

41
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

Manejo Seguro de Pigmentos Inorgánicos Riesgosos

TESIS MANCOMUNADA
Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO
p r e s e n t a n

FELIPE ALBERTO FLORES FAHRNOW
MAURO VEGA PONCE



México, D. F.

Año 1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Presidente: Prof. Plinio Jesús Sosa Fernández
Vocal: Prof. Silvia Elena Castillo Blum
Secretario: Prof. Erika Martín Arrieta
1er. Suplente: Prof. Ramón Edgar Martínez Belancourt
2do. Suplente: Prof. Rodolfo Torres Barrera

Sitio Donde se Desarrolló el Tema:

Industria y Biblioteca de la Facultad de Química

Asesor del Tema:

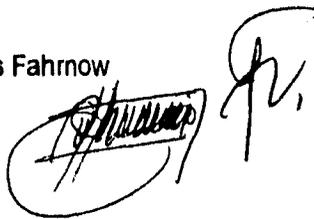
Prof. Erika Martín Arrieta



Sustentantes:

Felipe Alberto Flores Fahrnow

Mauro Vega Ponce



A mis padres y mi hermano

A mi amigo Mauro

A la Dra. Erika Martin

Felipe

A mis padres, mi esposa y mis hijos

A mi amigo Felipe

A la Dra Erika Martin

Mauro

INDICE DE MATERIAS

	PAGINA
GLOSARIO DE SIGLAS Y TERMINOS TECNICOS	1
INTRODUCCION	8
I. GENERALIDADES	
1. Salud Ocupacional	
1.1 Definición	11
1.2 Papel en la industria	11
A. Identificación	14
a. Riesgos químicos	14
b. Riesgos físicos	15
c. Riesgos biológicos	16
B. Evaluación	16
C. Control	17
a. Control de ingeniería	18
b. Controles administrativos	18
c. Equipo de protección personal	18
2. Toxicología	
2.1 Definición	20
2.2 Toxicidad y riesgo	21
2.3 Exposiciones y dosis	25
2.4 Clasificación de las sustancias tóxicas	27
2.5 Almacenamiento en el cuerpo y excreción de las sustancias tóxicas	29
2.6 Biotransformación	30
2.7 Susceptibilidad individual	31
2.8 Sitios de acción de las sustancias tóxicas	32
2.9 Prevención y tratamiento	32

3. Pigmentos	
3.1 Definición	34
3.2 Descripción general	35
3.3 Dispersión de pigmentos	38
3.4 Clasificación general	41
3.5 Pigmentos inorgánicos riesgosos	42
A. Criterio de clasificación	42
B. Clasificación	44
C. Descripción	47

II. RIESGOS POTENCIALES

1. Daños a la salud de los trabajadores	82
1.1 Corto plazo	87
1.2 Mediano plazo	90
1.3 Largo plazo	93
2. Daños a la salud de la comunidad circundante	95

III. MANEJO SEGURO

1. Procedimientos de operación	96
2. Prácticas de higiene personal y colectiva	97
3. Equipo de protección personal requerido	98
4. Recepción en planta	120
5. Almacenamiento	122
6. Distribución interna	124
7. Procesamiento	126
8. Residuos y desechos	133
9. Control de derrames	134
10. Guías generales para el manejo seguro	135
11. Programas de inspecciones y monitoreos personales y ambientales	137

IV. ALTERNATIVAS DE SUSTITUCION DE PIGMENTOS INORGANICOS RIESGOSOS	
1. Antecedentes	143
2. Criterios de sustitución	144
V. CONCLUSIONES	147
LISTA DE TABLAS	151
LISTA DE GRAFICAS	153
LISTA DE FIGURAS	154
BIBLIOGRAFIA	155

IV. ALTERNATIVAS DE SUSTITUCION DE PIGMENTOS INORGANICOS RIESGOSOS	
1. Antecedentes	143
2. Criterios de sustitución	144
V. CONCLUSIONES	147
LISTA DE TABLAS	151
LISTA DE GRAFICAS	153
LISTA DE FIGURAS	154
BIBLIOGRAFIA	155

GLOSARIO DE SIGLAS Y TERMINOS TECNICOS

Términos técnicos usados en la industria de los recubrimientos.

Absorción de aceite

Es la propiedad que tiene el pigmento de absorber el vehículo no volátil. Se expresa como la cantidad en gramos de aceite de linaza que absorben 100 g de pigmento.

Brillo

Es el grado de reflexión de la luz por la superficie de una película de recubrimiento seco. Es medido con un brillómetro por la determinación del porcentaje de luz reflejado a diferentes ángulos por una superficie.

Disolvente

Es el líquido o mezcla de líquidos utilizados para dispersar o disolver una pintura.

Dureza

Es la resistencia al rayado que tiene un recubrimiento. Es expresada como: dureza al lápiz (6B, 4B, B, HB, 2H, etc.), dureza Sward Rocker, etc.

Monoclínica

Tipo de arquitectura cristalina en que los tres ejes cristalográficos son de longitudes desiguales, teniendo oblicua una de sus intersecciones y las otras dos en ángulo recto.

Ortorrómica

Tipo de arquitectura cristalina que se caracteriza por tener los tres ejes cristalográficos dispuestos formando ángulos rectos entre sí y con longitudes diferentes. Ejemplo: topacio, baritas, etc.

Felícula

Es una lámina o capa muy delgada y continua de material que generalmente cubre alguna superficie de un sustrato.

Pintura

Denominación común, a veces imprecisa, que se refiere generalmente al producto final líquido de color que se utiliza para recubrir superficies.

Poder cubriente

Es la capacidad de un recubrimiento para ocultar el color de la superficie o sustrato sobre el cual ha sido aplicado.

Poder tintoreo

Es la capacidad de un pigmento de manifestar su intensidad de coloración a una dispersión de pigmento blanco de óxido de zinc o bioxido de titanio.

Pseudoplasticidad

Es la propiedad que exhiben la mayoría de los fluidos no newtonianos y que se refleja en curvas de flujo convexas al eje del esfuerzo cortante y cóncavas al eje de la razón del esfuerzo cortante. Este comportamiento muestra un decremento de la viscosidad aparente al incrementarse la razón del esfuerzo cortante. Ejemplos: soluciones poliméricas, suspensiones de pulpa de papel, dispersiones de pigmentos, etc.

Recubrimiento

Es la película seca y aplicada sobre la superficie de un sustrato. Esta película aplicada tiene varias funciones como son: protección, incremento de la durabilidad, mejoramiento de la apariencia, impartición de color, etc.

Reología

Es el estudio del comportamiento y propiedades del flujo de las sustancias.

Sangrado

Fenómeno que se presenta en un recubrimiento cuando un pigmento dispersado es disuelto por la adición de un disolvente o vehículo agresivo a éste.

Sustrato

Es el material cuya superficie va a ser cubierta para ser protegida y cambiada su apariencia y color.

Tetragonal

Tipo de arquitectura cristalina en que todas las formas se pueden referir a tres ejes en ángulo recto entre sí; teniendo los dos ejes horizontales iguales mientras que el eje vertical es más largo o corto que los otros dos. Ejemplo: zirconio, casiterita, etc.

Tixotropía

Es el desarrollo de una alta viscosidad o aparente gelación en un líquido en reposo. Este estado es revertido al aplicar al líquido en cuestión un esfuerzo cortante mediante agitación.

Tono

Es el grado de intensidad de un color.

Tono puro

Es el tono obtenido al utilizar en un recubrimiento un sólo pigmento dispersado en un vehículo. También es llamado tono limpio.

Vehículo

El componente líquido de un recubrimiento que incluye: disolventes, diluyentes, resinas, secantes, aditivos, etc.

Viscosidad

Es la resistencia al flujo en un fluido. Esta propiedad es ampliamente utilizada en esta industria ya que está involucrada desde la etapa de dispersión de los pigmentos (molienda) hasta la aplicación del producto final (brochabilidad, aspersión, etc.).

Siglas usadas en Salud Ocupacional.

ACGIH

En inglés significa: American Conference of Governmental Industrial Hygienists y en español es: Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales.

BEI

En inglés significa: Biological Exposure Index y en español es: Índice de Exposición Biológica.

C

En inglés significa: Ceiling y en español es: Pico o tope. En la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1994, se menciona como: Concentración Pico (P), es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la exposición en el trabajo. Dicha concentración puede expresarse en ppm y/o mg/m³.

DOT

En inglés significa: Department of Transportation y en español es: Departamento de Transportación.

EPA

En inglés significa: Environmental Protection Agency y en español es: Agencia de Protección Ambiental.

LD 50

En inglés significa: Lethal Dose Fifty y en español es: Dosis Media Letal. Es un estimado estadístico de una cantidad de sustancia química requerida para matar al 50 % de una población de animales de laboratorio. Esta definida como la cantidad de sustancia química tóxica por unidad de peso o superficie del cuerpo que ha sido inhalada, ingerida o absorbida.

NIOSH

En inglés significa: National Institute for Occupational Safety and Health y en español: Instituto Nacional para Seguridad y Salud Ocupacional.

OSHA

En inglés es: Occupational Safety and Health Agency y en español: Agencia de Seguridad y Salud Ocupacionales.

STEL

En inglés es: Short Term Exposure Limit y en español significa: Límite de Exposición a Corto Plazo. En la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1994, se menciona como: Concentración para Exposición a Corto Tiempo, (CCT). En la cual el tiempo de exposición no deberá exceder de 15 minutos, hasta cuatro veces por jornada y con periodos de no exposición de al menos una hora entre dos exposiciones sucesivas. En todo caso, la concentración promedio ponderada en el tiempo (CPT), para la exposición total que incluya exposiciones cortas no deberá exceder a la prevista para ocho horas de exposición diaria. Dicha concentración puede expresarse en ppm y/o mg/m³.

TLV

En inglés es: Threshold Limit Value y en español significa: Valor de Confiabilidad Límite. En la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1994, se menciona como: Nivel Máximo Permisible, (NMP). Se refiere a la concentración máxima de un elemento o compuesto químico, que no debe superarse en la exposición de los trabajadores considerando sus tres categorías: CPT, CCT y P. Dicha concentración puede expresarse en ppm y/o mg/m³.

TWA

En inglés es: Time Weighted Average y en español significa: Promedio Ponderado de Tiempo. En la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1994, se menciona como: Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo, (CPT), para ocho horas de exposición diarias y en la cual la mayoría de los trabajadores expuestos no presentan efectos adversos a la salud. Dicha concentración puede expresarse en ppm y/o mg/m³.

Términos técnicos usados en Salud Ocupacional.

Aminoaciduria

Presencia de aminoácidos en la orina, especialmente en cantidades excesivas.

Astenia

Falta o decaimiento considerable de la fuerza, debilidad.

Cefalea

Dolor de cabeza de cualquier origen. Dolor que el paciente refiere a toda la cabeza y su contenido; ocasiona una perturbación de la sensación de bienestar general y de la actividad psíquica.

OSHA

En inglés es: Occupational Safety and Health Agency y en español: Agencia de Seguridad y Salud Ocupacionales.

STEL

En inglés es: Short Term Exposure Limit y en español significa: Límite de Exposición a Corto Plazo. En la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1994, se menciona como: Concentración para Exposición a Corto Tiempo, (CCT). En la cual el tiempo de exposición no deberá exceder de 15 minutos, hasta cuatro veces por jornada y con periodos de no exposición de al menos una hora entre dos exposiciones sucesivas. En todo caso, la concentración promedio ponderada en el tiempo (CPT), para la exposición total que incluya exposiciones cortas no deberá exceder a la prevista para ocho horas de exposición diaria. Dicha concentración puede expresarse en ppm y/o mg/m³.

TLV

En inglés es: Threshold Limit Value y en español significa: Valor de Confiabilidad Límite. En la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1994, se menciona como: Nivel Máximo Permisible, (NMP). Se refiere a la concentración máxima de un elemento o compuesto químico, que no debe superarse en la exposición de los trabajadores considerando sus tres categorías: CPT, CCT y P. Dicha concentración puede expresarse en ppm y/o mg/m³.

TWA

En inglés es: Time Weighted Average y en español significa: Promedio Ponderado de Tiempo. En la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1994, se menciona como: Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo, (CPT), para ocho horas de exposición diarias y en la cual la mayoría de los trabajadores expuestos no presentan efectos adversos a la salud. Dicha concentración puede expresarse en ppm y/o mg/m³.

Términos técnicos usados en Salud Ocupacional.

Aminoaciduria

Presencia de aminoácidos en la orina, especialmente en cantidades excesivas.

Astenia

Falta o decaimiento considerable de la fuerza, debilidad.

Cefalea

Dolor de cabeza de cualquier origen. Dolor que el paciente refiere a toda la cabeza y su contenido; ocasiona una perturbación de la sensación de bienestar general y de la actividad psíquica.

Cirrosis

Es la destrucción gradual de las células específicas de un órgano interno (hígado, páncreas, riñón, etc.), a consecuencia de un proceso patológico. Estas células son sustituidas por un tejido fibroso conectivo procedente de un tejido de sostén del órgano en cuestión.

Constipación

Es el retardo en la evacuación de las heces fecales en comparación al ritmo normal de una o dos veces al día.

Eczema

Afección cutánea muy común, no contagiosa, aguda o crónica caracterizada por una erupción de pequeñas vesículas muy próximas entre sí, que no contienen microbios y asientan en todas las partes del cuerpo; tiene carácter pruriginoso y no se acompaña de fiebre.

Encefalopatía

Denominación para cualquier enfermedad del cerebro. (encéfalo) en general; sinónimo de cerebropatía. La encefalopatía saturnina es el conjunto de lesiones (y por lo tanto de trastornos) cerebrales que se presentan en el envenenamiento crónico por el plomo.

Enfisema

Infiltración de un tejido por gases. Enfisema pulmonar es la dilatación patológica de los alvéolos pulmonares con atrofia de sus paredes y fusión de sus cavidades.

Fagocitosis

Es la propiedad de ciertos tipos de células de nuestro organismo de englobar en su interior diversos corpúsculos y microbios para después desintegrarlos y destruirlos mediante una acción disolvente de carácter enzimático. Las células dotadas de esta propiedad se denominan fagocitos.

Fibrosis

Producción de tejido fibroso.

Glomérulos

Son unos conglomerados de capilares sanguíneos de paredes delgadísimas a través de las cuales se produce la secreción de aquella fracción del líquido sanguíneo que constituye la orina.

Glucosuria

Es el paso anormal de cierta cantidad de glucosa sanguínea a la orina, a través del filtro renal.

Hiperfosfaturia

Presencia excesiva de fosfatos en la orina.

Ictericia

Enfermedad del hígado caracterizada por la coloración amarilla de los tegumentos debida a la retención y reabsorción intrahepática de los pigmentos biliares normales o modificados.

Intersticial

Que se sostiene en los intersticios; se dice del tejido conjuntivo o intersticial que reúne los otros tejidos entre sí, (muscular, vascular, etc.).

Metástasis

Transporte de una enfermedad de un órgano a otro, con atenuación o desaparición de los síntomas morbosos, a nivel de la primera localización.

Metabolismo

Conjunto de transformaciones físicas, químicas y biológicas que, en los organismos, experimentan las sustancias introducidas o las que en ellos se forman.

Metabolitos

Sustancias producidas en el ámbito de un órgano o de un tejido como productos finales o intermedios de las transformaciones metabólicas propias de aquel órgano o tejido. Algunos metabolitos (ácido láctico, anhídrido carbónico, etc.,) tienen una acción vasodilatadora local.

Mucosa

Es un tejido de revestimiento o membrana que recubre las paredes internas de las cavidades de nuestro organismo, existiendo así una mucosa oral, nasal, faríngea, traqueal, bronquial, esofágica, gástrica, intestinal, vaginal, uterina, uretral, etc.

Narcosis

Estado de individuo que duerme bajo la influencia de un agente exterior químico.

Nefritis

Enfermedad de los riñones (nefropatía) provocada por lesiones de naturaleza inflamatoria.

Neuropatía

Denominación para cualquier enfermedad nerviosa en general, tanto de naturaleza orgánica como funcional.

Osteomalacia

Reblandecimiento de los huesos hasta volverse flexibles como el caucho, sobreviene sobre todo en la mujer. Es debida a la descalcificación de los huesos.

Papiloma

Tumor pequeño que se desarrolla a expensas de las papilas de la piel o de las mucosas.

Parestesia

Es cualquier alteración cualitativa de la sensibilidad (estesia), consecutiva a lesiones del sistema nervioso, por irrigación insuficiente del mismo o simplemente de origen psíquico (histerismo). Son parestesias las sensaciones espontáneas de hormigueo, quemazón, entorpecimiento, picazón, prurito, dedo muerto, etc.

Piel

Es el revestimiento externo de nuestro organismo, que recubre todos sus salientes. La piel no se introduce en el interior de los conductos internos, en donde es sustituida por la mucosa.

Piorrea alveolar

Denominación cuyo significado literal es " flujo de pus del alveolo dentario ", se indica por una inflamación purulenta crónica que compromete la estabilidad de los dientes, minando su base al destruir el ligamento alveolar que fija la raíz del diente al fondo del respectivo alveolo.

Región linfática

Zona de nuestro organismo donde se localizan los ganglios linfáticos, que son unas estaciones de reposo y depuración de la linfa circulante. La linfa o líquido linfático es un líquido claro, rico en nutrientes que se filtra a través de las delgadísimas paredes de los capilares sanguíneos bañando y nutriendo las células de los diversos tejidos.

Ribete gingival de Burton

Signo clínico que aparece en la mucosa bucal durante la fase de impregnación saturnina, la cual no constituye aún una verdadera intoxicación de plomo. El ribete se observa en el borde libre de la encía, en forma de línea o piqueteado lineal de color gris-negruzco.

INTRODUCCION

Desde sus orígenes, la humanidad plasmaba en el interior de cuevas el entorno que la rodeaba y las actividades que realizaba. Durante estas primeras expresiones artísticas e intentos de comunicación escrita, el hombre utilizó por vez primera polvos minerales naturales y pastas de origen vegetal y algunas veces animal, los cuales impartían color a sus representaciones, permitiéndole un mayor acercamiento con su realidad, resaltando así su importancia e incluso embelleciéndola.

Con el transcurrir del tiempo y el progreso de la civilización, el uso de esos polvos minerales, mismos que ahora son conocidos como pigmentos inorgánicos, fue ampliándose hasta alcanzar funciones tan variadas más allá de la decoración, como la protección del sustrato, abatimiento del costo e incremento de la durabilidad del recubrimiento, control de la conductividad eléctrica, permeabilidad, reología, etc.

Esto fue posible debido al continuo crecimiento de las industrias tanto de los pigmentos como de los recubrimientos, siendo en la primera, donde para satisfacer la demanda, ampliar la gama y mejorar la calidad, se desarrollaron procesos que permitieron sintetizar pigmentos inorgánicos con mejores propiedades y menor costo que los naturales, y complementándose con la segunda, con investigaciones sobre necesidades existentes y posibles aplicaciones futuras con mayores ventajas.

Hoy en día, ambas industrias tienen un importante papel dentro de la sociedad moderna y la economía mundial, ya que interactúan a diferentes niveles con una gran cantidad de industrias tales como la extractiva, de transformación (automotriz, plásticos, papel, alimenticia, etc.), de la construcción y decoración, pesquera, naviera, etc.

Debido a esto, la administración de los riesgos involucrados en la fabricación, proceso de transformación, almacenamiento, transportación, aplicación final como parte de un recubrimiento, y desecho de los pigmentos que presentan un alto potencial de daño a la salud, cobra especial interés tanto para el fabricante y usuario intermedio, como para el consumidor final, y en general, para cualquier persona que eventualmente esté en contacto con estos compuestos químicos.

