incluyan de manera principal las diferentes áreas donde se realizaron las medidas y sobre todo servirán para realizar otros cambios en lugares donde se ven posibles peligros. Un ejemplo de estos se indica en la tabla 3.22.

Tabla 3.22. Modelo de cuestionario que se aplicará como apoyo para inspecciones

MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS		
Nombre del responsable:	Fecha:	
FACTORES DE RIESGO	SI	NO
Los envases con productos químicos se mantienen cerrados cuando no están en uso		
En el laboratorio se guarda como máximo la cantidad necesaria de los productos peligrosos		
Se adoptan precauciones especiales para la apertura de envases con reactivos químicos		
Las hojas de seguridad de los reactivos facilita su correcta manipulación y cuidado		
Las medidas implementadas le han brindado un trabajo seguro		
Observaciones		

Se llevarán los debidos registros de cada inspección que se realice, los mismos que servirán para constatar la gestión de seguridad que se tiene dentro del laboratorio, además se los puede utilizar en caso de que se solicite una intervención por parte de personal externo.

Este informe de inspección se entregará de manera inmediata al Jefe de Laboratorio, el mismo que lo revisará y firmará para luego archivarlo. Dentro de este constará:

- a. Datos generales del laboratorio
- b. Datos del análisis de riesgos
- c. Valoración y acciones a tomar
- d. Comentarios y sugerencias

Este plan de inspecciones es un mecanismo de control de riesgos que permite dar un mayor seguimiento a las medidas implantadas, ayuda a estar alerta y a observar detenidamente la forma de trabajar de cada una de las personas que se encuentran en el laboratorio, en resumen busca mejorar las condiciones de operación pero sobre todo busca salvaguardar la seguridad de todo el personal.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. La evaluación cualitativa de los riesgos a los que se encontró expuesto el personal del Departamento de Metalurgia Extractiva se realizó con el método RMPP (Risk Management and Prevention Program), que permitió determinar estimaciones de tipo “Importantes” en cinco de las actividades identificadas que fueron: la molienda en trituradora primaria, secundaria y molino de rodillos, la pulverización de muestras minerales y el tratamiento con ácidos.
2. La evaluación cuantitativa de riesgos a la que se encontró expuesto el personal del DEMEX, según el Método Fine determinó como grado de peligrosidad “alto” los factores de ruido y material particulado, “medio” para proyección de partículas, mantenimiento y manipulación de sustancias químicas y “bajo” para máquinas sin resguardos.
3. Para el ruido se identificó que en el área de reducción de tamaño se tuvieron valores promedios de 95,5 dB_A, que sobrepasaron el límite permisible (85 dB_A) establecido en el Decreto Ejecutivo 2393. Para la zona administrativa el valor promedio fue de 80,9 dB_A que se encontró dentro del rango permitido y no requirió acciones inmediatas de control.
4. Las medidas de control implantadas para la reducción del ruido, que permitieron llegar a valores inferiores a 85 dB_A fueron i) la construcción e instalación de cabinas de insonorización de acero inoxidable con recubrimiento interno de corcho de 9 mm de espesor en pulverizadores (BLEULER-MILL y SIEBTECHNIK), ii) el cambio de equipo generador de ruido (compresor AIR AMERICA por WPI), iii) mantenimiento a los pulverizadores y molino, iv) compra, distribución y uso obligatorio de protección auditiva del tipo individual y orejeras.
5. Para el material particulado se determinó que la concentración de PM₁₀, en períodos de gran actividad alcanzó valores de 154,6 µg/m³, esto es que superan el valor límite establecido por la Norma Ecuatoriana de Calidad del

Aire Ambiente ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El $\text{PM}_{2.5}$ es de $17,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cifra que no supera el valor de concentración establecido por la misma norma no supera el valor límite establecido ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

6. La concentración de sílice presente en el filtro empleado para el análisis del $\text{PM}_{2.5}$ fue de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que comparado con el valor límite de tolerancia (TLV-TWA), no supera la norma establecida por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) que corresponde a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
7. La presencia de cantidades superiores a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado (PM_{10}) señala la necesidad de implantar sistemas de ventilación focalizados sobre trituradoras y molinos y el uso obligatorio de protección del tipo respiradores (8210-N95) y media máscara con filtros para vapores ácidos y orgánicos con pre-filtro de polvos.
8. Para la manipulación de reactivos químicos se analizaron las hojas de seguridad (MSDS), se implantó el almacenamiento por colores según SAFT-DATA, que define el rojo para productos inflamables, el amarillo para oxidantes, el blanco para corrosivos, el azul para tóxicos y el verde para aquellos que no producen mayor afectación. Se estableció el uso obligatorio de protección personal como guantes, mandil, gafas y trabajo en campanas de extracción.
9. Se estableció un sistema de recolección controlada y la implantación de una planta piloto de 20L/día de capacidad para la depuración de efluentes generados en los laboratorios del DEMEX, con los procesos de sedimentación, filtración, electrocoagulación y fitorremediación, que permiten cumplir la normativa ambiental vigente para su descarga segura al sistema de alcantarillado.
10. La reducción de los riesgos mecánicos producidos por proyección de partículas, se logró a través del diseño, construcción e instalación de guardas y tolvas metálicas de seguridad en los equipos de trituración y el uso obligatorio de protección ocular tipo gafas.