Es práctica común, ya sea por negligencia o complacencia, de la administración de muchos de los laboratorios de instituciones de enseñanza media e incluso de algunos de enseñanza superior en México, en la mayoría de la pequeña y mediana industria nacional, así como aun en algunas de las grandes empresas, tanto nacionales como transnacionales, en donde se manejan compuestos químicos que por su naturaleza son clasificados como riesgosos o incluso tóxicos, corrosivos, etc., el carecer de instalaciones, equipo y prácticas que permitan que la integridad física y mental de los usuarios, ya sean estos, estudiantes, profesores, laboratoristas, operadores técnicos, etc., sea mantenida sin daño alguno.

Impidiendo así fomentar continuamente en dichos usuarios, el conocimiento y la conciencia para protegerse y proteger a la comunidad y al medio ambiente, y más aún, la voluntad para requerir y exigir que sean implementadas las medidas pertinentes para asegurar un ambiente de trabajo y estudio adecuado y libre de riesgos.

El presente trabajo surge de la inquietud de los autores por abordar un tema de interés y aplicación general en la industria química, dentro de un marco actual de conciencia ecológica y de salud ocupacional en la población, enfocado primordialmente hacia la pequeña y mediana industria del sector de los recubrimientos, en el cual se manejan productos que presentan un potencial de riesgo de daño a la salud y al medio ambiente, que por ser generalmente a mediano plazo, en condiciones normales de operación, muchas veces es subestimado y en casos extremos incluso desconocido.

Es propósito de los autores lograr un enfoque práctico, claro y de fácil consulta sobre cómo la industria de los recubrimientos, como usuaria de pigmentos, puede y debería administrar los riesgos inherentes a las operaciones y productos en que se involucra.

Esto bajo el entendimiento de que dichas operaciones deberán ser realizadas y modificadas y los productos diseñados de tal manera que, no involucren durante su manejo, consumo y desecho, consecuencias adversas totalmente opuestas a la finalidad para la que fueron creados.

Reconociendo que, los pigmentos inorgánicos utilizados en la industria de los recubrimientos, no representan por mucho, el sector de productos de mayor riesgo de daño a la salud, dentro de la industria química, sin embargo, el presente trabajo puede también servir como guía general y preliminar a la pequeña y mediana industria que maneje compuestos químicos riesgosos, para analizar y reflexionar

sobre las medidas y controles existentes, ya sea revisando sus políticas y procedimientos, adicionando y profundizando en puntos específicos que por su particularidad no fueron incluidos pero que sí han sido contemplados en sus aspectos generales, como son los controles de ingeniería, administrativos, uso de equipo de protección personal y prácticas de higiene industrial, así como consultando literatura técnica específica y personal profesional calificado en el asesoramiento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.

En este alcance, se proporcionan, primeramente, conceptos generales sobre Salud Ocupacional, Toxicología, Pigmentos y sus Riesgos Potenciales y posteriormente, bajo el tema de Manejo Seguro, se describe la propuesta fundamental, objetivo del presente trabajo.

Dicha propuesta ha sido inicialmente abordada por los autores partiendo de lo general como procedimientos, prácticas a implementar y equipo requerido, hasta llegar a lo particular, internándose en el desarrollo del proceso de manufactura de un recubrimiento, incluyendo también otros aspectos involucrados como disposición de residuos y desechos y control de derrames.

De esta manera, los autores proponen una alternativa basada principalmente en la implementación y seguimiento de los procedimientos y prácticas anteriormente mencionados, que permita a la pequeña y mediana industria del sector de los recubrimientos mejorar su actual administración de riesgos, reduciendo sustancialmente inversiones en instalaciones y equipos costosos.

Así pues, el papel de la Ingeniería Química en la Industria ha sido considerado esta vez, desde el punto de vista de lo requerido y recomendado para producir eficientemente sin riesgos innecesarios a la salud de los trabajadores.

I GENERALIDADES

1. Salud ocupacional

1.1 Definición

La salud ocupacional es una rama de la medicina que se ocupa de identificar los riesgos para la salud de los empleados derivados de la naturaleza de su trabajo, ayuda a evaluarlos y propone métodos para controlarlos, teniendo por lo tanto como primordial objetivo el evitar una afección, enfermedad y/o fatalidad que pueda ocurrir en o debido al ambiente de trabajo. El campo de acción de la salud ocupacional es el ámbito de trabajo como: fábrica, bodega, taller, laboratorio, oficina, etc.

1.2 Papel en la industria

En la industria actual, la salud ocupacional debe considerarse en el mismo plano de importancia de la productividad, costos, calidad y seguridad, ya que al igual que estos factores, involucra al personal de todos los niveles, desde trabajadores y supervisión de primera línea hasta gerencias locales y corporativas, puesto que al prevenir y evitar afecciones y enfermedades debidas al ambiente de trabajo se evita la disminución o eventual pérdida total de la capacidad de la fuerza laboral. Esto finalmente impacta de manera directa en estos factores y en la imagen de la empresa.

En la industria actual, los profesionales de salud ocupacional y de seguridad, generalmente trabajan en cuatro diferentes papeles: el del médico del lugar de trabajo, el de la enfermera del lugar de trabajo, el del responsable de salud ocupacional y el del personal de seguridad. Estos profesionales, están principalmente dedicados a la seguridad y salud de los empleados y son usualmente considerados como parte de la gerencia.

Los profesionales de salud ocupacional y seguridad son un factor primario en el mantenimiento de la óptima salud ocupacional del lugar de trabajo, sin embargo, otro factor no menos importante está compuesto por la gerencia y la supervisión, los cuales en una base diaria deben estar involucrados con la salud y seguridad de los empleados.

Los profesionales de salud ocupacional y seguridad se mantienen en comunicación estrecha apoyándose entre sí para lograr una cooperación recíproca. Así, el médico del lugar de trabajo es capaz de reconocer las afecciones relativas al tipo de ambiente y lugar de trabajo a través de exámenes, de tratar estas afecciones y coordinar el cuidado, de observar y prevenir futuras afecciones junto con la gerencia, supervisión, y personal de salud ocupacional. La enfermera del lugar de trabajo, junto con el médico, trata las afecciones y lesiones y efectúa los exámenes necesarios para preservar la salud de los trabajadores en todas sus ocupaciones.

Las actividades del profesional de seguridad y el de salud ocupacional frecuentemente se traslapan, y de hecho es frecuente que una sola persona llegue a asumir ambas responsabilidades.

Esto no es conveniente ya que el trabajo de seguridad cubre una base muy amplia y el de salud ocupacional tiende a ser especializado. Por otra parte ambos papeles requieren una profundidad que únicamente se logra con dedicación de tiempo completo en base diaria.

El profesional de seguridad realiza funciones diarias de administración de la seguridad, observando de manera estrecha todas las operaciones realizadas en el lugar de trabajo (administración, proceso, análisis, recepción, entrega, transportación, etc.). De esta manera, detecta, corrige y elimina riesgos potenciales. Su objetivo es prevenir el daño a equipos, materiales y personal que puede ocurrir por los riesgos propios del lugar de trabajo y minimizar interrupciones en las operaciones. A su vez, el profesional de salud ocupacional se ve involucrado en el campo del profesional de seguridad pero en un grado más técnico, mientras desarrolla estudios en el lugar de trabajo, utiliza instrumentos especiales para detectar y monitorear cualquier condición ambiental que pueda tener un efecto adverso sobre la salud del empleado; que pueda ser irritante o incómoda, o bien que pueda causar un efecto adverso sobre la habilidad que el empleado tiene para desarrollar su trabajo.

La gerencia es también un factor importante, ya que para prevenir eficazmente las afecciones y enfermedades de los empleados debidas al ambiente de trabajo, todos los niveles de ésta deben apoyar plenamente el programa de salud ocupacional, y no solamente hacerlo como un medio para reducir los costos de hospitalización y compensación para el empleado. Por supuesto que tales ahorros no deben ser ignorados pues ayudarán a justificar el costo del programa. La gerencia tiene la responsabilidad final por la salud del empleado, así como de la seguridad en el trabajo.

El supervisor, como parte de la gerencia, tiene una responsabilidad particular por la salud y seguridad de los empleados en su departamento. De hecho, debe aprender a buscar y encontrar posibles riesgos para la salud y estar preparado para mejorar las condiciones de trabajo, hacer recomendaciones a la alta gerencia o dar sugerencias a los profesionales de seguridad y salud ocupacional, acerca de como pueden ser controladas estas condiciones riesgosas.

Adicionalmente, el supervisor deberá insistir en la conservación de instalaciones sanitarias adecuadas y limpias, y asegurar que los tratamientos de emergencia y primeros auxilios estén disponibles para los empleados.

Finalmente, el empleado juega un papel importante y activo en la salud ocupacional, puesto que una vez que esté entrenado y se le haya proporcionado el equipo de protección personal, tiene como obligación mantener el nivel de conciencia de seguridad, usar el equipo proporcionado y reportar a su supervisor cualquier riesgo que pueda estar presente en su área de trabajo.

Con el soporte y cooperación de cada una de estas funciones, un programa de salud ocupacional tiene una gran oportunidad de trabajar eficientemente y lograr cabalmente sus objetivos, principalmente si son manejados siempre los tres conceptos clave de salud ocupacional: identificación, evaluación y control.

Cada una de las personas involucradas en el lugar de trabajo tiene la responsabilidad de identificar condiciones riesgosas, de ayudar a evaluar el riesgo a que están sujetos los empleados por estar expuestos a éstas y sugerir soluciones mediante las cuales estas condiciones riesgosas pueden ser controladas.

A. Identificación

La identificación de riesgos para la salud involucra el conocimiento y entendimiento de los diferentes tipos de riesgos y el efecto de éstos sobre la salud de los empleados. El proceso de identificación es básicamente cualitativo más que cuantitativo.

Los riesgos pueden ser agrupados en tres categorías generales:

- a. Riesgos químicos
- b. Riesgos físicos
- c. Riesgos biológicos

a. Riesgos químicos

Estos riesgos son los de mayor categoría en el lugar de trabajo, debido a su alta peligrosidad y a su alta facilidad para entrar en contacto con ellos de manera que causen daño. Los riesgos químicos pueden ser encontrados en diferentes formas físicas: polvos, humos, nieblas, gases, vapores y líquidos. Algunos compuestos químicos pueden ser tan dañinos o tóxicos, que aún una pequeña cantidad puede ser considerada excesiva.

Es importante clasificar los riesgos químicos de acuerdo a las diferentes formas físicas en que éstos se presentan, ya que diferentes formas físicas afectan al cuerpo de manera diferente. Así, el equipo de protección personal necesario para proteger contra un polvo, es diferente al necesario para proteger contra un gas.

Los productos químicos se introducen al cuerpo principalmente por tres rutas: inhalación, absorción por la piel e ingestión.

La inhalación es la ruta mediante la cual se introducen al cuerpo la mayoría de los productos químicos, pasando por los pulmones al ser inhalados, causando irritación en el tracto respiratorio, siendo después absorbidos en la sangre o quedando depositados en los pulmones por un largo periodo.

Algunos pueden causar reacciones internas inmediatas o reaccionar muchos años después de la exposición inicial.

La absorción por la piel es la ruta más común para la entrada de líquidos al cuerpo los cuales pueden causar tanto una reacción localizada, que se manifieste con una erupción u otras formas de dermatitis o llegar a afectar órganos internos.

La tercera ruta de entrada al cuerpo es la ingestión, la cual en la mayoría de las ocasiones se presenta cuando se come o bebe algún alimento en áreas contaminadas o se descuida el lavado de las manos y la revisión de una posible contaminación.

Así al ingerir productos químicos, éstos se absorben en el estómago y torrente sanguíneo e incluso llegan a atacar otros órganos del cuerpo.

b. Riesgos físicos

Estos riesgos constituyen otra importante fuente de problemas, incluyendo el ruido, radiación, vibración y temperaturas extremas. El ruido, es sonido no deseado, el cual es un problema ampliamente difundido en la industria y que afecta al cuerpo de muchas maneras, siendo la más obvia la pérdida parcial o total de la capacidad auditiva. Esta afección es llamada pérdida de la capacidad auditiva inducida por el ruido y no puede ser remediada por la cirugía.

El ruido puede causar también insomnio, nerviosismo, fatiga, elevación de la frecuencia cardíaca y de la presión sanguínea, náusea y dolor en los oídos. Por otra parte, su presencia dificulta el escuchar advertencias sobre algunos riesgos existentes o potenciales.

La radiación se divide en: Ionizante, la cual es altamente penetrante y puede producir serios daños en los tejidos, quemaduras en la piel y bajo exposición crónica, causar leucemia, cáncer en la tiroides y esterilidad. Este tipo de radiación incluye a los rayos X y gamma; No ionizante la cual incluye a la radiación infrarroja, ultravioleta, microondas, ondas de radio, lasers y radiación visible.

La exposición a este tipo de radiación es muy común, y puede causar severos daños en el ojo, cataratas, quemaduras en la piel, aumento en la temperatura corporal y disminución de la calidad y seguridad del trabajo.

La vibración es transmitida al cuerpo a través de los pies, los dedos, etc., causando daño a las articulaciones, los huesos, tejidos suaves y a la circulación sanguínea. Este riesgo físico se encuentra presente principalmente durante el uso de herramientas neumáticas.

Las temperaturas extremas también son comunes en la industria, el calor y el frío afectan al cuerpo interfiriendo con el sistema regulador de temperatura. El calor ocasiona pérdida de agua y sal, confusión mental, fiebre, quemaduras e incluso la muerte. Por otro lado, el frío ocasiona palidez, reducción de la circulación sanguínea en la piel y extremidades, confusión mental, congelamiento, coma y la muerte.

c. Riesgos biológicos

Los riesgos biológicos pueden derivarse de la exposición a ciertas plantas y animales, moho, bacterias, virus, polvos de granos e insectos. Las personas que trabajan en laboratorios, hospitales, granjas, industria textil, etc., están expuestas a estos riesgos biológicos. Los efectos de estos riesgos pueden ser infecciones crónicas o severas, reacciones alérgicas, dermatitis, infecciones parasitarias, etc.

B. Evaluación

El segundo principio importante en salud ocupacional es la evaluación. Esta ocurre cuando el profesional de salud ocupacional da una opinión sobre el grado de peligrosidad presente en el lugar de trabajo de los riesgos químicos, físicos o biológicos. La evaluación también es realizada para verificar si el control de riesgos está operando apropiadamente, para investigar quejas de empleados y para determinar si se cumple con las regulaciones federales y estatales.

La evaluación de un riesgo químico debe realizarse siguiendo los pasos mencionados a continuación:

Las sustancias químicas en uso deben ser observadas, para determinar qué empleados y por cuánto tiempo están expuestos a ellas. El siguiente paso, es medir la cantidad de sustancia química que está presente en el aire del lugar de trabajo mediante muestreo atmosférico.

Una muestra atmosférica puede ser una cantidad de aire colectada en un instrumento como un tubo con carbón o un filtro, o puede ser medido de una lectura directa de un monitor. Después de coleccionar la información y muestras necesarias, el profesional de salud ocupacional se remite a varios estándares, tales como los valores límite de tolerancia (TLV), para guiarse finalmente, hasta un juicio profesional sobre si existe o no un riesgo a la salud.

Después de completar las actividades de muestreo y la evaluación, deben documentarse y mantenerse en archivos permanentes, los resultados y conclusiones obtenidos del estudio para que estén disponibles para auditorías de los organismos y autoridades correspondientes.

C. Control

El control de riesgos es el paso final en el programa de salud ocupacional. El supervisor juega un papel importante en este punto y debe conocer los tres tipos principales de control existentes:

- a. Controles de ingeniería
- b. Controles administrativos
- c. Equipo de protección personal

a. Controles de ingeniería

Los riesgos del lugar de trabajo son controlados utilizando técnicas que incluyen conocimientos de ingeniería, tales como:

- + Sustitución de un material por otro menos peligroso o tóxico.
- + Modificar el proceso de tal manera, que el contacto del material con el empleado sea el mínimo posible.
- + Aislar o confinar el proceso para eliminar o reducir la exposición de los empleados a los riesgos.
- + Utilizar métodos húmedos en procesos con alta generación de polvo, como en la minería e industria del cemento para reducir la contaminación por polvo en el aire.
- + Diseñar e instalar sistemas exhaustivos de extracción tanto fijos como móviles, en los puntos donde sean generados los riesgos.
- + Entrenar a los empleados para que utilicen los controles existentes y sugieran mejoras a éstos.

b. Controles administrativos

Estos controles son reglas administrativas que programan al empleado para no sobrepasar el tiempo límite de contacto con el material, rotando al personal, intercalando tiempos de descanso, períodos de limpieza, etc. Los controles administrativos no son tan satisfactorios como los de ingeniería, ya que éstos últimos controlan al material contaminante desde su punto de origen.

c. Equipo de protección personal

Existe una amplia variedad de equipo de protección personal para diferentes situaciones y condiciones del lugar de trabajo, por ejemplo: lentes de seguridad, zapatos de seguridad, cascos, tapones para oídos,

caretas, respiradores, guantes resistentes a sustancias químicas, etc. Para establecer un eficiente programa referente al equipo de protección personal que se necesita usar en las diferentes áreas operativas, deben incluirse como mínimo los siguientes puntos:

- + Consultar con los profesionales de seguridad y salud ocupacional.
- + Identificar los riesgos para la salud en el lugar de trabajo.
- + Encontrar el mejor equipo de protección personal requerido para manejar y trabajar con esos riesgos.
- + Establecer adecuados procedimientos de uso, limpieza y mantenimiento del equipo.
- + Instruir y entrenar al personal acerca de la importancia y ventajas de usar el equipo.
- + Implementar un programa de entrenamiento formal para todos los empleados y personal de nuevo ingreso sobre el uso del equipo requerido.

La gerencia debe encargarse de proporcionar el equipo en cantidad suficiente, y la supervisión y el departamento de salud ocupacional, por otro lado, deben verificar que esté en condiciones de ser usado y disponible en el área operativa.

2. Toxicología

2.1 Definición

Toxicología es la ciencia que se encarga del estudio de los venenos, sus efectos, la acción de sus antidotos y la detección de los mismos, en los tejidos y fluidos del cuerpo.

El grado de toxicidad de los productos químicos es mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 1. Tabla de Hodge Sterner.

Dosis/Kg de peso del cuerpo (LD 50)	Grado de toxicidad	Dosis letal para un hombre de 70 Kg
Menos de 1 mg	Peligrosamente tóxico	0.01 g
De 1 a 50 mg	Seramente tóxico	0.10 g
De 50 a 500 mg	Altamente tóxico	1 g
De 0.5 a 5 g	Moderadamente tóxico	20 g
De 5 a 15 g	Ligeramente tóxico	700 g
Mayor de 15 g	Baja toxicidad	Más de 700 g

De esta manera se puede decir que todas las sustancias químicas son tóxicas, por lo tanto es necesario definir las condiciones de exposición, al igual que la cantidad de material involucrado en la misma.

2.2 Toxicidad y riesgo

La toxicidad es definida como la capacidad que tienen las sustancias químicas de causar algún daño en sitios susceptibles del cuerpo.

El riesgo está definido como la probabilidad de daños que una sustancia causaría bajo circunstancias de uso ordinario.

Existe un sistema de evaluación de toxicidad, el cual clasifica a las sustancias químicas de acuerdo a su grado de toxicidad:

- A. Desconocida
- B. No tóxica
- C. Ligeramente tóxica
- D. Moderadamente tóxica
- E. Severamente tóxica

A. Desconocida

- + No se tiene información en la literatura.
- + Se tiene información limitada de experimentos con animales, y no es posible referirla al cuerpo humano.
- + La validez de los datos publicados sobre toxicidad es cuestionada.

B. No tóxica

- + No producen efectos tóxicos bajo condiciones normales de uso.
- + Se requiere una sobredosis para producir efectos tóxicos en el cuerpo humano.

C. Ligeramente tóxica

- + Acción severa local: Una simple exposición de segundos causa ligeros efectos en la piel, mucosas y ojos.
- + Acción severa sistemática: Al prolongarse la exposición o contacto, se introduce en el cuerpo por inhalación, ingestión y/o absorción por la piel, y se producen ligeros efectos tóxicos.
- + Acción crónica local: Repetidas o continuas exposiciones de días, meses o años causan ligeros y reversibles daños a la piel, mucosas y ojos.
- + Acción crónica sistemática: Repetidas o continuas exposiciones durante días, meses o años, causan efectos ligeros y generalmente tóxicos, reversibles en la piel, mucosas y ojos.

D. Moderadamente tóxica

- + Acción severa local: Una intensa exposición de segundos o minutos, o una moderada exposición de horas produce moderada toxicidad en la piel, mucosas y ojos.
- + Acción severa sistemática: Una exposición simple de segundos, minutos u horas, la ingestión o la absorción por la piel de una simple dosis produce moderada toxicidad.
- + Acción crónica local: Continuas o repetidas exposiciones de días, meses o años, causan moderada toxicidad en la piel, mucosas y ojos.
- + Acción crónica sistemática: Repetidas exposiciones de días, meses o años causan moderada toxicidad que puede a su vez provocar cambios reversibles o irreversibles en el cuerpo humano.

E. Severamente tóxica

- + Acción severa local : Una exposición simple de segundos o minutos causa daños en la piel, mucosas y ojos que pueden llegar a ser permanentes, incluyendo el desfiguramiento.
- + Acción severa sistemática: Una exposición simple de segundos o minutos causa daños severos.
- + Acción crónica local: Continuas o repetidas exposiciones de días o meses, causan en la piel, mucosas y ojos serios daños físicos permanentes, desfiguramiento o la muerte.
- + Acción crónica sistemática: Continuas exposiciones de días o meses causan serios daños físicos permanentes o la muerte.

E) Departamento de Transportación de Estados Unidos (D.D.T.: Department of Transportation), ha publicado listados de sustancias químicas, a las cuales les ha dado una clasificación de riesgo, denominándose estas designaciones D.D.T.

A continuación se enlistan las definiciones de las diferentes designaciones existentes:

1. Material riesgoso: Es una sustancia o material que ha sido determinado como capaz de envenenar o crear un riesgo a la salud y propiedad cuando es transportado
2. Explosivo: Cualquier compuesto químico, mezcla o equipo que pueda reaccionar violentamente
 - 2.A Explosivo clase A: Material que detona o representa un riesgo máximo.
 - 2.B Explosivo clase B: En general funciona por combustión rápida más que por detonación.
 - 2.C Explosivo clase C: Cierta tipo de artículos manufacturados que contienen explosivos clase A y/o explosivos clase B como componentes pero en cantidades restringidas.
3. Agente detonante: Todo material diseñado para detonar y que tiene una probabilidad muy pequeña de iniciar accidentalmente una explosión.

4. Combustible líquido: Todo líquido que tiene un punto de autoignición arriba de 100 oF y abajo de 200 oF.

5. Material corrosivo: Todo líquido o sólido que causa visible destrucción en la piel y tejidos, o todo líquido que tiene acción corrosiva severa en el acero.

6. Líquido inflamable: Todo líquido que tiene un punto de autoignición abajo de 100 oF.

7. Líquido pirofórico: Todo líquido que tiene ignición espontánea en aire seco o húmedo abajo de 130 oF.

8. Gas comprimido: Cualquier material o mezcla que está contenido en un recipiente que excede las 40 psia a 70 oF o bien a una presión que excede las 104 psia a 130 oF. También se considera en este rubro a cualquier líquido inflamable que tiene una presión de vapor que excede las 40 psia a 100 oF.

9. Gas inflamable: Todo gas comprimido que reúna los siguientes requisitos: límites bajos de inflamabilidad, proyección de la flama o propagación de la misma.

10. Gas no inflamable: Todo gas comprimido que no sea inflamable.

11. Sólido inflamable: Todo sólido que es capaz de producir o causar fuego por fricción, retener calor, encenderse rápidamente, quemarse vigorosa y persistentemente y crear un riesgo serio de transportación.

12. Peróxido: Todo compuesto químico que contiene al grupo -O-O- .

13. Oxidante: Cualquier sustancia que estimula la combustión de la materia orgánica.

14. Veneno tipo A: Veneno extremadamente peligroso, ya sea gas, líquido o sólido, que con una pequeña cantidad mezclada con el aire sea peligroso para la vida.

15. Veneno tipo B: Veneno menos peligroso, gas, líquido o sólido (incluyendo pastas y semisólidos), que son conocidos como tóxicos para el hombre.

16. Material irritante: Todo material que al contacto con el fuego provoca humos irritantes y peligrosos, no incluye venenos del tipo A.

17. Agente etiológico: Todo microorganismo o su toxina, que puedan ocasionar una enfermedad.

18. Material radioactivo: Todo material o combinación de materiales que espontáneamente emiten radiaciones y tienen una actividad específica de por lo menos 0.002 microcuries por gramo.

2.3 Exposiciones y dosis

Exposición es el periodo de tiempo medido en segundos, minutos, horas, días, meses, etc., durante el cual se realiza una actividad determinada bajo la presencia o contacto de un agente generador de riesgo.

Exposición severa: Considerada cuando existe la presencia de sustancias químicas de severa toxicidad que pueden ser absorbidas por la piel, inhaladas o ingeridas. Generalmente es evaluada en segundos, minutos u horas.

Exposición subcrónica: Considerada cuando existe la presencia de sustancias químicas de moderada toxicidad. Se encuentra entre los límites de una exposición severa y de una exposición crónica y es medida en días y meses, teniendo una duración máxima de 90 días.

Exposición crónica: Considerada cuando existe la presencia de sustancias químicas de ligera toxicidad. Se aplica para contactos con la piel e inhalaciones durante periodos mayores de 30 días. Es medida en días, meses o años.

La dosis es el factor más importante para determinar si una sustancia química producirá efectos tóxicos o no. Para la comparación de las toxicidades de diferentes sustancias químicas, la DOSIS MEDIA LETAL (LD 50), es generalmente usada como norma o criterio y está definida como la cantidad de sustancia química tóxica por unidad de peso o superficie del cuerpo, que ha sido inhalada, ingerida o absorbida.

La dosis media letal es un estimado estadístico de una cantidad de sustancia química requerida para matar al 50% de una población de animales de laboratorio. Al definir una dosis media letal es importante describir sus condiciones experimentales: vía de administración, exposición, especie, género, edad, sexo, dosis, temperatura, humedad, formulación de la sustancia, etc.

La Conferencia Americana de Higiene Industrial ha definido los niveles máximos de exposición humana en la industria, llamándolos Valores Límite de Tolerancia (TLV). Estos valores son referidos a concentraciones en el aire de una sustancia química, a las cuales un individuo puede ser repetidamente expuesto durante 8 horas al día y 5 días a la semana.

Estos valores son definidos para:

- + Evitar cambios en la bioquímica y estructura del cuerpo.
- + Evitar reacciones funcionales, las cuales pueden no tener efectos discernibles en la salud.
- + Evitar irritaciones u otros efectos adversos.

Los valores TLV para gases y vapores son expresados en partes por millón, ppm; pero los TLV de humos, nieblas y algunos polvos, están dados en miligramos por metro cúbico, mg / m³. De esta manera, se necesita utilizar la siguiente fórmula para convertir los valores de mg / m³ a ppm y viceversa:

$$\text{Concentración (ppm)} = \frac{\text{mg/m}^3 * 24.45 * 760 * T + 273}{\text{PM} * P * 298}$$

- PM = Peso molecular de la sustancia.
- P = Presión de la atmósfera laboral en mm Hg.
- T = Temperatura de la atmósfera laboral en oC.
- 24.45 = Volumen molar en (lts / mol) a 25 oC y 760 mm Hg.
- 760 = Presión normal en mm Hg.
- 298 = Temperatura normal en oK.

2.4 Clasificación de las sustancias tóxicas

Las sustancias tóxicas se pueden clasificar de acuerdo a su estado de agregación y forma física o tomando en cuenta las características farmacológicas que presentan.

Clasificación por estado de agregación

1. Polvos

Son partículas sólidas de varios tamaños producidas por el manejo, molienda, detonación, trituración o desgaste de rocas, minerales, metales, carbón, madera, etc. Estas partículas pueden ser tan pequeñas que no llegan a ser vistas en el aire y pueden introducirse en los pulmones y dañarlos, pudiendo así existir un problema de exceso de polvo aunque el aire se vea "limpio". Debido a que el polvo se sedimenta, una capa visible de polvo sobre una superficie es buen indicador de que los sistemas de ventilación no están funcionando adecuadamente.

2. Humos

Son partículas sólidas suspendidas en el aire, las cuales son más finas y pequeñas que las de los polvos y son producidas por condensación de los metales, volatilizadas durante su fundición, (por ejemplo: plomo, cadmio, zinc, etc.). También pueden ser oxidadas en el aire, formando los óxidos correspondientes e introduciéndose como partículas lo suficientemente pequeñas, que se pueden depositar en el interior de los pulmones. Por otro lado, existen humos producidos por partículas desprendidas durante la combustión del carbón, madera, tabaco, etc. Estas partículas son más pequeñas que las anteriores y pueden depositarse más profundamente en los pulmones.

3. Nieblas

Son gotas de líquidos suspendidas en el aire, producidas por condensación de gases, por salpicadura, espumación o atomización de un fluido en la fase gaseosa.

4. Vapores

Son sustancias químicas en estado de agregación gaseoso que normalmente se encuentran como líquidos o sólidos, pero que debido a que su presión de vapor es igual o mayor a la atmosférica, tienden a pasar al estado gaseoso. Los vapores se forman aún a temperatura y presión atmosféricas.

5. Gases

Son sustancias químicas que se encuentran en un estado de agregación en el cual las fuerzas de repulsión entre las moléculas son muy altas, y tienden a ocupar el total del volumen del recipiente que las contiene.

6. Líquidos

Son sustancias químicas que se encuentran en un estado de agregación en el cual las fuerzas de repulsión son menores que en los gases y toman la forma del recipiente que las contiene pero sin ocupar todo su volumen.

7. Sólidos

Son sustancias químicas que se encuentran en un estado de agregación en el cual las fuerzas de atracción logran mantener una estructura con una forma definida y ocupando el menor volumen posible.

Clasificación farmacológica

1. Irritantes

Son sustancias químicas cuyo principal efecto en el cuerpo es la irritación, la cual puede ser severa si es ocasionada por una exposición simple de alto nivel o crónica, si es ocasionada por exposiciones repetidas de bajo nivel.

2. Asfixiantes

Son sustancias químicas las cuales desplazan el oxígeno del aire hasta causar la muerte por sofocación.

3. Anestésicos o narcóticos

Son sustancias químicas que producen somnolencia, disminución en la percepción y funciones motrices. Estas sustancias en grandes cantidades pueden causar estupor, convulsiones, coma e incluso la muerte.

4. Cancerígenos

Son sustancias químicas que pueden producir cáncer o que propician su propagación.

5. Mutágenos

Son sustancias químicas que afectan los genes del sistema reproductor de tal manera, que el feto que será creado tendrá anormalidades, tanto malformaciones como daños o enfermedades internas. Afecta a personas de ambos sexos.

6. Teratógenos

Son sustancias químicas que afectan a un feto en desarrollo provocando malformaciones. Afecta a personas embarazadas.

7. Embriotóxicos

Son sustancias químicas que afectan a un feto en desarrollo provocando lesiones o enfermedades internas. Afecta a personas embarazadas.

2.5 Almacenamiento en el cuerpo y excreción de las sustancias tóxicas

Muchos materiales tóxicos son almacenados o retenidos en los tejidos del cuerpo en la forma original de la sustancia o como metabolitos y son excretados después de semanas, meses o años. Las partículas inhaladas pueden ser fagocitadas y almacenadas en los nodos de la región linfática donde pueden permanecer relativamente inertes. La excreción de las sustancias químicas o sus metabolitos, toma lugar durante la espiración del aire, desalojo de las heces fecales, orina, saliva, sudor, leche materna, etc. El medio de excreción más importante es la vía

urinaria. La combinación de sustancias químicas puede provocar efectos aditivos, disminuir los efectos o no producir efecto alguno en la excreción.

Las sustancias químicas polares pueden ser excretadas sin sufrir cambio alguno, pero la mayoría son metabolizadas y conjugadas. La mayor parte de las sustancias químicas son filtradas por los glomérulos y difundidas a través de las membranas de las células.

2.6 Biotransformación

Hasta ahora son conocidos once mecanismos para llevar a cabo la alteración química de sustancias en el cuerpo. Tales biotransformaciones varían de una especie a otra y por lo tanto difieren entre los animales de laboratorio y los humanos. Entre las principales se encuentran la oxidación y la reducción.

Oxidación

La estructura molecular determina la manera por la cual, las sustancias químicas son oxidadas. Generalmente esta oxidación sucede principalmente en el hígado. Así, los alcoholes primarios, alifáticos o aromáticos son transformados en aldehídos y posteriormente en ácidos. Los grupos metilo son oxidados a grupos carboxilo con alcoholes primarios y aldehídos como intermediarios. En la serie alifática, los alcoholes tales como el etanol son convertidos totalmente a bióxido de carbono y agua. Muchas sustancias aromáticas son transformadas a fenoles ya que raramente el anillo aromático es abierto por la biotransformación.

Reducción

Pocas sustancias químicas son reducidas, la mayoría son oxidadas en el cuerpo. Las cetonas son convertidas a alcoholes secundarios, los grupos nitroaromáticos en aminas con hidroxilaminas como intermediarios.

Generalmente, la biotransformación ocurre en el hígado pero puede realizarse en la piel, pulmones, placenta y cerebro.

2.7 Susceptibilidad individual

Los siguientes factores fisiológicos juegan un papel importante en la susceptibilidad de los individuos a los efectos tóxicos de las sustancias químicas.

1. Edad

El número de enzimas hepáticas que metabolizan agentes químicos se incrementa con la edad, esto significa que individuos jóvenes pueden dar respuestas exageradas a la exposición de agentes químicos.

2. Sexo

Las hormonas sexuales femeninas producen una respuesta a la metabolización de las sustancias químicas a una velocidad menor que las hormonas masculinas.

3. Especie

La asimilación de las sustancias químicas varía en diversas especies debido al diferente grado de desarrollo de las glándulas entre los animales, e incluso, a la presencia o ausencia de algún órgano.

4. Temperatura del cuerpo

Bajas temperaturas en el cuerpo disminuyen la velocidad de biotransformación mientras que altas temperaturas la incrementan.

5. Estado nutricional

Una mala nutrición ocasiona una reducción en la concentración de enzimas proteicas que pueden metabolizar sustancias químicas.

6. Estado patológico

Algunas enfermedades como la ictericia y la cirrosis, reducen la actividad metabólica del hígado y la velocidad de excreción de los riñones.

7. Anatomía

Las diferencias anatómicas en la nariz generan diferentes grados de eficiencia en la filtración de partículas dañinas que son aspiradas.

2.8 Sitios de acción de las sustancias tóxicas

Dependiendo de la naturaleza química, estado de agregación y forma física, las sustancias tóxicas actúan en diferentes partes del cuerpo. La piel es usualmente dañada al ser expuesta a álcalis, ácidos u otras sustancias corrosivas. Los ojos, nariz, boca, garganta y pulmones pueden ser lesionados por humos y vapores generados por ácidos concentrados y otras sustancias químicas irritantes y volátiles. Una sustancia tóxica puede ser distribuida a través del cuerpo por el torrente sanguíneo y causar efectos sistemáticos en los tejidos vitales.

2.9 Prevención y tratamiento

La función más importante del profesional de salud ocupacional es la prevención de la exposición de los trabajadores a las sustancias tóxicas en el lugar de trabajo. El cumplimiento de las regulaciones de la empresa y las gubernamentales, junto con el uso adecuado del equipo de protección personal, no eliminan totalmente la exposición a las sustancias tóxicas pero sí la disminuyen en más del 90%. Es importante además, mantener disponible la información necesaria para casos de emergencia como números telefónicos de hospitales, unidades móviles de emergencia, bomberos, etc., procedimientos de primeros auxilios, etc.

El tratamiento a administrar en un caso de emergencia depende del tipo de contacto del trabajador con la sustancia química:

1. Inhalación

Retirar al paciente del Área de contaminación y proporcionarle oxígeno mediante respiración boca a boca o mediante línea de aire, removiendo cualquier pieza en su boca que pueda obstruir esta acción. Mantenerlo quieto, tibio y en posición reclinada.

2. Ingestión

Inducir el vómito, excepto cuando se sospeche la ingestión de Alcalis o Ácidos fuertes, existan convulsiones o inconsciencia. Intentar diluir la sustancia tóxica ingiriendo tres o cuatro vasos de agua, agua con jabón o leche.

3. Contacto dérmico

Diluir la sustancia tóxica con grandes cantidades de agua, y si el Área es extensa, lavar con agua tibia y jabón en abundancia. Prevenir recontaminación mediante la remoción de la ropa contaminada. Las quemaduras con sustancias químicas deben ser tratadas con grandes cantidades de agua tibia o soluciones diluidas de bicarbonato de sodio.

4. Inyección

Colocar un torniquete cerca del sitio de la inoculación sin dañar el flujo de la sangre arterial. Esta medida decrece la absorción hasta que grandes cantidades de agua u otro fluido incrementan la excreción.

En todos los casos citados anteriormente, se debe identificar la sustancia tóxica a la brevedad posible y antes de efectuar cualquier tipo de acción o tratamiento.

3. Pigmentos

3.1 Definición

Los pigmentos son materiales sólidos finamente divididos que se caracterizan por ser insolubles en agua y disolventes orgánicos, y en general, en el vehículo en el que están dispersos. Originalmente, la función de un pigmento solamente consistía en proveer color y las características de cubriente deseadas.

A los pigmentos que proveen las propiedades mencionadas comúnmente, se les llama pigmentos primarios o cubrientes. A través de los años, se encontró que los pigmentos primarios afectaban de manera importante las propiedades físicas y químicas de los recubrimientos, así como sus propiedades ópticas.

Sin embargo, también existen otros tipos de pigmentos que aún siendo también materiales sólidos finamente divididos, son incoloros y transparentes, carecen de cubriente y opacidad, porque sus índices de refracción son similares a los de las películas secas de los vehículos en los que son usados.

Debido a que la definición de los pigmentos no requiere para éstos el tener color o impartir opacidad, se les ha llamado pigmentos extendedores, pues son usados para abaratar el costo de la pintura, ya que son abundantes, de bajo costo e inertes. Además otorgan otros beneficios adicionales, tales como: mejoramiento de la dureza, resistencia y adherencia de la película, abatimiento del brillo, etc. Los pigmentos extendedores también son llamados abarataadores o cargas.

En un sistema de recubrimiento dado, se pueden diferenciar las principales funciones de los pigmentos, dependiendo de la propiedad que imparten.

1. Apariencia

Proveen color, intensidad de tono, poder cubriente, poder tintoreo, aspereza, opacidad, control de brillo, efecto de profundidad en la película, viveza, etc.

2. Reología

Producen tixotropía y pseudoplasticidad. Influyen en la viscosidad de molienda de la dispersión, de mezclado del producto terminado, de aplicación, etc.

3. Durabilidad

Proveen resistencia química, a la temperatura, a la luz, etc. También algunos pigmentos actúan como anticorrosivos, antibióticos, fungicidas, etc.

4. Economía

Sustituyen parcialmente a vehículos costosos e incluso a otros pigmentos de mayor costo, construyen estructuras en la película sólida para incluir aire incrementando el poder cubriente, etc.