11. Al final de este trabajo el DEMEX cuenta con medidas correctivas y preventivas implantadas en sus laboratorios para controlar riesgos físicos, químicos, mecánicos y proteger a todo el recurso humano fijo o transitorio además de documentos como: i) manual de seguridad para personal permanente y transitorio, ii) plan de mantenimiento de máquinas y equipos, iii) plan para tratamiento de efluentes, iv) plan de capacitación continua y vi) plan de inspecciones periódicas de control que permitirán el manejo eficaz y el cumplimiento de normas de seguridad necesarias para cuidar al trabajador y a su entorno laboral.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda gestionar con las autoridades de la EPN el presupuesto correspondiente para mejorar la infraestructura de los laboratorios del DEMEX y construir espacios de trabajo donde se consideren factores como: salida de emergencia, ambientes con ventilación natural y forzada, mayor distancia entre máquinas y equipos, separación de ambientes, entre otros.
2. La implantación de medidas preventivas y correctivas debe realizarse en todos los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional para garantizar un ambiente de trabajo seguro.
3. Las autoridades de la EPN deben establecer un Reglamento interno de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional que sea de cumplimiento obligatorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2001). TLVs y BEIs valores límite umbral para sustancias químicas y agentes físicos e índices biológicos de exposición. Valencia, España; ACGIH
2. Álvarez, F. J. (2009). Ergonomía y psicología aplicada: Manual para la formación del especialista. Valladolid, España: Lex Nova.
3. APHA, AWWA, WPCF. (1992). Métodos normalizados para el tratamiento de aguas potables y residuales. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
4. Armacell, C. (2008). Datos de seguridad de productos (3era. ed.). Barcelona, España: Editorial Enterprise.
5. Burbano, J. (1997). Estadísticas, estimadores y estimadores puntuales (2da. ed.). México D.F., México: Editorial Castillo S.A.
6. Carvajal, M. (2005). Factores de riesgo ocupacional. Recuperado de <http://saludocupacional.univalle.edu.co/7factoresderiesgoocupacionales.htm>. #arriba. (Noviembre, 2012).
7. Cortés, J.M. (2007). Seguridad e higiene del trabajo. Madrid, España: Editorial Tébar.
8. Decreto Ejecutivo 2393. (2010). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Quito, Ecuador: Talleres de la Corporación de Estudios.
9. Environmental Protection Agency (EPA), (1999). Recuperado de www.epa.gov/oaqps001/permits/partic/espanol/app-a.pdf (Septiembre, 2012).
10. Fenner, T. (2006). Datos de seguridad de materiales (4ta. ed.). Utha, Estados Unidos: Editorial Atrion.

11. Fernández, A. (2010). El libro de la salud. Barcelona, España: Ediciones Danae.
12. Floría-González et al. (2006). Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales II (5ta. ed.). Madrid, España: FC editorial.
13. GAMMA-MEDMIN. (2005). Principios de seguridad minera y primeros auxilios. Recuperado de http://geco.mineroartesanal.com7tiki-download_wiki_attachment.php?attId=217. (Octubre, 2012).
14. Giraldo, A. (2008). Seguridad industrial. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones.
15. Gómez-Cano et al. (1998). Evaluación de riesgos laborales (2da. ed.). Madrid, España: INSHT.
16. González, F. (1989). Higiene laboral: Confort acústico y ruido en oficinas. Recuperado de www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp. (Noviembre, 2012).
17. Guanoluisa, L. (2012). Diseño de un sistema de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario el Inga mediante electrocoagulación y fitorremediación. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
18. Henao, F. (2008a). Riesgos físicos III: Temperaturas extremas y ventilación. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones.
19. Henao, F. (2008b). Riesgos eléctricos y mecánicos. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones.
20. Henao, F. (2010a). Riesgos Físicos I: Ruido, vibraciones y presiones anormales. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones.
21. Henao, F. (2010b). Riesgos químicos. Bogotá, Colombia; ECOE ediciones.

22. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), (2003). Medidas de seguridad en máquinas: criterios de selección. Madrid, España: INSHT.
23. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), (2006a). Evaluación de riesgos laborales. Madrid, España: INSHT.
24. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), (2006b). Tomas de muestra de polvo inerte o molesto. Madrid, España: INSHT.
25. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), (2012). La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación. Madrid, España: INSHT.
26. ISTAS. (2004). Evaluación de riesgos laborales. Recuperado de <http://www.istas.net/web/b7index.asp?idpagina=1130> (Mayo, 2012).
27. J.T. Baker. (2000). Sistema de identificación de peligros SAF-T-DATA. Recuperado de <http://www.avantormaterials.com/About/Brands/J-T-Baker%C2%AE.aspx> (Julio, 2012).
28. Kiely, G. (1999). Ingeniería Ambiental (1era. ed.). Madrid, España: Mc Graw Hill.
29. Manangón, E. (2010). Evaluación de procesos no convencionales de tratamiento de efluentes acuosos generados por una empresa de mantenimiento de motores. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
30. Martí, A. (2008). Evaluación de la exposición laboral a aerosoles. Madrid, España: INSHT.
31. Méndez, F. (2009). Higiene industrial: Manual para la formación del especialista. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones.

32. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. (2012). Recuperado de <http://blogaustral.org/mantenimientoyseguridadindustrial/files/2012/04/Manual-de-tecnologias-de-medicion-de-concentracion-de-gases-y-material-particulado-en-chimeneas-y-atmosfera.pdf> (Julio, 2012).
33. Miyara, J. (2009). Niveles sonoros. Recuperado de <http://wwwfcea.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.htm> (Septiembre, 2012).
34. Mora, H. (2010). Manual del vigilante de seguridad. Alicante, España: Editorial Universitaria.
35. Niebel, B. W. (1990). Manual de seguridad industrial y métodos de trabajo (Tomo I). Bogotá, Colombia: Ediciones PC.
36. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). Manual de bioseguridad en el laboratorio. Atlanta, Estados Unidos: OMS.
37. Quishpe, A. (2011). Tratamiento de efluentes líquidos de la industria de curtido mediante precipitación química. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
38. Rodellar, A. (2000). Seguridad e higiene en el trabajo. Bogotá, Colombia: Alfaomega Grupo Editor.
39. Rubio, J. (2006). Métodos de evaluación de riesgos laborales. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
40. Ruiz, A. (2007). Salud Laboral. Barcelona, España: Editorial Elsevier.
41. SIAFA. (2009). Seguridad, higiene y medio ambiente. Recuperado de <http://www.siafa.com.ar/recursos/tlv/vlas.htm> (Enero, 2013).
42. Siles, N. (2005). Evaluación de riesgos: Planificación de la acción preventiva en la empresa. (1era.ed.). Madrid, España: Ideaspropias Editorial.