5. Otras

Proveen resistencia al fuego, control de la conductividad eléctrica, estabilización de polímeros, reducción de la permeabilidad, protección a la radiación ultravioleta, etc.

3.2 Descripción general

Existen seis parámetros generales mediante los cuales se obtiene una descripción general de las partículas de pigmento:

1. Tamaño

El tamaño de partícula es medido convencionalmente por alguna dimensión lineal característica, la cual generalmente es d , la longitud del diámetro promedio de la partícula. Los diámetros de partículas de pigmento varían desde 0.01 micras para partículas coloidales muy finas hasta 100 micras para partículas gruesas. Mientras más pequeño es el promedio del tamaño de partícula de un pigmento, más resistente es éste al empaquetamiento denso.

2. Forma

Las partículas de pigmento son de formas muy diversas. Pueden ser esencialmente esferas perfectas o pueden tomar la forma de platos planos en forma de hojas o incluso de largas agujas o clavos. Existen algunos términos para describir a las partículas no esféricas, y son listados a continuación según se van alejando de la forma esférica:

- + Nodular, forma irregularmente redondeada, esférica.
- + Tableta, forma aproximadamente rectangular o de caja.
- + Plato, forma de lámina, hoja u hojuela.
- + Acicular, forma de aguja o espina.
- + Fibrosa, forma de fibra o hilo.

En la siguiente tabla se muestra la variación en tono y color dependiendo de la constitución química y la forma del cristal para pigmentos con cromato de plomo como principal constituyente:

Tabla 2. Diferentes tonos y formas cristalinas de pigmentos con cromato de plomo.

Tono	Constitución química	Forma cristalina
Amarillo verdoso claro	Cromato de plomo con 30 - 50 % de sulfato de plomo y estabilizador	Ortorrónica
Amarillo verdoso	Cromato de plomo con 45 - 55 % de sulfato de plomo	Monoclínica
Amarillo limón	Cromato de plomo con 20 - 45 % de sulfato de plomo	Monoclínica
Amarillo medio	Cromato de plomo 100 %	Monoclínica
Anaranjado	Cromato de plomo básico	Tetraogonal
Escarlata	Cromato de plomo y sulfato de molibdato	Tetraogonal

Esta diversidad en la forma de la partícula ocasiona que la predicción de patrones de empaquetamiento de partícula sea extremadamente difícil, aumentando esto en cuanto la forma se aleja de ser una esfera verdadera. Afortunadamente, las formas de la mayoría de los pigmentos comerciales son nodulares o aún esféricas.

3. Área superficial

La superficie específica de la partícula, definida como el área superficial de una unidad de peso de una partícula, varía inversamente con el diámetro de ésta. Esta relación teórica tan importante es de gran valor al diseñar eficientes dispersiones de pigmentos, pues se obtiene el área efectiva de la partícula, la cual es necesaria para conocer la capacidad de adsorción, la capacidad reactiva, etc.

Debido a que el área superficial específica varía inversamente con el tamaño de partícula, se deduce que los fenómenos asociados con las superficies de las partículas se acentúan en cuanto éstas se van haciendo más finas.

4. Estructura

El término "estructura" se refiere a la cadena o aglomerado de partículas en forma de racimo que se forman durante la manufactura de cierto tipo de pigmentos muy finos. Un ejemplo de un pigmento estructurado es el sílice pirogénico, cuyas partículas primarias son esferas extremadamente finas y que durante su manufactura se agrupan en cadenas.

5. Textura

La textura de un pigmento está asociada con su estructura, y es usada para describir la facilidad, (suave o buena textura) o la dificultad (dura o mala textura) de la dispersión de un pigmento. Se ha sugerido que la textura de un pigmento puede estar relacionada también con su área superficial específica, obteniéndose expresiones de velocidades de textura o valores de dispersabilidad.

6. Superficie

La calidad de la superficie de un pigmento ayuda a determinar las propiedades reológicas del recubrimiento fluido que lo contiene y puede también afectar las propiedades mecánicas de la película sólida. Las superficies de algunos pigmentos tienen composiciones las cuales dependen de su proceso de síntesis. Las superficies por lo tanto, difieren en sus características de afinidad, absorción, adsorción, polaridad, solubilidad, reactividad, etc. En muchos pigmentos la naturaleza química de sus superficies es desconocida o confidencial.

3.3 Dispersión de pigmentos

El tamaño de partícula de la mayoría de los pigmentos, particularmente aquellos usados para recubrimientos opacificantes, se relaciona poco con el espesor del recubrimiento. El dióxido de

titanio, por ejemplo, con un tamaño de partícula de aproximadamente 0.2 micras, puede ser usado en una película de 50 micras de espesor.

Sin embargo, la mayoría de los pigmentos comercializados, en su presentación seca, contienen agregados o aglomerados con un diámetro muchas veces más grande que el tamaño de partícula. Estos agregados pueden ser creados por compactación durante el manejo, aglomeración debida a la acción de las sales solubles cuando éstas pierden humedad, coalescencia debida a la fusión durante la etapa de calcinación y otras causas desconocidas.

Si un pigmento es simplemente agitado en un vehículo, las fuerzas aplicadas pueden no ser lo suficientemente grandes para romper los agregados, y la apariencia del acabado resultante será más gruesa y baja en brillo que lo deseado.

Otras deficiencias menos obvias pueden ser bajo poder cubriente, bajo poder tintoreo y pobre suspensión.

La mayoría de los pigmentos son manufacturados con un tamaño último de partícula diseñado para obtener un óptimo poder cubriente, poder tintoreo y limpieza en el color. Consecuentemente, estas propiedades básicas no podrán ser aprovechadas para obtener la mayor ventaja y utilización del pigmento si los agregados permanecen durante las etapas de manufactura de la pintura.

El proceso de romper los agregados o los cúmulos suaves, algunas veces llamados aglomerados, en algún tipo de molino, es comúnmente llamado molienda o dispersión, aunque las partículas discretas o cristales son raramente, o nunca, realmente molidas, en el sentido de fracturar tales partículas sólidas.

De hecho, la culminación del proceso de la molienda es medida por técnicas cualitativas que interpretan la probabilidad de la completa dispersión de la mayoría de las partículas del pigmento en el vehículo, siendo hasta entonces cuando se considera que la dispersión existe completamente estable.

El proceso de dispersar pigmentos en un líquido puede ser dividido en tres fases principales como se muestra a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. Etapas de dispersión de un pigmento.

Fase	Determinado por:
Humectación inicial	Orden de adición Tiempo de mezclado
Rompimiento de agregados y aglomerados	Finura, brillo, poder tintoreo
Estabilización	Suspensión, consistencia, brillo, poder cubriente, color

Esta clasificación es útil porque la experiencia ha mostrado que un pigmento difiere de otro en uno o más pasos durante el proceso de dispersión.

Sin embargo, las tres fases no son siempre tomadas en cuenta por los usuarios de los pigmentos, por lo que, un pigmento es frecuentemente descrito como de propiedades pobres para la dispersión, descuidando la fase específica en la cual realmente está siendo deficiente.

3.4 Clasificación general

Existen tres tipos principales de clasificación de los pigmentos, dependiendo de su origen, naturaleza química y naturaleza física.

Clasificación por su origen

- + Pigmentos naturales
- + Pigmentos sintéticos

Clasificación por su naturaleza química

- + Pigmentos inorgánicos
- + Pigmentos orgánicos

Clasificación por su naturaleza física

- + Pigmentos opacos
- + Pigmentos transparentes

Además, dentro de cualquiera de estas tres clasificaciones, existe una subclasificación de los pigmentos dependiendo de su color.

Subclasificación por color

- + Pigmentos blancos
- + Pigmentos negros
- + Pigmentos rojos
- + Pigmentos anaranjados
- + Pigmentos amarillos
- + Pigmentos verdes
- + Pigmentos violetas
- + Pigmentos metálicos

3.5 Pigmentos inorgánicos riesgosos

A. Criterio de clasificación

La necesidad de tener informes de manejo, control y uso de materiales tóxicos, se ha incrementado durante los últimos años debido al crecimiento de la contaminación ambiental, incremento de los desechos industriales, riesgos de derrames, explosión y fuego en plantas químicas y al incremento en el uso de sustancias químicas.

Uno de los objetivos más importantes en el manejo, uso y control de sustancias químicas, es el clasificar un material.

Para poder llevar a cabo esto, es necesario tener la información toxicológica para determinar los métodos más seguros de su manejo y uso.

Los criterios bajo los cuales un material va a ser llamado riesgoso se definen de acuerdo a la clasificación dada por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente, EPA (Environmental Protection Agency), y al Departamento de Salud de Ocupacional de la Empresa.

En adición a lo anterior el profesional de salud ocupacional puede hacer uso de las siguientes siete preguntas para ayudarse en la definición de estos criterios:

1. Qué sustancia química es ?
2. Dónde se puede encontrar ?
3. Qué cantidad puede tolerar una persona ?
4. Cómo se puede medir ?
5. Cuáles son sus efectos tóxicos ?
6. Qué medidas de protección se deben tomar para su manejo, uso y control ?
7. Qué bibliografía existe acerca de este material ?

A continuación se enuncian los criterios de clasificación propuestos en el presente trabajo para definir a los materiales riesgosos.

En este caso, estos criterios solamente serán aplicados a los pigmentos inorgánicos pero eventualmente pueden ser aplicados a cualquier material que cumpla con alguno de los siguientes puntos:

1. El material ha sido determinado y clasificado como:
 - A. Cancerígeno
 - B. Posible cancerígeno
 - C. Posible propagador de cáncer, que tiene un alto riesgo de ayudar a propagar un cáncer ya instalado.

2. El material ha sido determinado como o con un alto potencial de ser:

A. Mutágeno, aquel agente que afecta los genes del sistema reproductor de tal manera que el feto que será creado tendrá anomalías, tanto malformaciones como daños o enfermedades internas. Afecta a personas de ambos sexos.

B. Teratógeno, aquel agente que afecta a un feto en desarrollo provocándole malformaciones (defectos físicos). Afecta a mujeres embarazadas.

C. Embriotóxico, aquel agente que afecta a un feto en desarrollo provocándole lesiones o enfermedades internas. Afecta a mujeres embarazadas.

3. El material ha sido determinado y clasificado como tóxico o extremadamente tóxico.

4. El material tiene antecedentes de haber causado problemas serios de salud ocupacional, tanto en el lugar de trabajo como en la comunidad circundante.

B. Clasificación

A continuación se menciona la clasificación de acuerdo al origen de los pigmentos inorgánicos más comúnmente usados en la industria de los recubrimientos.

Al final de esta clasificación se incluyen los extendedores, abarataadores o cargas, los cuales en algunas ocasiones no son considerados como pigmentos propiamente, pero en ésta se incluyen debido a que son sales inorgánicas utilizadas en la industria de los recubrimientos.

1. Naturales

- A. Pigmentos amarillos
Oxido de hierro amarillo natural
- B. Pigmentos rojos
Oxido de hierro rojo natural
- C. Pigmentos negros
Oxido de hierro negro natural
- D. Pigmentos cafes
Oxido de hierro café natural

2. Sintéticos

- A. Pigmentos amarillos
Oxido de hierro amarillo precipitado
Amarillo de cromo
Amarillo de zinc
Amarillo de cadmio
- B. Pigmentos verdes
Verde de cromo
Verde óxido de cromo
Verde óxido de cromo hidratado
- C. Pigmentos azules
Azul de hierro
Azul de ultramar
- D. Pigmentos negros
Oxido de hierro negro precipitado
- E. Pigmentos blancos
Blanco de plomo
Blanco de zinc
Litopón
Dióxido de titanio, (anatásico y rutilico)
- F. Pigmentos rojos
Oxido de hierro rojo precipitado
Rojo veneciano
Oxido de plomo rojo
Rojo de cadmio
Oxido cuproso
- G. Pigmentos anaranjados
Cromato básico de plomo
Anaranjado de molibdeno
Anaranjado de cadmio

- H. Pigmentos metálicos
 - Pasta de aluminio metálico
 - Pasta de bronce metálico
 - Pasta de cobre metálico
 - Pasta de zinc metálico

- I. Extendedores, abaratadores o cargas
 - Carbonato de calcio
 - Sulfato de calcio dihidratado natural
 - Sulfato de calcio precipitado
 - Sulfato de bario natural
 - Sulfato de bario precipitado
 - Silice cristalina
 - Silice amorfa
 - Silicato de magnesio
 - Silicato de aluminio
 - Ortosilicato de aluminio y potasio

Tomando como base los criterios de clasificación usados en el presente trabajo para los materiales considerados como riesgosos, a continuación se presenta una selección de pigmentos inorgánicos, en la que se han eliminado los pigmentos inorgánicos de origen natural ya que ninguno de éstos reúne los requisitos para ser considerado como riesgoso.

Pigmentos inorgánicos riesgosos

- 1. Blancos
 - A. Blanco de plomo

- 2. Amarillos
 - A. Amarillo de zinc
 - B. Amarillo de cromo
 - C. Litargirio amarillo

- 3. Verdes
 - A. Verde de cromo
 - B. Verde óxido de cromo

- 4. Anaranjados
 - A. Naranja molibdato
 - B. Anaranjado de cadmio
 - C. Cromato silícico de plomo

- 5. Rojos
 - A. Óxido de plomo rojo

Esta lista de pigmentos inorgánicos seleccionados, pretende ser representativa de este tipo de pigmentos usados en la industria de los recubrimientos y de ninguna manera enuncia la totalidad de éstos.

C. Descripción

A continuación se enuncia una descripción propuesta para el presente trabajo, de las principales propiedades físicas y toxicológicas de los pigmentos inorgánicos riesgosos seleccionados.

Estos serán mencionados por su nombre comercial, sin tomar en cuenta su color, puesto que un mismo compuesto varía su tonalidad e incluso su color dependiendo del contenido de impurezas.

En el renglón de los datos toxicológicos se menciona la razón por la cual han sido considerados riesgosos de acuerdo a los criterios ya descritos.

En este mismo apartado se utiliza la designación DOT obtenida de listas publicadas de sustancias químicas las cuales han sido clasificadas por el riesgo que presentan para el Departamento de Transportación de Estados Unidos, (DOT).

También han sido utilizados estándares y clasificaciones fijadas por la EPA (Environmental Protection Agency), OSHA (Occupational Safety and Health Agency) y NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).

Nombre común o comercial:

Blanco de plomo o Albayalde

A. Breve descripción

Comercialmente se encuentra con un contenido de 50 a 70% de pigmento y 30 a 50% de agua, o bien como polvo seco con un contenido de 100% de pigmento puro. También puede ser una pasta espesa en aceite de linaza con 91% de pigmento.

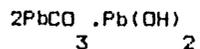
Este es uno de los primeros pigmentos blancos que se emplearon, se tienen noticias desde la época de los griegos (siglo IV A.C.) y en la edad media era ampliamente usado en toda Europa Occidental.

Actualmente se emplea en cantidades mínimas porque ha sido desplazado por la producción del dióxido de titanio.

B. Nombre científico

Carbonato básico de plomo

C. Fórmula química



D. Color

Blanco

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Tóxico.
2. Valores límite de tolerancia, (TLV): 0.15 mg/m³
3. Designación DOT: Veneno tipo B
4. Efectos tóxicos: El polvo inhalado o ingerido puede causar severos daños internos con vómito, diarrea y colapsos.
5. Límites de exposición permisibles en el aire, (PEL): En 1978 OSHA marcó como estándar lo siguiente; de 1 a 3 años, 0.10 mg/m³ y de 1 a 10 años, 0.05 mg/m³.
6. Concentración permisible en el agua: 50 mg/l
7. Rutas de entrada: Ingestión de polvos, inhalación de polvos o humos y absorción por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 0.90 a 2.30 micras
2. Solubilidad: Insoluble en agua
3. Absorción de aceite: 8 a 15 g de aceite por 100 g de pigmento
4. Densidad aparente: 6.7 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

El carbonato básico de plomo es uno de los pigmentos más resistentes en las pinturas que llevan como base aceite de linaza. Tres de sus propiedades más benéficas son:

- a. Baja reactividad con compuestos ácidos de vehículos.

- b. Incremento de la adhesión de la película.
- c. Facilidad de brocheado.

Los recubrimientos primarios para madera, normalmente llevan una gran porción de este pigmento, ya que proporciona una gran absorción de la luz cerca del espectro de luz ultravioleta (310 nanómetros) e imparte propiedades fungicidas a la pintura.

Cuando se le expone en medios ambientes de ácido sulfhídrico se oscurece, debido a la formación de PbS que es de color negro.



Figura 1. Pigmento Blanco de Plomo (700 X).

Nombre común o comercial:

Amarillo de Zinc

A. Breve descripción

Es un pigmento amarillo verdoso. Existen dos tipos de compuestos para este material:

a) Cromato normal

b) Cromato básico de zinc

Ambos pigmentos se emplean principalmente para la fabricación de primarios anticorrosivos.

El amarillo de zinc normal es poco soluble en agua y en sus soluciones existen iones cromato. No sangra con disolventes orgánicos y es mejor que los amarillos de cromo en resistencia a la alteración del color provocada por los sulfuros. Estos pigmentos poseen poca resistencia química a los ácidos y álcalis.

B. Nombre científico

Cromato de zinc

C. Fórmula química

Cromato normal de zinc $4ZnO \cdot 4CrO_3 \cdot K_2O \cdot 3H_2O$

Cromato básico de zinc $4Zn(OH)_2 \cdot ZnCrO_4$

D. Color

Amarillo

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Cancerígeno
2. Valores límite de tolerancia, (TLV): 0.01 mg/m³
3. Designación DOT: Veneno tipo B
4. Efectos tóxicos: Los polvos irritan el tracto respiratorio y los ojos severamente, si son ingeridos provocan daños internos graves.
5. Límites de exposición permisibles en el aire, (PEL): 30 mg/m³.
6. Concentración permisible en el agua: 50 mg/m³.
7. Rutas de entrada: Inhalación, ingestión por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 0.2 a 5.0 micras
2. Solubilidad: Ligeramente soluble en agua
3. Absorción de aceite: 46 g de aceite por cada 100 g de pigmento
4. Densidad aparente: 3.8 a 3.9 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

Es usado en recubrimientos primarios resistentes a la corrosión o aplicado antes del primario. Este pigmento proporciona a la película protectora, las siguientes características:

- a. Inhibición de la corrosión
- b. Adhesión a los metales
- c. Baja permeabilidad
- d. Secado rápido después de la aplicación



Figura 2. Pigmento Amarillo de Zinc (8450 X).

Nombre común o comercial:

Amarillo de Cromo

A. Breve descripción

Los amarillos de cromo tienen altas densidades, consecuentemente bajos volúmenes aparentes y baja absorción de aceite. Su durabilidad a la intemperie es buena pero se oscurecen por la acción del ácido sulfhídrico.

Tienen baja resistencia a los álcalis y su color se altera por las altas temperaturas como en el horneado.

B. Nombre científico

Cromato de Plomo

C. Fórmula química



D. Color

Amarillo

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Tóxico y cancerígeno no confirmado.

2. Valores límite de tolerancia, (TLV): 0.05mg/m³ como cromo.
3. Designación DOT: Veneno tipo B
4. Efectos tóxicos: Los polvos irritan el tracto respiratorio y los ojos severamente, si son ingeridos producen daños internos graves.
5. Límites de exposición permisibles en el aire (PEL): 30 mg/m³
6. Concentración permisible en el agua: 50 mg/m³
7. Rutas de entrada: Inhalación, ingestión y absorción por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 0.1 a 0.8 micras
2. Solubilidad: Insoluble en agua
3. Absorción de aceite: 72 g de aceite por cada 100 g de pigmento
4. Densidad aparente: 6.3 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

Es considerado uno de los pigmentos más versátiles entre los pigmentos inorgánicos ya que ofrece las propiedades deseadas a un bajo costo.

Las grandes cantidades de producción de este pigmento son absorbidas por la industria de las pinturas, es empleado tanto en tintas para imprenta como en pinturas de agua no alcalinas.

Entre las características que imparte se encuentran:

- a. Buen poder cubriente y tintoreo.

- b. Limpieza de tono.
- c. Retención a la luz.
- d. Durabilidad y brillo.

Entre las desventajas que tiene su uso, se encuentran las siguientes:

- a. Poca resistencia a los álcalis y ácidos.
- b. Se decoloran en atmósferas que contengan azufre.
- c. Poseen poca estabilidad a altas temperaturas.



Figura 3. Pigmento Amarillo de Cromo (19,000 X).

Nombre común o comercial:

Litargirio amarillo

A. Breve descripción

Este pigmento es obtenido calentando plomo metálico a 550 °C. En el proceso de fabricación puede ser recogido en tortas de 1.5 toneladas si se enfria lentamente.

Se emplea en la preparación de sales de plomo que entran en la composición del cristal y de algunos barnices.

También es empleado en la preparación de jabones de plomo, combinado con ciertos álcalis y como mordiente para el tinte de cierta clase de tejidos. Se obtiene calentando plomo en un horno en contacto con el aire.

Según la temperatura alcanzada y la rapidez de enfriamiento, se obtienen las variedades conocidas con los nombres de litargirio de plata, litargirio rojo, litargirio amarillo y litargirio inglés.

B. Nombre científico

Oxido plumboso o Monóxido de plomo

C. Fórmula química

Pb O

D. Color

Amarillo

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Tóxico
2. Valores límite de tolerancia, (TLV): 0.15 mg/m³
3. Designación DOT: Veneno tipo B
4. Efectos tóxicos: El polvo inhalado causa severa irritación en las membranas mucosas internas, dolor de pecho, mareo, somnolencia, inconsciencia y hasta la muerte por asfixia.

Por contacto con la piel causa resequedad. A altas concentraciones puede ser absorbido y causar los mismos daños que por inhalación.

Si el contacto ocurre en los ojos puede llegar a lesionar la córnea permanentemente.

Al ser ingerido causa severa irritación y llega a causar los mismos daños que por inhalación.
5. Límites de exposición permisibles en el aire, (PEL): En 1978 OSHA marcó como estándar lo siguiente; de 1 a 3 años, 0.10 mg/m³ y de 1 a 10 años, 0.05 mg/m³.
6. Concentración permisible en el agua: 50 mg/l
7. Rutas de entrada: Ingestión de polvos, inhalación de polvos o humos y absorción por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 1.10 a 3.40 micras
2. Solubilidad: Insoluble en agua
3. Absorción de aceite: 8 g de aceite por 100 g de pigmento
4. Densidad aparente: 8.9 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

Se utiliza como anticorrosivo. En esmaltes ayuda al secado. También se usa como catalizador en la fabricación de resinas tipo alquidal.

Su manejo tiene que realizarse con extrema precaución debido a su alta toxicidad.

Nombre común o comercial:

Verde de cromo

A. Breve descripción

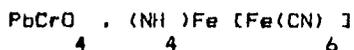
Este tipo de pigmentos es obtenido mediante la coprecipitación controlada de un azul de hierro con un amarillo de cromo. Este pigmento posee una mayor limpieza de tono y mucho mejores características de dispersabilidad que un producto similar resultado de una mezcla mecánica del azul y amarillo antes mencionados.

También presenta gran opacidad y alto poder cubriente, buen poder tintoreo, alto brillo y un relativo bajo costo.

B. Nombre científico

Mezcla de cromato de plomo y azul de hierro

C. Fórmula química



D. Color

Verde. El tono varía dependiendo de la concentración de los componentes.

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Tóxico y cancerígeno no confirmado.
2. Valores límites de tolerancia (TLV): 0.05 mg/m³
3. Designación DOT: Veneno tipo B
4. Efectos tóxicos: Los polvos irritan el tracto respiratorio y los ojos severamente, si son ingeridos provocan daños internos graves.
5. Límites de exposición permisibles en el aire, (PEL); 30 mg/m³
6. Concentración permisible en el agua: 50 mg/m³
7. Rutas de entrada: Inhalación, ingestión y absorción por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 0.07 a 2.5 micras
2. Solubilidad en agua: Insoluble en agua
3. Absorción de aceite: 12 a 24 g de aceite por cada 100 g de pigmento
4. Densidad aparente: 4.1 a 5.4 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

Estos pigmentos son ampliamente usados en varias industrias (pinturas, tintas, plásticos y papel), tienen buen poder cubriente, estabilidad química razonable, alta durabilidad para aplicaciones en exteriores pero con tendencia al oscurecimiento en exposiciones por periodos largos. Además presentan buena resistencia al calor y son más baratos que los otros pigmentos de color.

Debido a los tipos de compuestos presentes en el pigmento, se tienen algunas limitaciones como oscurecimiento por la presencia de azufre y poca resistencia a medios alcalinos.

Nombre común o comercial:

Verde óxido de cromo

A. Breve descripción

Este pigmento se encuentra en el mercado en tonos que van desde el verde amarillento al verde azulado. Es menos brillante que el verde de cromo, tiene menor capacidad de cubriente y una intensidad de tintura mucho menor.

Los productos comerciales contienen 98.5 % como mínimo de óxido de cromo. Este pigmento es completamente resistente a la luz y a los álcalis. No es atacado por los vapores de ácido sulfhídrico. Se prepara por calcinación del dicromato de potasio o sodio en condiciones reductoras.

El producto se lava para eliminar las sales solubles, se seca y se pulveriza. Debido a su alta resistencia a la luz, álcalis y ácidos se emplea como colorante del cemento Portland, en cerámica, tintas de imprenta, pinturas resistentes a la cal.

B. Nombre científico

Oxido de cromo (III)

C. Fórmula química



D. Color

Verde

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Tóxico.
2. Valores límite de tolerancia, (TLV): 0.5 mg/m³
3. Designación DOT: Veneno tipo B.
4. Efectos tóxicos: Los polvos irritan el tracto respiratorio y los ojos. Si son ingeridos producen daños internos.
5. Límites de exposición permisibles en el aire, (PEL): 30 mg/m³.
6. Concentración permisible en el agua: 50 mg/l
7. Rutas de entrada: Ingestión de polvos, inhalación de polvos o humos y absorción por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 3.60 micras
2. Solubilidad: Soluble en agua
3. Absorción de aceite: 14 g de aceite por 100 g de pigmento.
4. Densidad aparente: 5.09 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

El verde óxido de cromo es el pigmento verde más comercial, posee una resistencia al calor superior a los 1000 oC., y es resistente al ataque de álcalis y ácidos.

Además es uno de los pocos pigmentos que reflejan la luz ultravioleta y tiene gran durabilidad.

Las desventajas que tiene es que genera un color de baja intensidad y es ligeramente abrasivo.

Nombre común o comercial:

Naranja molibdato

A. Breve descripción

A los pigmentos naranja molibdato también se les conoce como Anaranjados de molibdeno. Son mezclas de cromato de plomo, sulfato de plomo y molibdato de plomo en varias proporciones dependiendo del método de fabricación y el color requerido.

El cromato de plomo es amarillo, el sulfato y el molibdato de plomo son blancos, pero en la coprecipitación, el molibdato de plomo estabiliza la mezcla de cristales en un sistema tetragonal que produce un fuerte y brillante color anaranjado.

Los pigmentos se preparan haciendo reaccionar mezclas de dicromato de sodio, sulfato de sodio y molibdato de sodio con una solución de nitrato de plomo a un pH de tres. Cuando termina la precipitación, la mezcla se neutraliza con sosa, se lava y se filtra.

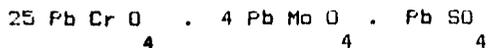
La torta se seca a una temperatura no mayor a 100 grados centígrados y se micropulveriza.

Los anaranjados de molibdeno son blandos, tienen baja absorción de aceite, buen poder cubriente y también poder tintoreo, pero no son muy resistentes a la luz. Se emplean en pinturas que requieren un color brillante a bajo costo. En algunas formulaciones se mezclan con pigmentos orgánicos como los rojos paraclorados y las paranitroanilinas cloradas con objeto de dar tonos intensos.

B. Nombre científico

Cromato de plomo (75-85 %), Molibdato de plomo (10-15 %), Sulfato de plomo (3-10 %)

C. Fórmula química



D. Color

Anaranjado

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Tóxico y cancerígeno no confirmado.
2. Valores límite de tolerancia, (TLV): 0.05 mg/m³
3. Designación DOT: Veneno tipo B.
4. Efectos tóxicos: Causa severa irritación en las membranas mucosas. A altas concentraciones causa narcosis, constipación, dolores musculares, dolor de cabeza, daños al sistema nervioso central, mareo, insconciencia y hasta la muerte si es inhalado.

Por contacto con la piel causa resequedad y ligera irritación, a altas concentraciones puede ser absorbido por este medio ocasionando los mismos daños que por inhalación.

A exposiciones prolongadas a altas concentraciones, causa severa irritación y puede llegar a causar un daño permanente en la córnea.

Por ingestión, provoca severa irritación, dolor abdominal, diarrea, pérdida del apetito, dolores musculares, dolor de cabeza, piorrea, vómito, color azulado en cara y boca, mareo, insconciencia y hasta la muerte.

5. Límites de exposición permisibles en el aire, (PEL): 5.0 mg/m³
6. Concentración permisible en el agua: 70 mg/m³

7. Rutas de entrada: Ingestión de polvos, inhalación de polvos o humos y absorción por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 0.10 a 1.00 micras
2. Solubilidad: Insoluble en agua
3. Absorción de aceite: 15.8 a 40.0 g de aceite por 100 g de pigmento
4. Densidad aparente: 5.41 - 6.34 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

Este tipo de pigmento es valorado principalmente por su excelente poder cubriente y poder tintoreo. Además de presentar un color brillante, buena estabilidad y bajo precio. Es compatible con muchos otros pigmentos orgánicos e inorgánicos, lo cual favorece su combinación.

En general no posee gran resistencia química en atmósferas corrosivas y presenta poca estabilidad a altas temperaturas.



Figura 4. Pigmento Naranja Molibdato

Nombre común o comercial:

Anaranjado de cadmio

A. Breve descripción

Este pigmento se compone de una mezcla de sulfuro de cadmio y selenuro de cadmio, dependiendo el color (rojo o anaranjado), de la proporción de cadmio y selenio contenida, encontrándose así dos anaranjados:

Uno contiene 100 partes de cadmio y 12 de selenio y el otro 100 de cadmio y 15 de selenio.

Durante aproximadamente 2000 años, el sulfuro de cadmio fué usado por los artistas y pintores antes de que fuera reemplazado por los pigmentos sintéticos.

B. Nombre científico

Mezcla de sulfuro de cadmio y selenuro de cadmio

C. Fórmula química

Cd S . Cd Se

D. Color

Anaranjado

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Cancerígeno.

2. Valores límite de tolerancia, (TLV): 0.05 mg/m³

3. Designación DOT: Veneno tipo B
4. Efectos tóxicos: La inhalación de este material irrita los pulmones y causa un incremento en la salivación y vómito.

Por ingestión provoca dolor estomacal, diarrea y colapsos.
5. Límites de exposición permisibles en el aire, (PEL): 30.0 mg/m³
6. Concentración permisible en el agua: 50 mg/l
7. Rutas de entrada: Ingestión de polvos, inhalación de polvos o humos y absorción por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 0.10 a 1.00 micras
2. Solubilidad: Insoluble en agua
3. Absorción de aceites: 21 g de aceite por 100 g de pigmento.
4. Densidad aparente: 4.0 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

Posee excelente resistencia al calor, presenta buena resistencia a los álcalis, buen poder cubriente, es fácil de dispersar y es resistente a las altas temperaturas.

Por otro lado es sensible a los ácidos, posee un pobre poder tintoreo y es relativamente caro.

Nombre común o comercial:

Cromato silicico de plomo

A. Breve descripción

Fue comercializado por primera vez en 1963, como una serie de recubrimientos de silica. Su uso ha crecido dentro de la industria de los recubrimientos.

Generalmente es usado en películas de pintura gruesas y tiene un color característico anaranjado. Presenta una cubierta de silica, la cual se adhiere fuertemente al pigmento. Es preparado de la siguiente manera: La silica es molida en un molino de bolas produciéndose un fluido, el cual es transferido a un tanque de reacción en donde se adicionan cantidades estequiométricas de litargirio y ácido acético.

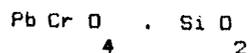
La solución de ácido crómico es preparada y agregada lentamente a la mezcla, una vez que el equilibrio se alcanza y el exceso de agua es extraído.

La solución concentrada es colocada en un horno y calcinada.

B. Nombre científico

Cromato silicico de plomo

C. Fórmula química



D. Color

Anaranjado

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Tóxico y cancerígeno no confirmado.
2. Valores límite de tolerancia, (TLV): 0.05 mg/m³
3. Designación DOT: Veneno tipo B.
4. Efectos tóxicos: Por inhalación causa severa irritación en los ojos, nariz, garganta y sistema respiratorio. A altas concentraciones, causa dolor de cabeza, mareo, inconsciencia, encefalopatía y hasta la muerte.

Causa severa irritación y resequedad, puede absorberse a través de la piel causando los mismos daños que por inhalación.

Por el contacto con los ojos causa severa irritación e inflamación, puede llegar a causar una lesión permanente en la córnea.

La ingestión de este material causa severa irritación, dolor abdominal, náuseas, vómito, mareo, somnolencia, dolores musculares e inconsciencia. A altas concentraciones causa los mismos daños que por inhalación.
5. Límites de exposición permisibles en el aire, (PEL): 0.05 mg/m³
6. Concentración permisible en el agua: 100 mg/m³
7. Rutas de entrada: Ingestión de polvos, inhalación de polvos o humos y absorción por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 5.00 micras
2. Solubilidad: Insoluble en agua
3. Absorción de aceites: 14 g de aceite por 100 g de pigmento
4. Densidad aparente: 3.51 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

El color que imparte tiene un largo periodo de vida, su precio es bajo comparado con otros pigmentos del mismo color.

Tiene baja densidad, lo que implica un incremento de volumen y precio, ademas tiene bajo poder cubriente.

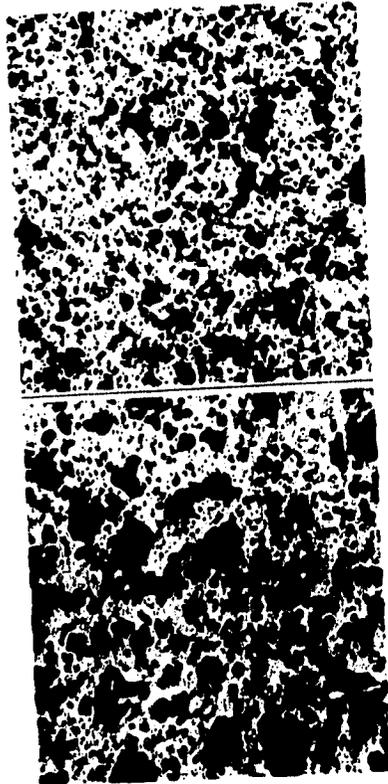


Figura 5. Pigmento Cromato Silicico de Plomo (1000X).

Nombre comun o comercial:

Oxido de plomo rojo o minio

A. Breve descripción

La historia indica que se ha usado desde hace 2000 años. En Inglaterra se fabricó comercialmente en el siglo XVIII y en Estados Unidos se ha producido desde comienzos del siglo XIX.

En el comercio se encuentran cuatro calidades:

El de 85 % de tetroxido triplúmbico y 15 % de monóxido de plomo.

El de 95 % de tetroxido triplúmbico y 5 % de monóxido de plomo.

El de 97 % de tetroxido triplúmbico y 3 % de monóxido de plomo.

El de 98 % de tetroxido triplúmbico y 2 % de monóxido de plomo.

La fabricación del minio comienza con el litargirio amarillo, que se carga en un horno y se mantiene a temperatura de 480 - 510 grados centígrados. El proceso es de oxidación y se continúa hasta que se obtiene la calidad deseada. El minio de calidad 85 % se obtiene en 24 horas, para las otras se requiere de más tiempo.

El minio es un pigmento importante por su capacidad para proteger el hierro y acero contra la corrosión y se ha usado con este fin desde hace muchos años.

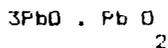
En combinación con el aceite de linaza y otros vehículos, el minio forma tanto películas duras como flexibles con gran adherencia a los metales ferrosos.

Se emplea cuando las condiciones de exposición son rigurosas, como en los cascos de los buques, esclusas de canales o cimientos de puentes.

B. Nombre científico

Oxido de plomo II y IV.

C. Fórmula química



D. Color

Rojo

E. Propiedades toxicológicas

1. Criterio de clasificación: Tóxico
2. Valores límite de tolerancia, (TLV): 0.15 mg/m³
3. Designación DDT: Veneno tipo B
4. Efectos tóxicos: Por inhalación causa severa irritación en la nariz, garganta, tracto respiratorio, altas concentraciones provocan constipación, dolores musculares, dolor de cabeza, daños en el sistema nervioso central, mareo, inconsciencia y hasta la muerte.

Por contacto con la piel causa resequedad e irritación ligera. A concentraciones altas puede llegar a absorberse por la piel, causando los mismos daños que por inhalación, además de severa irritación y puede llegar a lesionar la córnea si se tiene contacto con los ojos.

La ingestión del material causa severa irritación, dolor abdominal, diarrea, pérdida del apetito, dolores musculares, dolor de cabeza, piorrea, vómito, color azulado en cara y boca, mareo, inconsciencia y hasta la muerte.

5. Límites de exposición permisibles en el aire, (PEL): 0.15 mg/m³
6. Concentración permisible en el agua: 100 mg/m³
7. Rutas de entrada: Ingestión de polvos, inhalación de polvos o humos y absorción por la piel y ojos.

F. Propiedades físicas

1. Tamaño de partícula: 3.5 micras
2. Solubilidad: Insoluble en agua
3. Absorción de aceite: 7 g de aceite por 100 g de pigmento.
4. Densidad aparente: 9.38 g/cm³

G. Ventajas y desventajas de su uso

Posee buena adhesión en la superficie metálica en que se aplica, tiene la propiedad de absorber cantidades muy pequeñas de humedad y su permeabilidad al oxígeno es suficientemente baja para ser considerado un inhibidor de la corrosión en superficies metálicas.

Su precio se fija en función del valor del plomo, se utiliza con otros pigmentos para mejorar las propiedades del recubrimiento primario que se emplea en la protección de superficies de hierro y acero.

Sin embargo un inconveniente de usar minio, es que expuesto a la atmósfera cambia de color rojo a rosa o blanco, por carbonatación formando así, el carbonato básico de plomo.

En adición a la anterior descripción, a continuación se muestra este pigmento (figura 6) y se ilustran algunas de las principales características de los pigmentos inorgánicos riesgosos, tales como tamaños de partícula, Valores límite de tolerancia, absorción de aceite y densidad aparente, (gráficas 1 a 4).