43. Sota, S. y López M. (2003). Prevención de riesgos laborales. Madrid, España: Thomson Editores.
44. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), (2011). Recuperado de <http://www.calidadambiental.com.ec/web/biblioteca-virtual/ministerio-del-ambiente/66-texto-unificado-de-legislacion-secundaria-del-ministerio-del-ambiente.html> (Octubre, 2012).
45. Trujillo, R. (2012). Planes de contingencia. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones.
46. Universidad de Santiago de Cali. (2008). Recuperado de [http://www.usc.edu.co7laboratorios77filesManual_Seguridad_Quimica\(2\).pdf](http://www.usc.edu.co7laboratorios77filesManual_Seguridad_Quimica(2).pdf). (Mayo, 2012).
47. Universidad de Zaragoza. (2010). Guía de seguridad y buenas prácticas en el laboratorio. Recuperado de <http://www.cps.unizar.es/calidad/docs/guia.pdf>. (Junio, 2012).
48. Villegas, A. (2007). Aplicación de la rizofiltración al tratamiento de efluentes líquidos cianurados. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO I

**NIVELES SONOROS PERMITIDOS SEGÚN EL DECRETO
EJECUTIVO 2393 ART. 55, LITERAL 7**

Tabla IV.1. Niveles sonoros permitidos según el DE 2393 Art. 55, literal 7

Nivel sonoro /dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

ANEXO II

RESUMEN DE LA NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE (TULAS, 04/11)

Tabla V.1. Resumen de la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente
(TULAS, 04/11)

Contaminante	Valor	Unidad	Tipo de Norma	Excedencia
Partículas Sedimentables	1	mg/(cm ² x 30d)	Acumulado en 30 días.	No se permite.
Material Particulado Respirable (PM ₁₀)	50	µg/m ³	Promedio aritmético anual.	No se permite
	100	µg/m ³	Promedio aritmético de 24 h consecutivas.	Percentil 98
Material Particulado Respirable (PM _{2,5})	15	µg/m ³	Promedio aritmético anual.	No se permite
	50	µg/m ³	Promedio aritmético de 24 h consecutivas.	Percentil 98
Dióxido de Azufre (SO ₂)	60	µg/m ³	Promedio aritmético anual.	No se permite.
	125	µg/m ³	Promedio aritmético de 24 h consecutivas.	1 vez por año.
Monóxido de Carbono (CO)	10 000	µg/m ³	Promedio aritmético móvil de 8 h consecutivas.	1 vez por año.
	30 000	µg/m ³	Media aritmética horaria.	1 vez por año.
Ozono (O ₃)	100	µg/m ³	Promedio aritmético móvil de 8 h consecutivas.	1 vez por año.
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	40	µg/m ³	Media aritmética anual	No se permite.
	200	µg/m ³	Media aritmética horaria.	No se permite.

ANEXO III

**INFORME DE RESULTADOS DE FILTRO PM_{2.5} POR ABSORCIÓN
ATÓMICA**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA**



RESULTADO DE ANALISIS

Solicitante: Evelyn Criollo
Referencia: RM-7397
Fecha: 04-04-13
Muestra: Una muestra de un filtro
Método: Absorción Atómica

Muestra	Determinación	Resultados
Filtro para PM 2,5	Silicio	<1 ug/m ³

Nota: El límite de detección es 1 ug/m³

Ing. Alicia Guevara
Jefa de Departamento

Ing. Ernesto de la Torre
Jefe de Laboratorio

ANEXO IV

**MANUAL DE SEGURIDAD PARA PERSONAL PERMANENTE Y
TRANSITORIO**

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA

**MANUAL DE SEGURIDAD EN LABORATORIO DEMEX PARA
PERSONAL PERMANENTE Y TRANSITORIO**

Quito, 2014

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	140
2. PRINCIPIOS GENERALES DE SEGURIDAD	141
2.1 . Hábitos de trabajo	141
2.2 . Normas generales de manipulación de residuos	143
2.3 . Trabajo con máquinas	144
2.4 . Accidentes	144
3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN	145
3.1. Equipos de protección colectiva	145
3.1.1. Cámaras extractoras de gases (Sorbona)	145
3.1.2. Extintores	146
3.1.3. Lavaojos	146
3.1.4. Duchas de emergencia	147
3.2. Equipos de protección personal	147
3.1.1. Protección ocular	148
3.1.2. Protección auditiva	149
3.1.3. Protección de la piel	150
3.1.4. Protección de las vías respiratorias	152
3.1.5. Protección de la cabeza	153
4. SEGURIDAD EN ÁREAS DEL LABORATORIO	153
4.1. Área de ensayo al fuego	153
4.1.1. Hornos mufla de fundición y copelación	154
4.1.2. Horno Nichols	155
4.2. Área de preparación de muestras	156
4.3. Área de reducción de tamaño	156
4.4. Área de cianuración/lixiviación	157
4.5. Disgregación de muestras	158
5. GESTIÓN DE RESIDUOS	159
5.1. Clasificación de los residuos	159
5.1.1. Ácidos y disoluciones ácidas	159
5.1.2. Sales cianuradas	159
3.1.3. Vidrio roto	160
3.1.4. Residuos orgánicos (basura)	160
5.2. Tipos de envasado o contenedores	160
BIBLIOGRAFÍA	162
ANEXO	163