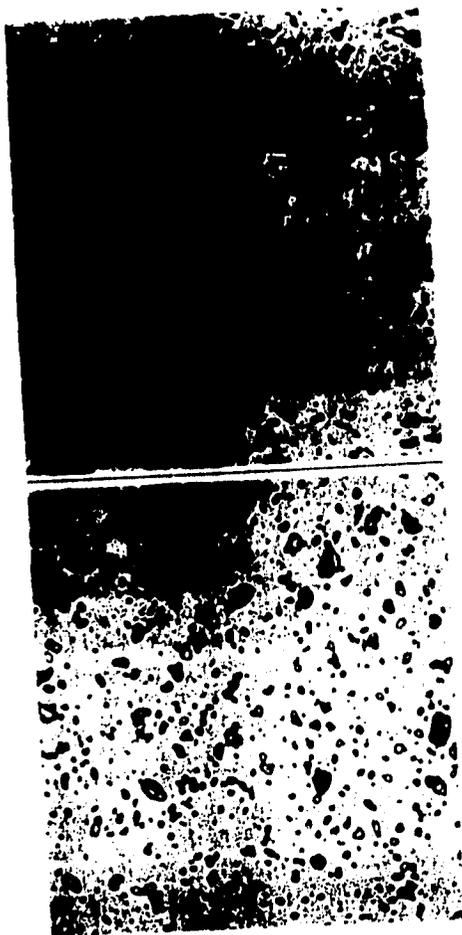
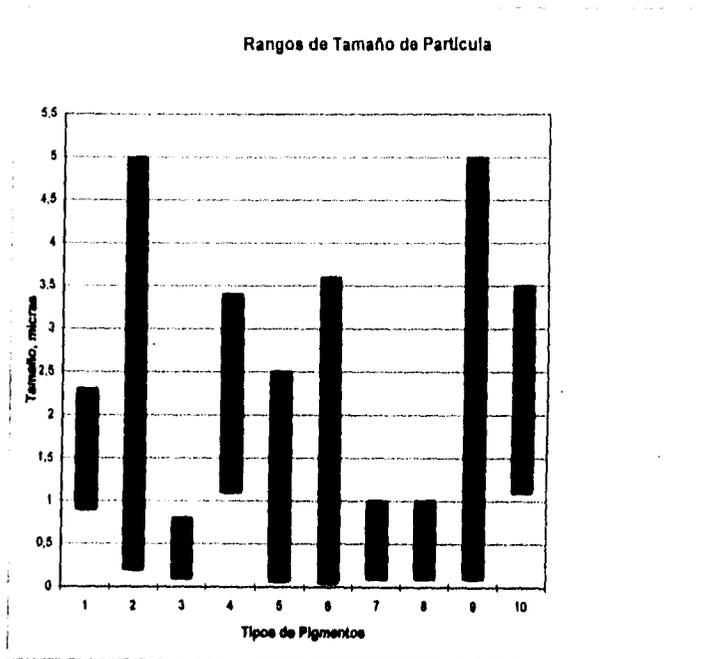


Figura 6. Pigmento Oxido de Plomo Rojo (1000 X).

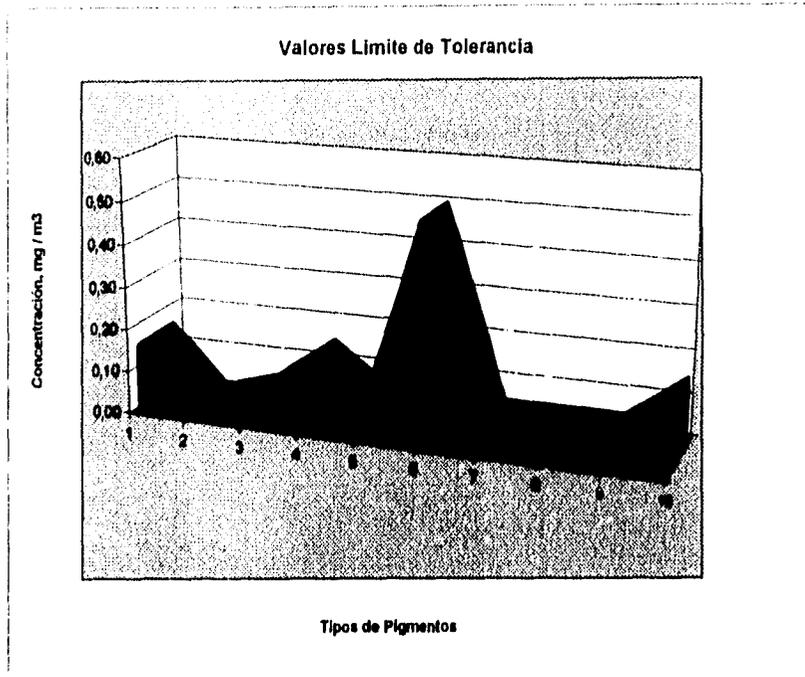


Pigmentos Inorgánicos Riesgosos

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Blanco de Plomo | 6. Verde Oxido de Cromo |
| 2. Amarillo de Zinc | 7. Naranja Molibdato |
| 3. Amarillo de Cromo | 8. Anaranjado de Cadmio |
| 4. Litargirio Amarillo | 9. Cromato Silicico de Plomo |
| 5. Verde de Cromo | 10. Rojo óxido de Plomo |

Gráfica 1. Tamaños de partícula de los pigmentos inorgánicos riesgosos.

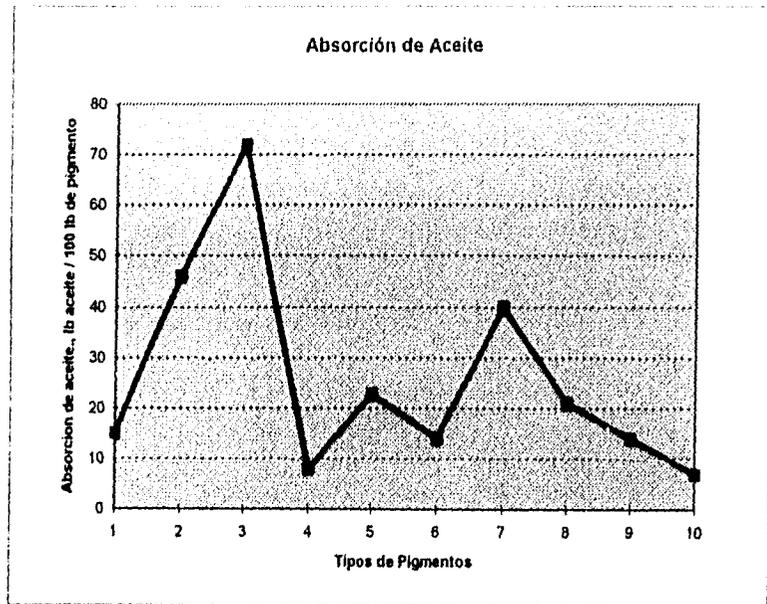
ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



Pigmentos Inorgánicos Riesgosos

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Blanco de Plomo | 6. Verde Oxido de Cromo |
| 2. Amarillo de Zinc | 7. Naranja Molibdato |
| 3. Amarillo de Cromo | 8. Anaranjado de Cadmio |
| 4. Litargirio Amarillo | 9. Cromato Silícico de Plomo |
| 5. Verde de Cromo | 10. Rojo óxido de Plomo |

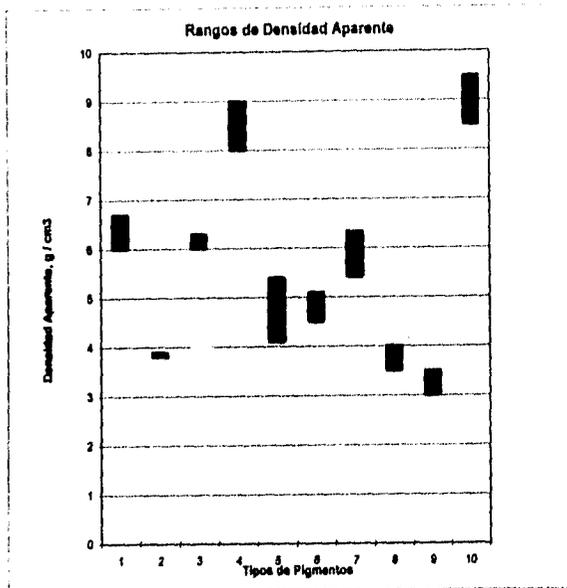
Gráfica 2. Valores limite de tolerancia de los pigmentos inorgánicos riesgosos.



Pigmentos Inorgánicos Riesgosos

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Blanco de Plomo | 6. Verde Oxido de Cromo |
| 2. Amarillo de Zinc | 7. Naranja Molibdato |
| 3. Amarillo de Cromo | 8. Anaranjado de Cadmio |
| 4. Litargirio Amarillo | 9. Cromato Silícico de Plomo |
| 5. Verde de Cromo | 10. Rojo óxido de Plomo |

Gráfica 3. Absorción de aceite de los pigmentos inorgánicos riesgosos.



Pigmentos Inorgánicos Riesgosos

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Blanco de Plomo | 6. Verde Oxido de Cromo |
| 2. Amarillo de Zinc | 7. Naranja Molibdato |
| 3. Amarillo de Cromo | 8. Anaranjado de Cadmio |
| 4. Litargirio Amarillo | 9. Cromato Silicico de Plomo |
| 5. Verde de Cromo | 10. Rojo óxido de Plomo |

Gráfica 4. Densidad aparente de los pigmentos inorgánicos riesgosos.

II RIESGOS POTENCIALES

1. Daños a la salud de los trabajadores

Analizando los pigmentos inorgánicos seleccionados en el presente trabajo, se obtiene que los elementos que imparten a éstos un carácter riesgoso, por ser absorbidos por el cuerpo, entrar en el torrente sanguíneo, ser transportados y almacenados en varios tejidos y órganos, y posteriormente excretados lentamente sin haber sido asimilados, son todos, metales presentes en diferentes estados de oxidación, como se muestra a continuación en la tabla 4 de la siguiente página:

Tabla 4. Principales características de los metales presentes en los pigmentos inorgánicos riesgosos.

Pigmento	Metal	Peso atómico	Densidad (g/ml)	Valencia	Grupo
Blanco de plomo	Pb	207.19	11.4	2 +	IV - A
Amarillo de zinc *	Cr	51.99	7.2	6 +	VI - B
Amarillo de cromo	Pb	207.19	11.4	2 +	IV - A
	Cr	51.99	7.2	6 +	VI - B
Litargirio amarillo	Pb	207.19	11.4	2 +	IV - A
Verde de cromo **	Pb	207.19	11.4	2 +	IV - A
	Cr	51.99	7.2	6 +	VI - B
Verde óxido de cromo	Cr	51.99	7.19	3 +	VI - B
Naranja molibdato	Pb	207.19	11.4	2 +	IV - A
	Cr	51.99	7.2	6 +	VI - B
	Mo	95.94	10.2	6 +	VI - B
Anaranjado de cadmio	Cd	112.40	8.7	2 +	II - B
Cromato silícico de plomo	Pb	207.19	11.4	2 +	IV - A
	Cr	51.99	7.19	6+	VI - B
Óxido de plomo rojo	Pb	207.19	11.4	2 +	IV - A
				4 +	

* Aunque este pigmento también contiene zinc, éste no se menciona debido a que el zinc no es considerado intrínsecamente dañino

** Aunque este pigmento también contiene el radical ciano (CN =), éste no se menciona por no ser metal aunque sea reconocido como dañino

De lo anterior, se observa que en la muestra de 10 pigmentos, 7 contienen plomo, 6 también contienen cromo, 1 contiene molibdeno y 1 contiene cadmio. Estos metales tienen diferentes acciones sobre el cuerpo; signos y síntomas dependiendo de los grados de intoxicación y tratamientos en función de las diferentes rutas de entrada al cuerpo.

Un concepto importante en Salud Ocupacional es el TLV, (Threshold Limit Value) o Valor Límite de Tolerancia, el cual se refiere a la concentración de una sustancia en el aire, y que representa condiciones bajo las cuales se considera que todos los trabajadores que estén expuestos a esta atmósfera repetidamente, día tras día, no tendrán efectos adversos en su salud. Las siguientes tablas proporcionan parámetros de comparación de la peligrosidad de los materiales, utilizando los TLV's:

Tabla 5. Relación de TLV's con toxicidades de materiales.

Ligeramente tóxico	TLV > 500 ppm
Moderadamente tóxico	TLV de 100 a 500 ppm
Altamente tóxico	TLV < 100 ppm

Tabla 6. Relación de TLV's con estados de oxidación del cromo.

Estado de oxidación	TLV's
Cr 2 +	0.50 mg/m ³ , como cromo
Cr 3 +	0.50 mg/m ³ , como cromo
Cr 6 +	0.05 mg/m ³ , como cromo soluble en agua

Las exposiciones por encima de los valores límite, se permiten siempre que éstas no sean lo suficientemente frecuentes o prolongadas, como para causar que el límite del promedio ponderado cronológico de 8 horas sea excedido. Existen límites de exposición para periodos tan cortos como 15 minutos, como el STEL, (Short Term Exposure Limit) o Límite de Exposición para Periodos Cortos. La mayoría de los STEL's son promedios ponderados cronológicos de 15 minutos en los cuales los valores límite no pueden ser excedidos un sólo instante. Los materiales que además de ser relacionados con sus TLV's, lo son con sus STEL's, son severos irritantes o venenos de acción extremadamente rápida. De hecho, producen efectos que pueden irritar el sistema respiratorio o la piel y atacar otros tejidos u órganos en exposiciones de corta duración, en concentraciones mayores que el límite del promedio ponderado de 8 horas.

Los pigmentos inorgánicos mencionados en este trabajo, no son relacionados con sus STEL's sino con sus TLV's, pues sus efectos tóxicos resultan de una dosis acumulativa.

Cuando son requeridos horarios de trabajo no usuales y se tienen dudas del riesgo involucrado, frecuentemente se utiliza un factor definido como f , que es calculado como sigue:

$$f = \left(\frac{8}{h} \right) * \left(\frac{24 - h}{16} \right)$$

en donde, f es el factor para un horario de trabajo no usual, h es el número de horas de trabajo por día. El límite de exposición se calcula como:

$$L_{NT} = f * PEL$$

en donde, PEL es el límite de exposición para 8 horas de trabajo por día.

Por razones de ética profesional, y de acuerdo a la norma oficial mexicana, NOM-010-STPS-1994, de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social publicada por el Diario Oficial de la Federación del 08 de Julio de 1994, todos los empleados con exposiciones potenciales y reales a estos pigmentos, deben ser informados de los riesgos a los que están expuestos, así como de los resultados obtenidos de los monitoreos y análisis que les realicen.

Además, deben ser entrenados en el uso, manejo, transportación y desecho de éstos; y los archivos de información técnica para emergencias, de monitoreos y análisis deben estar disponibles y accesibles a cada trabajador.

Estos archivos por formar también parte de la historia clínica del empleado, deben ser tratados de manera personal y confidencial.

Los daños a la salud de los trabajadores y de la comunidad circundante que regular o eventualmente están en contacto con pigmentos de este tipo, se han dividido, en tiempo y frecuencias de exposición como se describe a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 7. Tiempo y frecuencias de exposición.

Corto plazo	Hasta dos años después de la primera exposición
Mediano plazo	De dos a cinco años después de la primera exposición
Largo plazo	A partir de cinco años después de la primera exposición

Durante los tiempos de exposición mencionados pueden existir una o más exposiciones, las cuales pueden ser crónicas o subcrónicas.

1.1 Corto plazo

El riesgo y la toxicidad están relacionados entre sí mediante la exposición, de manera que se puede asumir la validez de la siguiente relación:

$$\text{Toxicidad} \times \text{Exposición} = \text{Riesgo}$$

dando así lugar a la siguiente tabla:

Tabla B. Relaciones entre riesgo y toxicidad.

Condiciones		Resultados
Alta toxicidad	Alta exposición	Alto riesgo
Alta toxicidad	Baja exposición	Alto riesgo
Baja toxicidad	Alta exposición	Alto riesgo
Baja toxicidad	Baja exposición	Bajo riesgo

Las características riesgosas de los pigmentos objeto del presente trabajo, dadas por los metales incluidos en éstos y mencionados en la tabla 4, conducen a la situación de alto riesgo derivada de condiciones de baja toxicidad y alta exposición, ya que las concentraciones de los metales pesados encontrados en dichos pigmentos ocasionan daños a mediano plazo, puesto que generalmente no son detectados en un plazo menor, pero que debido a la alta exposición a la que los trabajadores están sometidos, generan una situación de alto riesgo.

Sin embargo, a corto plazo y exposiciones subcrónicas o crónicas, y debido a que todos estos pigmentos son venenos tipo B y a que su efecto es dañino, acumulativo y reversible, existiendo la posibilidad de recuperación completa, el daño a la salud de los trabajadores manifestado dentro de este periodo de tiempo, es mínimo aún cuando los niveles de exposición sean superiores en un 10 a 15 % como

máximo, por encima del TLV específico de cada uno, (tabla 9). Con excepción de algunos eventuales síntomas como pueden ser los siguientes: ligeras alteraciones digestivas, dolores epigástricos y abdominales, ligeras alteraciones renales y hepáticas, cualquiera de los cuales cuenta con recuperación completa dentro de este mismo lapso.

Por otra parte, aunque el trabajador no haya estado expuesto por un periodo mayor de dos años o no haya presentado los síntomas descritos, debidos a la exposición a estos materiales, es particularmente importante implementar las previsiones necesarias para evitar que continúe dicha exposición por encima del TLV específico mediante rotación de puestos, uso adecuado del equipo de protección personal requerido, ventilación adecuada, revisión y mejoramiento de las instalaciones y equipos, análisis y evaluaciones periódicas, etc.

Tabla 9. Concentraciones máximas permisibles, (TLV's).

Pigmento	TLV-TWA del pigmento	TLV-TWA del metal
Blanco de plomo	0.15 mg (Pb) / m ³	*Pb, 0.15 mg / m ³
Amarillo de zinc	0.01 mg (Cr) / m ³ (cancerígeno confirmado)	^Cr, 0.50 mg / m ³ Zn, 10.0 mg / m ³
Amarillo de cromo	0.05 mg (Cr) / m ³ (cancerígeno no confirmado)	Pb, 0.15 mg / m ³ Cr, 0.50 mg / m ³
Litargirio amarillo	0.15 mg (Pb) / m ³	Pb, 0.15 mg / m ³
Verde de cromo	0.05 mg (Cr) / m ³ (cancerígeno no confirmado)	Pb, 0.15 mg / m ³ Cr, 0.50 mg / m ³
Verde óxido de cromo	0.50 mg (Cr) / m ³	Cr, 0.50 mg / m ³
Naranja molibdato	0.05 mg (Cr) / m ³ (cancerígeno no confirmado)	Pb, 0.15 mg / m ³ Cr, 0.50 mg / m ³ Mo, 10.0 mg / m ³
Anaranjado de cadmio	0.05 mg (Cd) / m ³ (cancerígeno confirmado)	#Cd, 0.05 mg / m ³
Cromato silícico de plomo	0.05 mg (Cr) / m ³ (cancerígeno no confirmado)	Pb, 0.15 mg / m ³ Cr, 0.50 mg / m ³
Oxido de plomo rojo	0.15 mg (Pb) / m ³	Pb, 0.15 mg / m ³

- * Tiene también BEI, (Biological Exposure Index o Índice de exposición biológica), BEI = 150 g / g creatinina (en orina) y 50 g / 100 ml (en sangre).
- ^ Se ha propuesto durante 1988 - 1989 en ACGIH, para compuestos con Cr (VI) un BEI = 30 g / g creatinina (en orina) al final del último turno de la semana de trabajo.
- # BEI = 10 g / g creatinina (en orina) y 10 g / l (en sangre). Además se ha propuesto durante 1988 - 1989 en ACGIH, un nuevo TLV = 0.01 mg / m³.

1.2 Mediano plazo

A medida que el nivel de exposición crónica aumenta, durante un periodo de dos a cinco años y si el equipo de protección personal y prácticas de higiene no fueron implementadas y seguidas de acuerdo a lo requerido, el riesgo de daño a la salud, debido al efecto acumulativo se incrementa significativamente en comparación al existente a corto plazo. Es generalmente hacia el final de este periodo cuando se empiezan a manifestar los principales síntomas de la intoxicación crónica en el hombre, producida por la exposición en el lugar de trabajo a estos compuestos inorgánicos, tales como los mostrados en la tabla 10 de las siguientes páginas.

Tabla 10. Principales signos y síntomas de intoxicación crónica en el hombre, producida por pigmentos inorgánicos riesgosos.

Pigmento	Metal y efecto
Blanco de plomo, litargirio amarillo, óxido de plomo rojo	Plomo, neurotóxico nefrotóxico

Principales signos y síntomas de intoxicación crónica por pigmentos inorgánicos con contenido de plomo.

Neuropatía periférica: debilidad, inicialmente de músculos extensores, fatiga, dolores musculares, cefaleas; alteraciones en el comportamiento, parestesias que comienzan en los miembros superiores y se extienden hacia los inferiores con agravamiento de la intoxicación; alteraciones renales: aminoaciduria, hiperfosfaturia, glucosuria; nefritis crónica con fibrosis intersticial; encefalopatía: embotellamiento intelectual, irritabilidad, temblor, cefaleas, alucinaciones, pérdida de la memoria y de la capacidad de concentración, convulsiones, cólicos, náuseas, ribete gingival de Burton; alteraciones hepáticas y anemia hipocrómica.

Pigmento	Metal y efecto
Amarillo de zinc, amarillo de cromo, verde de cromo, verde óxido de cromo, cromato silícico de plomo	Cromo, irritante cancerígeno

Principales signos y síntomas de intoxicación crónica por pigmentos inorgánicos con contenido de cromo.

Ulceración y perforación del septo nasal, rinitis, edema pulmonar; ulceración de la piel, dermatitis de contacto, con varios de eczema, papilomas en la cavidad oral y laringe, pigmentación amarilla de los dientes.

Pigmento	Metal y efecto
Anaranjado de cadmio	Cadmio, irritante nefrotóxico cancerígeno

Principales signos y síntomas de intoxicación crónica por anaranjado de cadmio.

Enfisema y fibrosis pulmonar progresiva; alteraciones renales con proteinuria que se agrava con el transcurso de la exposición. Eliminación urinaria de proteínas de bajo peso molecular; astenia; anemia, glicosuria, aminoaciduria, hiperfosfaturia, aumento de excreción de ácido úrico; osteomalacia.

Pigmento	Metal / efecto
Naranja molibdato	Molibdeno, irritante

Principales signos y síntomas de intoxicación crónica por naranja molibdato.

Igual que los de plomo y cromo combinados, debido a que en este pigmento en particular el contenido y toxicidad de ambos son mucho mayores que los del molibdeno.

Durante este periodo y aunque el trabajador expuesto no haya presentado ninguno de los síntomas ya descritos, es necesario optimizar los controles de ingeniería y administrativos requeridos para el caso, y además estrechar la supervisión en el área, y mejorar el monitoreo de análisis clínicos para asegurar que el contacto se ha eliminado o minimizado; que no existe exposición innecesaria; y que se ha seguido una rigurosa implementación del uso del equipo de protección personal, de prácticas seguras de operación y de prácticas de higiene personal y colectiva.

1.3 Largo plazo

Continuando con idénticas premisas de deficiencias en salud ocupacional e higiene; exposición y efecto dañino acumulativo como las mencionadas para corto y mediano plazo, es posible definir este período, comprendido a partir de cinco años después de la primera exposición, como el más riesgoso y en el cual, al haberse prolongado las condiciones desfavorables y la exposición, existe la mayor probabilidad de que se presenten los signos y síntomas descritos en la tabla 10.

Estos, sin embargo, pudieron haberse exhibido desde el período inmediato anterior. Tales síntomas son indicio de que existirán algunas de las consecuencias extremas mostradas en la tabla 11.

Tabla 11. Posibles consecuencias debidas a la exposición crónica por más de cinco años a los pigmentos inorgánicos riesgosos.

Pigmento	Metal y efecto
Blanco de plomo, litargirio amarillo, óxido de plomo rojo	Plomo, neurotóxico nefrotóxico
Posibles consecuencias extremas	

Fuertes cólicos y dolores musculares y articulares, parálisis que comienza con estupor, coma con o sin convulsiones y a menudo muerte; rara vez encefalopatía.

Pigmento	Metal y efecto
----------	----------------

Amarillo de zinc, amarillo de cromo, verde de cromo, verde óxido de cromo, cromato silicico de plomo	Cromo, irritante cancerígeno
--	------------------------------------

Posibles consecuencias extremas

Ulceración en piel y membranas mucosas, cáncer en pulmones, tracto respiratorio, estómago y tracto digestivo.

Pigmento	Metal y efecto
----------	----------------

Anaranjado de cadmio	Cadmio, irritante nefrotóxico cancerígeno
----------------------	--

Posibles consecuencias extremas

Ulceración en piel y membranas mucosas, cáncer en pulmones, tracto respiratorio, estómago y tracto digestivo.

Pigmento

Metal y efecto

Naranja molibdato

Molibdeno,
irritante

Posibles consecuencias extremas

Igual que las de plomo y cromo combinados, debido a que en este pigmento en particular el contenido y toxicidad de ambos son mucho mayores que los del molibdeno.

2. Daños a la salud de la comunidad circundante

Las operaciones y prácticas cotidianas de una empresa, pueden dañar de manera crónica o en una situación de desastre de manera aguda, a la comunidad vecina, si dicha empresa al manejar materiales que requieran atención especial, no ha implementado y seguido políticas y procedimientos que permitan manejos seguros de residuos y desechos y eficaces controles de fugas y derrames.

Los principales riesgos potenciales existentes son la contaminación de aguas y del aire, perjudicando en primer término a la población aledaña y posteriormente, dependiendo del grado, duración y frecuencia, así como del lugar y foco de la emisión de los contaminantes, a la población circundante incluso hasta un radio de 10 Km. Los signos y síntomas de la tabla 9, se empezarian a presentar en la comunidad circundante a partir de 8 a 10 años y solamente si las deficiencias de dicha empresa provocan intoxicaciones por exposiciones por encima de los TLV's específicos de cada pigmento, debidas a contaminación de agua potable, de riego, alimentos y aire utilizados por dicha población circundante.

En caso de existir un desastre o una emisión descontrolada de contaminantes conteniendo los pigmentos inorgánicos riesgosos objeto de este estudio, la cual provoque intoxicaciones agudas a la comunidad circundante, se presentarían las consecuencias extremas de la tabla 10 aún a un corto plazo, el cual puede variar desde dos meses hasta tres años después de dicho desastre.

III MANEJO SEGURO

El manejo seguro de los pigmentos inorgánicos riesgosos y en general de cualquier sustancia química debe involucrar, desde el punto de vista de los autores, prácticas de higiene, así como la recepción en planta, almacenamiento, distribución interna, uso en áreas operativas específicas, manejo de productos terminados y desechos de manera que toda norma establecida sea respetada y seguida en cada una de las operaciones individuales.

Es importante señalar, que a pesar de que los posibles daños a la salud del personal no se presentan a corto plazo se requiere mantener siempre la exposición por abajo de los TLV's correspondientes y en el caso de productos cancerígenos confirmados, no sobrepasar el STEL. También se debe asegurar que no haya efectos a futuro en las personas que tengan contacto con estos compuestos químicos. Esto puede lograrse, como se mencionó al inicio de este trabajo mediante controles de ingeniería que sean eficaces en relación al costo de las instalaciones y operaciones involucradas, y complementándose con el uso de equipo de protección del personal. Además como medidas adicionales es necesario hacer uso de controles administrativos tales como los procedimientos de operación y procedimientos generales de área, que orientan al trabajador en su labor específica y el seguimiento de prácticas de higiene tanto personal como colectiva.

1. Procedimientos de operación

Deben reunir aspectos técnicos y de mantenimiento y tomar en cuenta reglas de seguridad para todas las operaciones involucradas en el manejo de materiales y equipo. Dentro de este punto es necesario considerar el entrenamiento técnico y reentrenamiento periódico del personal y la verificación en campo de los parámetros establecidos para corregir errores, desviaciones y riesgos innecesarios en las actividades diarias. Los responsables de cada área (producción, bodega, laboratorio, mantenimiento, etc.) serán las personas que elaboren, revisen, actualicen y den seguimiento a cada procedimiento específico de su área.

2. Prácticas de higiene personal y colectiva

Este tipo de control administrativo juega un papel muy importante en los programas de salud ocupacional de una empresa química, ya que se encamina a evitar contactos y contaminaciones mediante la observación de buenos hábitos de trabajo que pueden incluso alcanzarse, posterior al turno laboral, en el ámbito familiar.

A continuación se describen algunas prácticas de higiene personal que se proponen para personal en contacto con los mencionados pigmentos.

Prácticas de higiene personal

1. Evitar todo contacto de la piel con cualquier pigmento, y de existir lavar inmediatamente el área afectada
2. No ingerir o llevarse a la boca ningún pigmento
3. No comer, beber, fumar o masticar en una área operativa o al realizar una operación
4. Lavarse inmediatamente después de realizar una operación y antes de comer o fumar
5. Tomar un baño completo y cambiarse de ropa inmediatamente después de realizar una operación

Prácticas de higiene colectiva

1. Separar la ropa de trabajo contaminada de la ropa limpia y de la sucia sin contaminar
2. Nunca envasar este tipo de pigmentos en envases destinados para alimentos
3. Limpiar y recoger inmediatamente cualquier cantidad derramada de pigmento
4. Los envases y recipientes con pigmentos deberán permanecer siempre cerrados cuando no estén siendo utilizados

Al igual que los procedimientos de operación es necesario periódicamente monitorear y verificar que estas prácticas sean observadas durante toda actividad operativa para corregir cualquier anomalía y convencer al personal de los daños que cualquier desviación puede acarrear.

3. Equipo de protección personal requerido

Debido a la importancia que tiene el hombre, como individuo, en la sociedad actual, a la diversidad de sus actividades y a la escasa protección con que cuenta su organismo ante agentes externos sobre todo sintéticos, tales como productos químicos agresivos, que se emplean y se descubren diariamente, es necesario proveerlo de recursos adecuados como entrenamiento, equipo, instalaciones, etc., para proteger su integridad tanto física como mental, de daños crónicos y agudos ocasionados por la naturaleza de dichos agentes externos y por las condiciones en que éstos son producidos y manejados.

Antes de evaluar cual es el equipo de protección necesario para el manejo de los pigmentos inorgánicos considerados como riesgosos en el presente trabajo, se mencionarán breve y escuetamente las características más relevantes de los principales componentes que forman el cuerpo humano.

El cuerpo humano está constituido de varios sistemas de órganos y tejidos, cada uno de los cuales tiene una función específica y esencial, por ejemplo, cuenta con aproximadamente 2 m² de piel, la cual evita que escapen los fluidos corporales al exterior, disipa el calor por medio de la acción capilar y de la transpiración, y es también sensible a diversas temperaturas, formas y texturas.

Los pulmones tienen alrededor de 100 m² de superficie alveolar, permiten absorber oxígeno y eliminar el CO₂ producido.

Los ojos como parte fundamental del organismo permiten el contacto y la interacción con el entorno mediante la vista.

El corazón, vasos sanguíneos y sistema linfático transportan nutrientes y oxígeno a las diferentes partes del cuerpo.

El sistema nervioso provee el movimiento y el pensamiento al individuo.

El hígado almacena alimento en forma de glucógeno, procesa y metaboliza los desperdicios para que sean eliminados y secreta enzimas para la digestión.

Los riñones eliminan los desechos mediante la orina.

Los órganos reproductivos permiten al hombre mantener la continuidad de su especie.

Es oportuno ahora, señalar la importancia que tienen las diversas rutas de entrada con que cuenta el organismo, dentro del contexto de la salud ocupacional para poder lograr así una correcta definición del equipo personal requerido.

Las rutas de entrada al organismo son:

- A. Inhalación
- B. Absorción a través de la piel
- C. Ingestión
- D. Absorción a través de los ojos

A. Inhalación

Mediante el sistema respiratorio, los gases y vapores pasan libremente al interior del cuerpo, en cambio para las partículas esta condición varía ya que éstas deben de ser de tamaño muy pequeño para llegar hasta los alveólos. Las partículas mayores de 7 micras (densidad = 1 g / cm³), son detenidas o se depositan en la nariz o en los conductos para aire y son removidos por la capa mucociliar, de esta manera salen del sistema respiratorio y son tragadas. Este mecanismo provee cierta protección contra productos químicos sólidos que pueden dañar los pulmones, pero permite no obstante la introducción de venenos sistemáticos, tales como pequeñas partículas, gases y vapores tóxicos que afectan al organismo paulatinamente.

Debido a la naturaleza física de los pigmentos (sólidos finos polvosos) esta ruta de entrada es la más viable para que suceda una intoxicación sistemática del cuerpo, por lo que se recomienda el uso de sistemas de ventilación, de extracción de polvos (ciclones, colectores de polvos, etc.) y el empleo de protección respiratoria.

Selección del equipo de protección respiratoria

En el mercado actual, se pueden encontrar diferentes tipos de protectores respiratorios, para cuya selección, es necesario tomar en consideración los siguientes puntos:

- a. Naturaleza del riesgo.
- b. Severidad del riesgo.
- c. Propiedades físicas y químicas y tipo de pigmento.
- d. Concentración.
- e. Periodo de protección requerido.
- f. Localización del área contaminada.
- g. Actividades desarrolladas por el operador.
- h. Características de la operación y limitaciones del equipo de protección respiratoria.
- i. Regulaciones de seguridad laboral y ecológicas locales y estatales.

La tabla que se presenta a continuación muestra los diferentes tipos de respiradores empleados en la industria química y su uso adecuado de acuerdo al riesgo involucrado.

Tabla 12. Tipos existentes de equipo de protección respiratoria.

Riesgo.

Deficiencia de oxígeno.

Tipo de respirador.

Respirador con equipo de aire autónomo.
Respirador con línea de aire.

Riesgo.

Contaminante gaseoso de riesgo inmediato para la vida.

Tipo de respirador.

Respirador con equipo de aire autónomo.
Respirador con línea de aire.

Riesgo.

Contaminante gaseoso sin riesgo inmediato para la vida.

Tipo de respirador.

Respirador con equipo de aire autónomo.
Respirador con cartuchos químicos.

Riesgo.

Contaminante en forma de partícula de riesgo inmediato para la vida.

Tipo de respirador.

Respirador con equipo de aire autónomo.
Respirador con línea de aire.

Riesgo.

Contaminante en forma de partícula sin riesgo inmediato para la vida (Pigmentos inorgánicos riesgosos).

Tipo de respirador.

Respirador con filtros mecánicos y cartuchos químicos.

Riesgo.

Combinación de contaminantes gaseosos y en forma de partícula de riesgo inmediato para la vida.

Tipo de respirador.

Respirador con equipo de aire autónomo.
Respirador con línea de aire.

Riesgo.

Combinación de contaminantes gaseosos y en forma de partícula sin riesgo inmediato para la vida.

Tipo de respirador.

Respirador con filtros mecánicos y cartuchos químicos.

Métodos, usos y limitaciones de los diferentes tipos de mascarillas y respiradores.

Durante el desarrollo del presente estudio, los autores encontraron diversos tipos de protectores respiratorios disponibles en el mercado. A continuación se muestran algunos ejemplos:

1. Mascarillas sencillas

Método de operación

Los gases, vapores tóxicos y polvos son removidos durante la inhalación por la adsorción, reacción química o catálisis o la combinación de éstas con el compuesto absorbente de la mascarilla. La exhalación del aire es dirigida a la atmósfera.

Uso

Proporcionan protección respiratoria para gases y vapores y combinación de ambos. Empleadas únicamente para escape de lugares con altas concentraciones de contaminantes

Limitaciones

Su utilización no está permitida en atmósferas que contengan menos de 19.5 % de oxígeno y en concentraciones altas de contaminantes gaseosos. Tampoco pueden ser empleadas en atmósferas irritantes a la piel, ni durante tiempos de exposición mayores a una hora. Esta mascarilla es desechable pues una vez que el material absorbente se satura, esta no puede ser reutilizada.

2. Mascarillas de una sola pieza (mascarilla con canastilla para gas).

Método de operación

Los gases, vapores tóxicos y polvos son removidos durante la inhalación por la adsorción, reacción química o catálisis o la combinación de éstas con el compuesto absorbente de la canastilla. La exhalación del aire es dirigida a la atmósfera.

Uso

Proporciona protección contra gases, vapores y combinación de ambos.

Limitaciones

Su utilización no está permitida en atmósferas que contengan menos de 19.5 % de oxígeno y en concentraciones altas de contaminantes gaseosos. Tampoco pueden ser empleadas en atmósferas

irritantes a la piel. Esta mascarilla es desechable pues una vez que el material absorbente se satura, esta no puede ser reutilizada.

3. Mascarillas con cartuchos quimicos.

Método de operación

Los gases, vapores tóxicos y polvos son removidos durante la inhalación por la adsorción, reacción química o catálisis o la combinación de éstas con el compuesto absorbente de la mascarilla. La exhalación del aire es dirigida a la atmósfera.

Uso

Proporciona protección contra gases, vapores, combinación de ambos y polvos.

Limitaciones

Su utilización no está permitida en atmósferas que contengan menos de 19.5 % de oxígeno y en concentraciones altas de contaminantes gaseosos. Tampoco pueden ser empleadas en atmósferas irritantes a la piel. A diferencia de la mascarilla de una sola pieza, esta brinda mayor protección debido a que el área de contacto del material absorbente es aproximadamente el doble, además debido a que los cartuchos son reemplazables el costo de operación es menor.

4. Mascarillas con cartuchos y filtros mecánicos

Método de operación

Los gases, vapores tóxicos, polvos y nieblas son removidos en dos etapas: En la primera los filtros retienen y separan los polvos y posteriormente los cartuchos retienen tanto nieblas como gases y vapores. La exhalación del aire es dirigida a la atmósfera.

Uso

Proporcionan protección respiratoria contra partículas contaminantes presentes en humos, nieblas, polvos, gases y vapores por la acción de los filtros mecánicos. Este tipo de respiradores es el que los autores recomiendan para ser usado en la industria de los recubrimientos y manufactura de pigmentos por la doble protección que brindan.

Limitaciones

Su uso está restringido a concentraciones de polvos que no generen un taponamiento rápido en los filtros, además no proporcionan protección en

atmósferas con deficiencia de oxígeno. No deben ser utilizados en atmósferas irritantes a la piel.

5. Respiradores con cilindros de aire a alta presión

Existen dos tipos:

- a. Por demanda de aire
- b. Con recirculación de aire

a. Por demanda de aire

Método de operación

El aire de los cilindros de alta presión es suministrado al respirador. El aire exhalado es dirigido a la atmósfera

Uso

Se emplean cuando existen condiciones riesgosas para la vida y para distancias de más de 100 mts de una fuente de aire respirable y solamente durante revisar periodos máximos de 30 minutos.

Limitaciones

Se requiere entrenamiento exhaustivo al personal para el uso y cuidado del equipo. Debido a su peso, el personal usuario se fatiga rápidamente.

b. Con recirculación de aire

Método de operación

El aire de los cilindros de alta presión es suministrado al circuito cerrado que forma el respirador y la cara del usuario. Este es mezclado y posteriormente recirculado.

Uso

Se emplean cuando existen condiciones riesgosas para la vida y para distancias de más de 100 mts de una fuente de aire respirable y solamente durante periodos máximos de 30 minutos.

Limitaciones

Se requiere entrenamiento exhaustivo al personal para el uso y cuidado del equipo. Debido a su peso, el personal usuario se fatiga rápidamente. Pero a diferencia del anterior, éste depende de la saturación de CO₂ del aire que se está recirculando.

6. Respiradores con línea de aire

Método de operación

El aire presurizado es suministrado a través de una manguera de diámetro pequeño.

Uso

Proporcionan protección respiratoria de acuerdo a la duración de los cilindros.