1. INTRODUCCIÓN

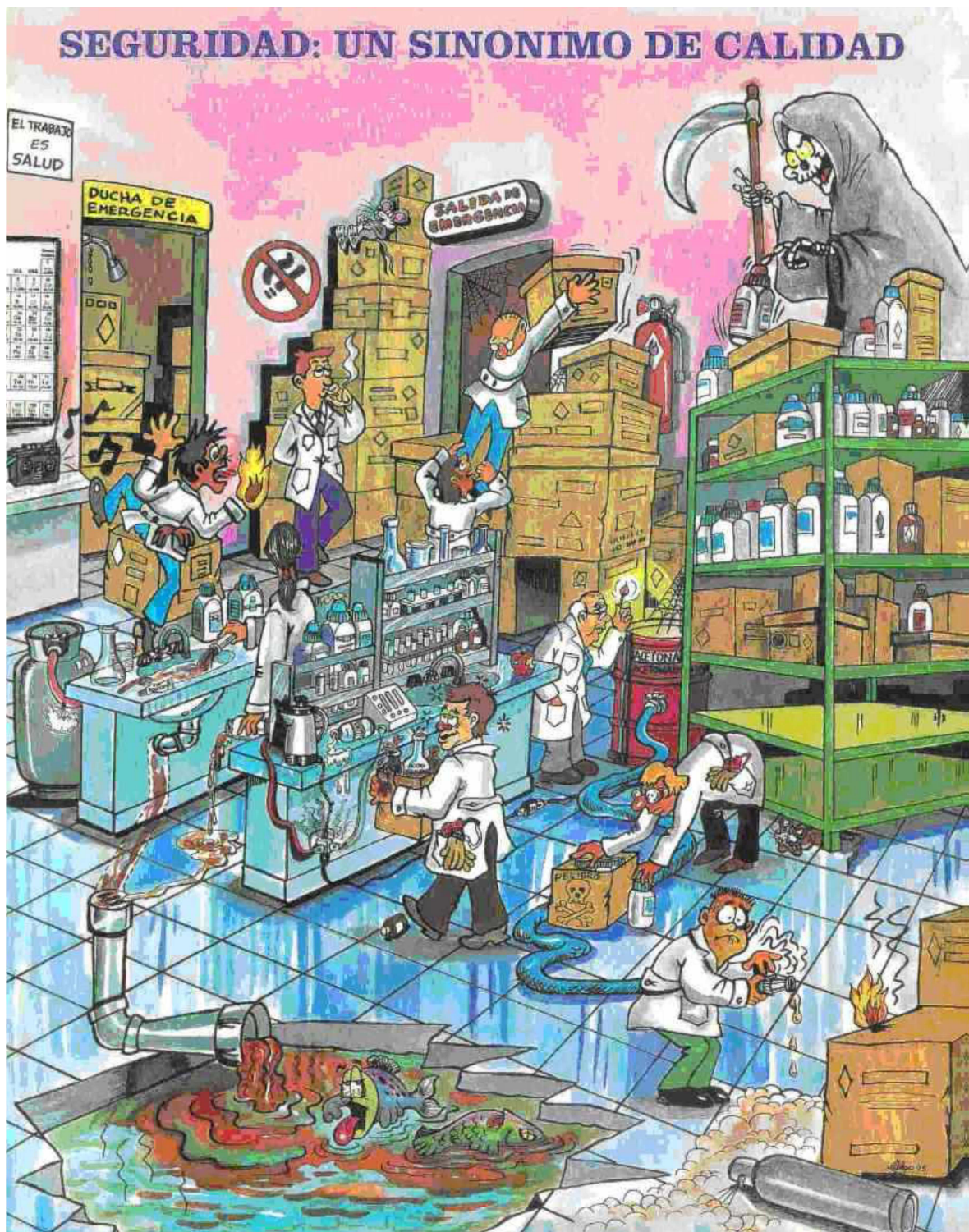


Figura 1.1. Significado de Seguridad

(Universidad Santiago de Cali, 2008)

Es evidente que cada laboratorio está sometido a determinados riesgos, unos de tipo general y otros específicos propios de la actividad desarrollada en los mismos.

Las medidas de seguridad en laboratorios son un conjunto de medidas preventivas destinadas a proteger la salud de los que allí se desempeñan frente a los riesgos propios derivados de la actividad realizada. Con ello se busca evitar accidentes y contaminaciones tanto dentro de su ámbito de trabajo, como hacia el exterior.

El presente reglamento tiene por objeto fijar normas que establecen las medidas de seguridad y prevención aplicables en las operaciones o procesos que se realicen dentro del Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX).

Aquí se ha condensado lo referente a las normas básicas de seguridad que toda persona que se encuentre desarrollando actividades en el laboratorio debe seguir.

2. PRINCIPIOS GENERALES DE SEGURIDAD

2.1. HÁBITOS DE TRABAJO

- Utilizar protectores auditivos, ya sean de tipo tapón, de orejera o cascos según los casos para impedir la entrada del ruido transmitido por vía aérea con lo cual se evitará la pérdida gradual de la audición.
- Utilizar mandil de manga larga y mantenerlo abrochado para evitar que sustancias corrosivas salpiquen sobre la ropa o este quede enganchado en las maquinas utilizadas.
- Llevar el cabello recogido para evitar que se enganche en los equipos utilizados.
- No se deben llevar pulseras, colgantes o prendas sueltas esto podría ocasionar accidentes.
- No llevar sandalias o calzado que deje el pie al descubierto para evitar accidentes con salpicadura de líquidos.

- Proteger las manos con guantes para evitar daños físicos como abrasión, cortaduras, calor o frío. Toda persona cuyos guantes se encuentren contaminados no deberán tocar objetos, ni superficies, tales como: teléfonos, lapiceros, manijas de cajones o puertas, etc.
- Las heridas deben estar cubiertas, aunque se usen guantes para trabajar debido a que los guantes pueden romperse o podría contaminarse la herida con agentes tóxicos.
- Obligatorio el uso de gafas de seguridad para proteger los ojos de sustancias que emanen vapores irritantes, impactos de partículas entre otros. Las gafas tienen un tiempo de vida útil de dos meses.
- Evitar usar lentes de contacto ya que algún tipo de sustancia puede quedar atrapado detrás de los lentes puede causar graves daños en los ojos.
- Seguir las instrucciones del profesor o persona responsable. No corra riesgos, si no sabe pregunte.
- Reportar posibles condiciones inseguras en el laboratorio.
- No entrar en el laboratorio sin que esté presente el profesor o responsable, se tiene prohibido el acceso a personas ajenas.
- Mantener una actitud responsable, no se deben gastar bromas, correr ni gritar. Evite accidentes debido a la distracción a sus compañeros.
- No comer, beber o fumar en el laboratorio de prácticas debido a que las partículas generadas durante las prácticas pueden ingresar al organismo y causar daños a la salud.
- Lavar las manos antes de abandonar el laboratorio para evitar posibles contaminaciones con los reactivos usados.
- Cumpla con todas las normas de seguridad y sobre todo use su sentido común.
- Conocer la ubicación del material de seguridad como extintores, duchas de seguridad, lavaojos, botiquín, etc.
- No trabajar nunca solo en el laboratorio.
- Nunca manipular gases sin que estos se encuentren con sus respectivas válvulas de seguridad y controles de presión.
- No utilizar ningún reactivo que no tenga etiqueta.

- Se debe etiquetar los frascos y recipientes que contengan mezclas, identificando su contenido.
- No oler, tocar, ni probar ninguna de las sustancias debido a que se puede provocar intoxicaciones o lesiones en la piel.
- No pipetear nunca con la boca.
- Utilizar campanas de gases (sorbonas) para todas las operaciones en las que se manipulen sustancias tóxicas o volátiles.
- En la dilución de ácidos, añadir siempre el ácido sobre el agua y no al revés, podría provocar una proyección sumamente peligrosa.

2.2. NORMAS GENERALES DE MANIPULACIÓN DE RESIDUOS

- Para la eliminación de residuos utilizar los recipientes destinados a tal fin como se indica en la figura 1.2.



Figura 1.2. Recipientes para recolección de residuos

- No verter ninguna sustancia peligrosa por el desagüe ya que esto puede ocasionar deterioro en las canaletas.
- Está prohibido desechar líquidos inflamables, tóxicos, corrosivos, peligrosos para el medio ambiente por los fregaderos debido a la contaminación ambiental producida y destrucción de las tuberías.

- No arrojar desechos sólidos en el fregadero, hacerlo por las canaletas existentes en el laboratorio o hacerlo en el recipiente de basura común para evitar taponamientos en las cañerías.
- Todos los reactivos preparados en el laboratorio corrosivos, tóxicos, inflamables, oxidantes, radioactivos, explosivos o nocivos deben ser etiquetados.
- El material de vidrio roto no se depositará con los residuos comunes, se reutilizara en el equipo de pulverización para su limpieza.

2.3. TRABAJO CON MAQUINAS

- Se debe usar calzado de seguridad que proteja contra cortes y pinchazos, así como contra caídas de piezas pesadas.
- No limpiar molinos cuando estos se encuentren prendidos porque puede causar lesiones al quedarse enganchada las manos.
- Al final de cada jornada de trabajo no olvide verificar que cada material y equipo utilizado esté en su respectivo lugar. Mantenga siempre la limpieza y el orden en el sitio de trabajo.

2.4. ACCIDENTES

iiii En caso de accidente, avisar al responsable de las prácticas!!!!

- Salpicaduras de sustancias en los ojos y sobre la piel: lavarse con abundante agua, empleando si es necesario la ducha de seguridad o el lavaojos, sobre todo si el producto es corrosivo o irritante.
- No intentar neutralizar y acudir al médico lo más rápidamente posible.
- Quemaduras térmicas: Lavar con abundante agua fría para enfriar la zona quemada.
- Intoxicación digestiva: Debe tratarse en función del tóxico ingerido, para lo cual se debe disponer de información a partir de la etiqueta y de la ficha de datos de seguridad.

3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN

Los equipos de protección de acuerdo a la función que tengan serán de protección colectiva y de protección individual.

3.1. EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

Son elementos de ayuda en caso de emergencias (vertidos, salpicaduras, derrames, etc.). Deben mantenerse en buen estado y al alcance para que su uso pueda realizarse con la rapidez requerida, así como debidamente señalizados. Los equipos de protección colectiva constituyen cámaras extractoras de gases, ventiladores, extintores, lavaojos y duchas de emergencia. (Universidad de Zaragoza, 2012).

3.1.1. CÁMARAS EXTRACTORAS DE GASES (SORBONA)

Estos equipos de ventilación permiten eliminar las emanaciones de gases tóxicos, vapores o polvos durante la preparación o tratamiento de muestras. El uso de este equipo no asegura la protección total por lo cual se debe usar además los equipos de protección individual.



Figura 1.3. Campana extractora

3.1.2. EXTINTORES

Los extintores son aparatos que contienen un agente o sustancia extintora que puede ser proyectada y dirigida sobre el fuego por acción de una presión interna.



Figura 1.4. Extintor de espuma de 10 lb

Si no es factible controlar los pequeños incendios que se producen en el laboratorio, por su ubicación, características, persistencia o extensión, con mantas ignífugas o textiles mojados, hay que recurrir a los extintores. Dado que existen distintos tipos de fuego, que se clasifican según se trate de sólidos, líquidos, gases o metales, también se tiene un agente extintor adecuado para cada caso: agua pulverizada, polvo, polvo polivalente, espuma o CO₂ (Mora, 2010).

3.1.3. LAVAOJOS

Es un dispositivo de seguridad que forma parte del equipamiento de laboratorio, destinado a proteger los ojos de una persona tras un accidente en el que hayan podido penetrar materiales contaminados o sustancias extrañas.



Figura 1.5. Lavador de ojos de emergencia

Las lentes de contacto deben extraerse lo más pronto posible para lavar los ojos y eliminar las sustancias químicas peligrosas. En todo caso es muy recomendable no usar lentes de contacto en el laboratorio.

El agua no se debe aplicar directamente sobre el globo ocular, sino a la base de la nariz, esto hace que sea más efectivo el lavado de los ojos, extrayendo las sustancias químicas (los chorros potentes de agua pueden volver a introducir partículas en los ojos) (Universidad de Zaragoza, 2010).

3.1.4. DUCHAS DE EMERGENCIA

Son una parte integrante del laboratorio y se utilizan en accidentes por ácidos, bases u otros líquidos peligrosos, cuando se prenden fuego a las ropas. Deben estar ubicados en un espacio despejado y de fácil acceso. (APHA *et al.*, 1992)



Figura 1.6. Ducha de seguridad

3.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Deben ser adecuadas para el trabajo que se realiza no generar nuevos riesgos o dificultar el trabajo, ser cómodas, adaptadas a cada persona, y que se puedan quitar y poner fácilmente. Todas las personas que ingresen al laboratorio deben usar el equipo de protección de forma adecuada [GAMA-MEDMIN, 2005; Cortés, 2007].

Recordar que el hecho de usar elementos de protección personal no elimina el riesgo ni los hace invencibles (Giraldo, 2008).

3.2.1. PROTECCIÓN OCULAR

Se utilizan gafas que protegen los ojos y deben llevarse en todo momento dentro del laboratorio. Permiten protegerse frente a los riesgos causados por proyecciones de partículas sólidas, proyecciones de líquidos (corrosivos, irritantes) y exposición a radiaciones ópticas (infrarrojo, ultravioleta, láser) (OMS, 2005).



Figura 1.7. Diferentes tipos de gafas de seguridad

No se debe utilizar lentes de contacto, caso contrario se deben tomar en consideración los siguientes peligros asociados (Universidad de Zaragoza, 2010):

- Será prácticamente imposible retirar las lentes de contacto de los ojos después de que se haya derramado una sustancia química en el área ocular.
- Las lentes de contacto interferirán con los procedimientos de lavado de emergencia.

- Las lentes de contacto pueden atrapar y recoger humos y materiales sólidos en el ojo.
- Si se produce la entrada de sustancias químicas en el ojo y la persona se queda inconsciente, el personal de auxilio no se dará cuenta de que lleva lentes de contacto.

3.2.2. PROTECCIÓN AUDITIVA

Los protectores auditivos son elementos de protección personal, utilizados para reducir el ruido que percibe una persona situada en un ambiente ruidoso. Se debe llevar protección acústica cuando el nivel de ruido sea superior a 85 decibelios. Las áreas con excesivo ruido se deben anunciar con símbolos indicando que se requiere protección acústica. Los protectores acústicos deben estar disponibles fácilmente y ser de caucho natural (Giraldo, 2008).



Figura 1.8. Diferentes tipos de protectores auditivos

Dentro del laboratorio el área que mayor exigencia de estos dispositivos de protección es el área de reducción de tamaño. Aquí se trabaja con molinos de bolas, chancadoras y pulverizadoras, los cuales producen alto nivel de ruido.

3.2.3. PROTECCIÓN DE LA PIEL

El objeto de este equipo es impedir el contacto y la penetración de sustancias tóxicas, corrosivas o irritantes a través de la piel. En caso de contacto con el producto se debe lavar inmediatamente, y si la ropa se impregno quitársela y proceder a lavar también (Universidad de Santiago de Cali, 2008).

3.2.3.1. Guantes

Las manos pueden contaminarse cuando se trabaja en el laboratorio y también son vulnerables a heridas por lo cual es necesario el uso de guantes para evitar lesiones cutáneas debidas a ácidos y álcalis. Existe un tipo de guante para cada sustancia a manipularse ya sean de látex, vinilo, nitrilo o de tipo quirúrgico. Los guantes no deben usarse fuera del área de laboratorio (Méndez, 2009).



Figura 1.9. Guantes para laboratorio

3.2.3.2. Mandil de laboratorio

Sirve para proteger la ropa y la piel de sustancias químicas que puedan derramarse o producir salpicaduras.

Se tienen diferentes tipos de materiales en función del trabajo que se realice (Méndez, 2009).

- Algodón: protege frente a objetos volantes, esquinas agudas o rugosas y es un buen retardante del fuego.
- Lana: protege de salpicaduras o materiales triturados, pequeñas cantidades de ácido y pequeñas llamas.
- Fibras sintéticas: protege frente a chispas, radiación IR o UV. Sin embargo, las batas de laboratorio de fibras sintéticas pueden amplificar los efectos adversos de algunos peligros del laboratorio. Además, algunas fibras sintéticas funden en contacto con la llama. Este material fundido puede producir ampollas



Figura 1.10. Batas de laboratorio

3.2.3.3. Protección de los pies

La protección de los pies está diseñada para prevenir heridas producidas por sustancias corrosivas, objetos pesados, descargas eléctricas y para evitar deslizamientos en suelos mojados. Los zapatos de tela absorben fácilmente los líquidos. Si se derrama una sustancia química en un zapato de tela, hay que quitárselo inmediatamente.

Se recomienda llevar zapatos que cubran y protejan completamente los pies. En el laboratorio no se deben llevar sandalias, tacones altos o zapatos que dejen el pie al descubierto.



Figura 1.11. Zapatos de seguridad de diferentes diseños

3.2.4. PROTECCIÓN DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS

Deben ser utilizados cuando existan los riesgos de acciones sobre nuestro organismo de sustancias contaminantes peligrosas contenidas en el aire respirable.



Figura 1.12. Protección de las vías respiratorias

Hay varios tipos de contaminantes: los polvos que permanecen suspendidos en el aire hasta que se depositan por gravedad. Las nieblas, que se forman a partir de líquidos condensados o pulverizados. Los humos, que se forman al vaporizarse

materiales sólidos a altas temperaturas que se condensan posteriormente. Los gases o sustancias capaces de difundirse en el aire, como el monóxido o dióxido de carbono, oxígeno, helio, nitrógeno, etc. Los vapores, que es la fase gaseosa de sustancias sólidas o líquidas a temperatura ambiente, es decir, se forman tras evaporizarse sólidos y líquidos (disolventes, gasolinas, etc.) [Cortes, 2007; OMS, 2005].

3.2.5. PROTECCIÓN DE LA CABEZA

La protección de la cabeza es una parte importante en la seguridad, para ello se utiliza cascos de seguridad. Estos cascos protegen la cabeza contra objetos que pueden caer de lo alto o contra objetos que pueden ser lanzados.

Su uso es especialmente sugerido cuando se trabaja en planta piloto ya que se tiene diferentes niveles desde los cuales se pueden caer objetos.



Figura 1.13. Casco de protección

4. SEGURIDAD EN ÁREAS DEL LABORATORIO

4.1. ÁREA DE ENSAYO AL FUEGO

Es el lugar donde se realiza la preparación de las muestras a altas temperaturas. Básicamente esta zona se preocupa de realizar los análisis en torno a la búsqueda de concentración de Oro y de Plata

4.1.1. HORNOS MUFLA DE FUNDICIÓN Y COPELACIÓN

Las muflas funcionan eléctricamente y en el panel de control se observa la temperatura a la cual esta y su límite, cuando se pasa con un margen de 5 grados este se apaga. En este aparatos se realizan pruebas de fundición, copelación, entre otras (Moncayo y Torres, 2007).



Figura 1.14. Horno mufla

- Verificar el correcto funcionamiento de las pinzas para evitar que el contenido del crisol se derrame o salpique sobre el laboratorista.



Figura 1.15. Pinzas en correcto funcionamiento

- Utilizar los equipos de protección personal: mandil, gafas, guantes de cuero, mascarilla de gases y máscara completa.
- Encienda el extractor de gases.
- Cuide su seguridad personal: no introducir la mano; no utilice mangas muy abiertas.
- En lo posible evitar que lo que se está fundiendo se derrame dentro de la mufla.

4.1.2. HORNO NICHOLS



Figura 1.16. Horno Nichols

- Estricto uso de casco, guantes, gafas, traje de altas temperaturas, botas y mascarilla.
- Verificar que el compresor este encendido ya que este limpia los gases acumulados y permite el contacto con el gas lo cual generara la combustión.
- Se deberá verificar la ausencia de vapores inflamables antes de encender una fuente de ignición.
- Si se presentan problemas en el horno se debe empezar por el apagado de las líneas de gas.

- Verificar que no exista fisuras en las líneas de gas debido a que podría ocasionar asfixia del personal.

4.2. ÁREA DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS

- Utilizar guantes, mandil, mascarilla y gafas para la preparación de muestras y de ser necesario hacerlo bajo la sorbona si esta emanan vapores.
- Para calentar sustancias inflamables no hacerlo sobre llamas directas o cerca de las mismas. Se utilizarán resistencias eléctricas o planchas calefactoras. Se prestará especial atención al punto de inflamación y de autoignición del material.
- No almacene en estantes o sobre mesas sustancias corrosivas, hágalo en estantes bajo mesadas y en caso de ácidos o álcalis concentrados (mayor de 2N) deben ser mantenidas dentro de lo posible en bandejas de material adecuado.
- Cuando se prepara una solución ácida se debe colocar el ácido sobre el agua lentamente para evitar el aumento repentino de temperatura. Este aumento puede provocar quemaduras.
- Cuando se trabaja en recipientes sobre plancha de calentamiento cubra el envase para evitar salpicaduras de la muestra.
- Todas las muestras preparadas deben ser rotuladas con la fecha y el número de identificación del estudiante.

4.3. ÁREA DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO

El área de reducción de tamaño está conformada por tres chancadoras, un molino de bolas en seco y uno en húmedo, un molino de rodillos y dos pulverizadores.



Figura 1.17. Área de reducción de tamaño

- Utilizar guantes, gafas, mascarilla y mandil para evitar contaminación por los polvos generados.
- Encender el ventilador para eliminar las partículas de polvo suspendidas en el aire.
- No utilizar pulseras o bufandas las cuales pueden quedar sujetos en los equipos ya que pueden ocasionar accidentes.
- Para realizar la limpieza de los equipos (chancadoras, molinos) cerciórese de que se encuentren apagados. Nunca introduzca las manos mientras estén funcionando.

4.4. ÁREA DE CIANURACIÓN/LIXIVIACIÓN

Cianuración: Método para extraer oro y plata contenidos en minerales o concentrados, disolviéndolos en una solución débil de cianuro de sodio o potasio.

Lixiviación: Proceso en que un compuesto metálico soluble se extrae del mineral o concentrado disolviéndolo en un solvente



Figura 1.18. Área de cianuración/lixiviación

- Utilizar guantes, gafas, mandil y mascarilla durante toda la realización de los experimentos.
- Regular el pH de la solución a cianuro ($> 10,5$) ya que a pH menores a 10,5 se genera ácido cianhídrico lo cual puede ocasionar la muerte por inhalación de los vapores.
- Durante la lixiviación ácida no puede ser realizada la cianuración ya que se puede generar ácido cianhídrico.

4.5. DISGREGACIÓN DE MUESTRAS

- Utilizar guantes, gafas, mandil y mascarilla para evitar salpicaduras en la piel de sustancias químicas corrosivas y la inhalación de vapores tóxicos.
- Cuando se trabaja con ácidos se debe encender la sorbona para evitar la dispersión de los vapores ácidos.
- Al trabajar en la sorbona se debe bajar la ventanilla hasta el nivel del antebrazo para evitar salpicaduras.

5. GESTIÓN DE RESIDUOS

Dentro de los residuos, uno de los más peligrosos son los producidos en los laboratorios por su alto grado contaminante. Estos por lo tanto requieren cierto tipo de tratamiento en su recolección.

5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

En el laboratorio se producen diferentes tipos de residuos los cuales dependiendo de sus características deben recibir un tratamiento específico para su envasado y posterior eliminación. Se propone los siguientes grupos de clasificación.

5.1.1. ÁCIDOS Y DISOLUCIONES ÁCIDAS

Corresponden a este grupo los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas. Debe tenerse en cuenta que la mezcla de diferentes ácidos en un mismo recipiente puede producir laguna reacción química que puede desprender gases tóxicos e incrementar la temperatura. Para evitar estos problemas se debe verter el líquido en pequeñas cantidades primero y esperar para observar alguna reacción si este no es el caso se puede verter el resto del líquido caso contrario se almacenara en un recipiente diferente (Servicio de Prevención y Salud Laboral de Madrid, 2000).

5.1.2. SALES CIANURADAS

Estas soluciones corresponden a los ensayos realizados para procesos de cianuración. Se debe verificar periódicamente (cada dos días) el pH de los residuos para evitar el desprendimiento de gases tóxicos (el ácido cianhídrico que debe estar a $\text{pH} < 10,5$).

5.1.3. VIDRIO ROTO

Este residuo no es un tóxico pero puede causar heridas a los laboratoristas si no son tratados adecuadamente. El material roto será colocado en un recipiente en el área de reducción de tamaño como se observa en la figura 1.19. Este servirá posteriormente para realizar la limpieza del pulverizador.



Figura 1.19. Envase para vidrio roto

5.1.4. RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS (BASURA)

Este grupo corresponde a la basura general que no es considerada un residuo peligroso. Se colocara en un solo recipiente.

5.2. TIPOS DE ENVASADO O CONTENEDORES

Para el envasado y correspondiente separación de los residuos, se emplearán distintos tipos de bidones o recipientes dependiendo del tipo de residuo, de la cantidad producida, y de la capacidad de almacenaje existente. Entre los tipos de envase se tiene:

- Garrafas de polietileno de alta densidad resistentes a la mayoría de los productos químicos, de 5 o 30 litros de capacidad.
- Bidones de polietileno de 60 o 90 litros de capacidad de boca ancha, destinados a material desechable contaminado.
- Cajas estancas de polietileno con un fondo de producto absorbente, preparadas para el almacenaje y transporte de reactivos obsoletos y otros especiales.
- Envases de cartón rígido de un solo uso de 30 o 60 litros, con bolsa interior de polietileno y doble sistema de cierre, homologados y rotulados para residuos biopeligrosos.
- Envases de 1 o 2 litros, para agujas, objetos punzantes o cortantes, puntas de pipeta, etc.



Figura 1.20. Clasificación de envases para residuos

BIBLIOGRAFÍA

APHA, AWWA, WPFC, 1992, "Métodos normalizados para el tratamiento de aguas potables y residuales", 17 Edición, Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España, pp. 170 – 175

Cortes, J., 2007, "Seguridad e Higiene del Trabajo", Novena edición, Editorial Tébar, Madrid, España, pp. 489-500.

GAMMA-MEDMIN, 2005, "Principios de seguridad minera y primeros auxilios", http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=217, (Abril, 2012).

Giraldo, A., 2008, "Seguridad Industrial", Primera Edición, Ecoe Ediciones, Bogotá, Colombia, pp. 49-59.

Méndez, F., 2009, "Higiene industrial. Manual para la formación del especialista", Novena edición, Editorial Lex Nova, Valladolid, España, pp. 178 -180.

Mora, H., 2010, "Manual del vigilante de seguridad", Segunda edición, Editorial Universitaria, Alicante, España, pp. 235 -238

Norma NTE INEN 439, 1984, "Colores, señales y símbolos de seguridad"

OMS, Organización Mundial de la Salud, 2005, "Manual de bioseguridad en el laboratorio", tercera edición, OMS, Atlanta, Estados Unidos, pp. 66 -72

Servicio de Prevención y Salud Laboral de Madrid, 2000, "Manual de gestión de residuos de laboratorio"

Universidad de Santiago de Cali, 2008, [http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/Manual_Seguridad_Química\(2\).pdf](http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/Manual_Seguridad_Química(2).pdf), (Mayo 2012).

Universidad de Zaragoza, 2010, "Guía de seguridad y buenas prácticas en el laboratorio", <http://www.cps.unizar.es/calidad/docs/guia.pdf>, (Mayo, 2012).

ANEXO

ANEXO I SEÑALIZACIÓN

Señales de advertencia (forma triangular, pictograma negro sobre fondo amarillo y bordes negros).

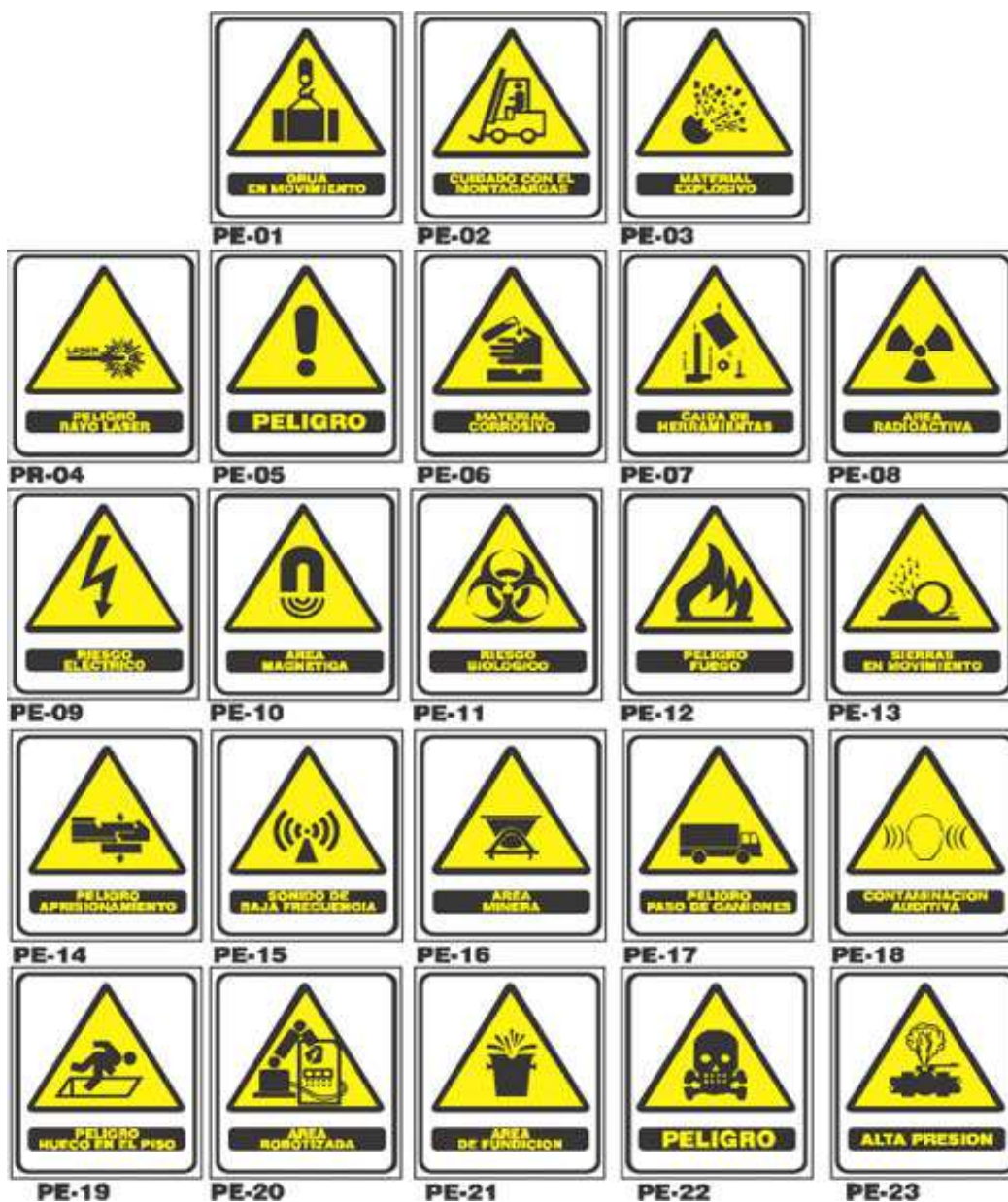


Figura A.1. Señales de advertencia

Señales de prohibición (forma redonda, pictograma negro sobre fondo blanco, bordes y banda transversal descendente de izquierda a derecha, rojos).



Figura A.2. Señales de prohibición

Señales de obligación (forma redonda, pictograma blanco sobre fondo azul).



Figura A.3. Señales de obligación

Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios (forma rectangular o cuadrada, pictograma blanco sobre fondo rojo)



Figura A.4. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios

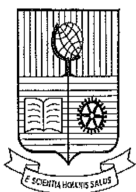
Señales de salvamento o socorro (forma rectangular o cuadrada, pictograma blanco sobre fondo verde).



Figura A.5. Señales de salvamento o de socorro

ANEXO V

**FORMATO DE SOLICITUD DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO
DE SERVICIOS GENERALES**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES



SOLICITUD DE TRABAJO

DEPENDENCIA QUE SOLICITA _____

FECHA DE SOLICITUD DIA MES AÑO

DESCRIPCION DEL TRABAJO _____

CROQUIS

SI UD. REQUIERE PUEDE ADJUNTAR OTRA HOJA PARA CROQUIS

TIPO DE TRABAJO

NUEVO

MODIFICACION

MANTENIMIENTO

UBICACION

EDIFICIO _____ PISO _____

IDENTIFICACION DEL LOCAL (NOMBRE Y/O NUMERACION)

SOLICITADO POR _____

CARGO _____

FIRMA AUTORIZADA

ESTA SOLICITUD DEBE SER PRESENTADA EN DUPLICADO

NOMBRE
CARGO