Limitaciones

La manguera y conexiones deben ser revisadas periódicamente para detectar y evitar que existan fugas.

Revisando la información que se ha obtenido, referente a los tipos de mascarillas y respiradores, se puede definir el equipo de protección respiratoria requerido para manejar pigmentos inorgánicos riesgosos, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 13. Protección respiratoria para pigmentos inorgánicos riesgosos a diferentes concentraciones.

Conc. Máxima del pigmento en el aire	Rango de concentración del metal del pigmento (mg / m ³)		
	Pb	Cr	Cd
TLV x 2	0.15 - 0.30	0.01 - 0.02	0.05 - 0.10
Tipo de mascarilla requerida			
Mascarilla con cartuchos químicos			
TLV x 10	0.30 - 1.50	0.02 - 0.10	0.10 - 0.50
Tipo de mascarilla requerida			
Mascarilla con cartuchos y filtros mecánicos			
TLV x 50	1.50 - 7.50	0.10 - 0.50	0.50 - 2.50
Tipo de respirador requerido			
Mascarilla para cobertura completa de la cara con filtros químicos y mecánicos			

Una vez seleccionado el equipo de protección respiratoria es oportuno considerar las siguientes sugerencias referentes a su implementación y cuidado, para lograr así un óptimo uso de dicho equipo y poderlo complementar con otras medidas tomadas para la protección del personal.

1. Cada sitio donde se maneje algún pigmento inorgánico riesgoso deberá contar con un programa de entrenamiento, uso, manejo, inspección y cuidado del equipo de protección respiratoria.
2. Este tipo de protección no deberá sustituir a los sistemas de ventilación y extracción que vayan a ser instalados, sino complementarlos.
3. El uso del equipo de protección respiratoria deberá contar con la aprobación médica del lugar de trabajo, además de ser documentado en el archivo clínico de cada trabajador.
4. Los respiradores sin línea de aire no deberán ser usados en atmósferas con riesgos inmediatos a la salud.
5. El personal que emplee rutinariamente protección respiratoria no deberá usar barba para facilitar así el adecuado sello de la mascarilla con la cara.
6. Para la limpieza, mantenimiento y almacenamiento cotidianos deberá proveerse una estación de lavado que cuente con compartimientos para guardar los equipos cuando no estén siendo utilizados y con refacciones para el caso de una reparación o reemplazo. De esta manera, el equipo una vez limpio, deberá ser almacenado seco y fuera de los rayos del sol a una temperatura moderada.

B. Absorción a través de la piel

La piel es la capa externa del cuerpo humano que proporciona cierta resistencia a algunos productos químicos, a través del estrato córneo; retiene los fluidos del cuerpo; disipa el calor por acción capilar y mediante la transpiración. A la vez es sensible a formas, texturas y temperaturas.

Para proteger a la piel cuando exista el riesgo de exposición o contacto a sustancias químicas riesgosas se deberá utilizar un equipo de protección, el cual es necesario definir debido a la gran variedad de materiales que se manejan hoy en día.

Selección del equipo de protección para la piel

Los siguientes factores, aunados a los ya mencionados para la selección del equipo de protección respiratoria, deberán ser considerados para seleccionar el adecuado equipo de protección para la piel:

- a. Naturaleza del riesgo.
- b. Severidad del riesgo.
- c. Propiedades físicas y químicas y tipo de pigmento.
- d. Temperatura en el área operativa.
- e. Requerimientos de visibilidad.
- f. Localización del área contaminada.
- g. Actividades desarrolladas por el operador.
- h. Características de la operación y limitaciones del equipo de protección para la piel.
- i. Compatibilidad y resistencia del material de construcción del equipo de protección

Existen diferentes tipos de equipos de protección para la superficie corporal, los cuales son descritos a continuación:

1. Guantes
Son empleados cuando existe el riesgo de contacto con las manos y antebrazos.
2. Mandiles
Están diseñados para proteger la parte frontal del tronco y muslos.
3. Careta y goggles
Proporcionan protección para la cara, cabeza y ojos contra salpicaduras y proyecciones de objetos.

4. Protección para los pies
Proporcionan protección para los pies contra salpicaduras y caídas de objetos pesados.
5. Batas y trajes completos desechables
Proveen protección para el tronco, brazos, antebrazos y muslos. Se fabrican en una o dos piezas con fibras ligeras como el polietileno, butilo, Tyvek, etc., permiten gran movilidad. Dependiendo del tipo de fibra pueden tener mayor resistencia a la permeación de ciertos líquidos y polvos, pero en general no cuentan con buena resistencia a la rotura.
6. Traje antiácido
Este equipo es empleado comúnmente para el manejo de ácidos y álcalis y está constituido por chaqueta, pantalón, guantes y botas. En algunos casos se cuenta con una cubierta para la cabeza con una conexión para línea de aire.
7. Traje totalmente cerrado (Chemical proof)
Este equipo aísla totalmente el cuerpo del medio ambiente externo, cuenta con equipo de aire autónomo y con sellos y cierres herméticos. Es usado para manejar sustancias extremadamente peligrosas.

En general se puede decir que la base para la fabricación de los equipos para protección para la piel son compuestos poliméricos como hule, PVC, polietileno, neopreno, Tyvek, Viton, alcohol polivinílico, etc.

Además estos materiales se presentan en varios espesores, y es común también encontrar dos o más tipos de fibras en un mismo equipo protector debido a las diferentes características de los polímeros y a la ampliación del efecto protector que brindan dichas combinaciones.

En lo relativo a su implementación y cuidado, se mencionarán a continuación algunas recomendaciones para el óptimo empleo de dicho equipo.

1. Este equipo deberá complementar al uso de equipo de protección respiratoria así como a la implementación de sistemas de ventilación y extracción del área operativa.
2. También deberán existir tanto un programa de uso, entrenamiento, manejo, almacenamiento, inspección, cuidado y mantenimiento del equipo como la aprobación médica local debidamente documentada.

3. El equipo de protección total debe ser provisto cuando se presente una situación de riesgo inmediato para la vida.
4. Todo equipo debe ser exhaustivamente limpiado inmediatamente después de haber sido usado.
5. Se deberán realizar inspecciones visuales antes de usar el equipo para detectar fugas, roturas, contaminación, etc.
6. Se deberán implementar sitios y recipientes para desechar y destruir equipo en mal estado o contaminado.
7. Las reparaciones del equipo deberán ser realizadas por personal entrenado y utilizando métodos y materiales aprobados para el caso.

Las siguientes tablas (13, 14 y 15), muestran algunos de los materiales que se pueden utilizar para la fabricación del equipo de protección para la piel en la industria química relacionada con el uso de pigmentos inorgánicos riesgosos, así como su comportamiento al ser sometidos a algunas pruebas físicas y sustancias químicas.

Tabla 14. Resistencia de diferentes materiales ante el ataque de algunas sustancias químicas.

Sustancia química	Látex	Neopreno	NBR	PVC	PVA	PE
Acet. de cellosolve	P	B	---	B	R	E
Naftas alifáticas	P	E	---	E	P	---
Naftas aromáticas	P	B	---	B	P	---
Pintura	E	E	---	E	---	---
Removedores de pint.	P	B	P	R	P	B
Resinas epóxicas	E	E	E	E	E	E
Sales inorgánicas	E	E	---	E	B	---
Thinner para pint.	P	R	P	B	P	E
Aceite de linaza	P	P	B	B	R	E
Aceite de ricino	P	E	---	R	B	E
Aceites vegetales	P	E	B	B	R	E
Acetato de etilo	P	P	B	R	P	P
Acidos grasos	P	E	---	E	B	---
A. isobutilico	E	E	---	E	B	R
Diisocianato	P	R	---	B	R	R
Dióxido de carbono	E	E	---	E	E	---
Emulsificantes	B	B	---	R	R	---
Eteres	B	E	---	E	P	---
Formaldehido	R	R	E	E	P	P
Gasolina (Pb)	P	B	---	B	P	---
Gasolina (No Pb)	P	E	P	R	P	E
Glicerina	E	E	---	E	E	R
Metil isob. cetona	P	P	B	B	---	B
Metil metacrilato	B	B	---	B	P	B

NBR = Hule de Butadieno - Neopreno
PVC = Cloruro de polivinilo
PVA = Acetato de polivinilo
PE = Polietileno

E = excelente
B = bueno
R = regular
P = pobre
--- = No recomendable

Tabla 15. Materiales recomendados contra el ataque de algunas sustancias químicas.

Sustancia química	Material recomendado
Acido acético	Látex, neopreno
Acido nítrico	NBR, neopreno
Acido sulfúrico (50 %)	Látex, neopreno
Acidos minerales en general	Neopreno
Acidos orgánicos	NBR, neopreno
Alcoholes	Hule nat, neopreno, PVC
Aminas alifáticas	Neopreno, PVC
Hidrocarburos alif.	NBR, neopreno
Hidrocarburos arom.	NBR, PVA
Amoniaco	NBR, neopreno
Esteres	NBR, neopreno
Acetonas	Hule nat, PVA
Disolventes derivados del petróleo	NBR, neopreno, PVA

Tabla 16. Comportamiento de algunos materiales empleados en la fabricación de EPP al ser sometidos a pruebas físicas.

Material	1	2	3	4	5	6	7
Hule natural y látex	P	E	E	E	P	E	B
Neopreno	R	E	E	E	B	B	P
Butilo	B	B	B	P	B	R	R
PVC	B	R	R	P	R	E	E
PVA	B	E	E	R	R	E	E
PE	E	R	E	P	B	B	B
NBR	E	E	E	R	B	B	B

EPP = Equipo de Protección Personal

- 1 = Abrasión
- 2 = Corte
- 3 = Punción
- 4 = Calor
- 5 = Flexibilidad
- 6 = Agarre en seco
- 7 = Agarre en húmedo

- E = excelente
- B = bueno
- R = regular
- P = pobre

Para lograr una adecuada protección para la piel al realizar operaciones de acomodo, carga, descarga y transporte de pigmentos inorgánicos riesgosos, los autores recomiendan que se utilice el siguiente equipo de protección personal, basados tanto en la información mostrada en páginas anteriores como en lo observado en algunas empresas del ramo de los recubrimientos:

1. Guantes largos de neopreno
2. Mandil de lona ahulada

Adicional a lo anterior, no debe olvidarse, bajo ninguna circunstancia, que el equipo mínimo de protección personal en una empresa del ramo químico debe ser el siguiente de acuerdo a la naturaleza del trabajo involucrado, lo que está respaldado por la Ley Federal de Trabajo.

1. Casco de seguridad
2. Overol de manga larga para trabajo en áreas operativas
3. Zapatos de seguridad, de cuero con casquillo de acero

Una vez finalizadas las operaciones con este tipo de pigmentos es necesario que los trabajadores tomen un baño completo de cuerpo entero con agua y jabón para eliminar cualquier residuo riesgoso, se cambien la ropa de trabajo depositándola en un recipiente específico para ropa contaminada con este tipo de materiales, y que además limpien perfectamente todo el equipo de protección personal restante que fué utilizado que estuvo en contacto con dichos pigmentos.

C. Ingestión

La membrana mucosa existente en la boca y en el tracto gastrointestinal es básicamente piel sin un estrato córneo, el cual como se mencionó anteriormente es el que imparte a la piel cierto grado de resistencia a la penetración de agentes químicos. Por lo tanto a excepción de los compuestos insolubles, todos los demás pueden ser absorbidos a través del intestino.

La sangre del estómago pasa directamente al hígado antes de pasar al resto del cuerpo. Esto permite la detoxificación de productos químicos externos presentes en pequeñas cantidades, lo que puede resultar en un efecto menos dañino que por inhalación o absorción a través de la piel.

Por lo general se considera muy poco probable la ingestión en el lugar de trabajo como ruta de entrada para un envenenamiento con un pigmento inorgánico riesgoso. Sin embargo, esto puede ocurrir debido a algunas de las siguientes causas:

- a. No lavarse las manos después de terminar de manejar dichos pigmentos
- b. Almacenar alimentos en áreas operativas
- c. Comer, beber, fumar o masticar en áreas operativas
- d. Por ingestión mucociliar, procedente de los pulmones

Las tres primeras causas deben ser eliminadas siguiendo adecuadas prácticas de higiene tanto personal como colectiva y la última mediante el uso óptimo del equipo de protección respiratoria requerido para el caso.

D. Absorción a través de los ojos

Los ojos son los órganos más sensibles que se tienen en la superficie corporal, es por esta razón que el contacto con toda sustancia química debe ser evitado mediante el uso de equipo de protección apoyado nuevamente con rigurosas prácticas de higiene. Las consecuencias ocasionadas por contacto pueden ser lagrimeo, irritación severa, corrosión y daño al nervio óptico y retina.

A continuación se describen diferentes tipos de equipo de protección para los ojos de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolla y a la protección que se quiere obtener:

1. Careta

Proporciona protección para la cara, cabeza y ojos contra salpicaduras de líquidos y polvos y proyecciones de objetos. Se recomienda el uso de la careta además de anteojos de seguridad y goggles cuando exista un alto riesgo de salpicadura con líquidos o polvos muy irritantes o riesgosos.

2. Goggles para soldar

Existen dos tipos principalmente: los individuales y los sujetos a una cubierta. En ambos casos se cuenta con un vidrio oscuro que protege contra la intensa luz y un cuerpo de metal que además protege contra la salpicadura de chispas eléctricas. Algunos modelos cuentan con ventilación individual para minimizar el contacto con humos y partículas surgidas durante la operación.

3. Goggles de accesorios flexibles

Se utilizan en ambientes con exposición a polvos, humos, líquidos y nieblas. Están provistos con ventilación indirecta. El cuerpo de los goggles es de plástico flexible y transparente con lo cual sellan a la cara cubriendo totalmente los ojos y permitiendo una adecuada visibilidad.

La limpieza de los goggles deberá realizarse con agua y jabón inmediatamente después de que haya terminado su utilización. Cabe mencionar que los lentes de contacto y los normales graduados no proporcionan una adecuada protección en áreas operativas contra polvos, humos, nieblas, etc., por lo que no deberán ser usados bajo ninguna circunstancia sin unos goggles que los protejan y aislen de la atmósfera riesgosa. Dichos lentes solamente podrán ser utilizados en oficinas y áreas donde no existan materiales y operaciones riesgosas.

Los lentes de seguridad sin protectores laterales o con éstos, únicamente protegen contra proyecciones de objetos o partículas hacia el ojo incluyendo salpicaduras menores pero en ningún caso son suficientes para proteger adecuadamente los ojos en actividades que involucren pigmentos inorgánicos riesgosos.

El espesor requerido para lentes de seguridad deberá ser mínimo de 3 mm, para goggles de 1.27 mm y para caretas de 1 mm. Todos los protectores antes mencionados deben exhibir una óptima calidad óptica, prismática, refractiva así como una ligera transmitancia.

El material más comúnmente utilizado es el policarbonato de alta resistencia e inhibidor de luz ultravioleta, ya que posee buena transparencia, dureza, flexibilidad, durabilidad, ligereza y costo.

A continuación y a manera de resumen, se presenta una tabla que incluye los diferentes tipos de equipo de protección personal que se recomienda utilizar al realizar operaciones con pigmentos inorgánicos riesgosos.

Tabla 17. Equipo de protección personal recomendado para pigmentos inorgánicos riesgosos.

Pigmentos inorgánicos riesgosos estudiados en el presente trabajo

Blanco de plomo
Amarillo de zinc
Amarillo de cromo
Litargirio amarillo
Verde de cromo
Verde óxido de cromo
Naranja molibdato
Anaranjado de cadmio
Cromato silícico de plomo
Óxido de plomo rojo

Protección para los ojos

Goggles flexibles	Para acomodo, transporte pesado y para manejo en pequeñas cantidades en laboratorio
Goggles flexibles y careta	Para el cargado de pigmento en tanques y vaciado de sacos en general

Protección para la piel

Guantes largos de neopreno	Para acomodo, transporte, pesado, cargado y vaciado
Guantes desechables	Para manejo de pequeñas cantidades en laboratorio
Mandil de lona ahulada	Para acomodo, transporte, pesado, cargado y vaciado
Zapatos de seguridad	Para acomodo, transporte, pesado, cargado y vaciado
Overol de manga larga	Para acomodo, transporte, pesado, cargado y vaciado
Bata larga	Para manejo de pequeñas cantidades en laboratorio

Protección respiratoria

Mascarilla con filtros químicos y mecánicos	Para concentraciones iguales al TLV y hasta diez veces el TLV
Mascarilla para cobertura completa de la cara con filtros químicos y mecánicos	Para concentraciones desde diez hasta cincuenta veces el TLV
Mascarilla para cobertura completa con línea de aire	Para concentraciones mayores a cincuenta veces el TLV

4. Recepción en planta

Dentro de las actividades que involucran la operación diaria de una planta industrial se encuentra la recepción de materiales y equipo (envases y empaques, materias primas, maquinaria, etc.), los cuales son suministrados en recipientes y contenedores de diferentes características tales como sacos, cufetes, cubetas, porrones, tarimas, etc., teniéndose con esto una compleja operación para el manejo de los mismos. Debido a esta diversidad, es necesario llevar un control para eliminar riesgos en el traslado, almacenamiento y proceso de transformación en las áreas operativas que pueden traer consigo daños al personal y gastos innecesarios para la empresa.

La lista que a continuación se muestra, indica en una forma general los pasos que deben tomarse en cuenta para llevar a cabo el control antes descrito.

1. Todas las áreas destinadas a la carga y descarga de materiales, deberán estar localizadas fuera de las principales vías de tráfico para no interrumpir los trabajos que se estén realizando y eliminar riesgos de atropellamiento, choque y derrame.

2. Las áreas deberán estar acondicionadas para poder controlar derrames de los desechos generados durante la operación, esto además de formar parte del orden y limpieza propios del área, elimina condiciones de riesgo para los trabajadores (caídas, contaminación, etc.).
3. Si los lugares de carga y descarga se usan durante la noche, éstos deberán contar con suficiente iluminación para evitar cualquier riesgo por falta de visibilidad (derrames, caídas, manejo inadecuado de los materiales, etc.).
4. El personal asignado a la operación de recepción tendrá la responsabilidad de verificar que todos los materiales recibidos correspondan a los especificados en las órdenes de compra y remisiones, (cantidad, características físicas, estado de los recipientes que lo contienen, etc.), además deberá tomar todas las precauciones necesarias en cuanto a equipo de protección personal requerido para manejar dichos materiales. A su vez, se deberá revisar que los recipientes y envases que contienen el material se encuentren en buen estado, sin rasgaduras, perforaciones, etc., evitando así el riesgo de derrame y contacto directo con el personal.
5. Para el caso de materias primas (pigmentos, disolventes, etc.) se deberá contar en la oficina de recepción de materiales, con la información técnica y de seguridad de cada uno de ellos que indique propiedades físicas, químicas y toxicológicas así como procedimientos de emergencia en caso de derrame y/o contacto con el personal.
6. La autorización de recepción, el desembarco y acomodo de los materiales se deberá realizar de acuerdo a un procedimiento que indique el manejo adecuado y el uso necesario de equipo de protección personal requerido para el caso, así como las instrucciones adecuadas de almacenamiento, de tal manera que no exista riesgo de caída de recipientes, materiales, derrames, daño a sacos y recipientes por la acción de la intemperie, etc. Todo material deberá ser inicialmente identificado y etiquetado con su nombre y código interno, así como con su clasificación de seguridad y toxicológica, y posteriormente almacenado.

7. En caso de no ser aprobado el material, éste no podrá ser almacenado sin ser etiquetado, indicando que no podrá ser usado hasta liberarse su aprobación y por lo tanto deberá ser mantenido en áreas de confinamiento especial, (cuarentena, pendiente de aprobación, etc.).
8. En caso de que ocurra un derrame o fuga de material al ser recibido éste en la planta, se deberán tomar todas las precauciones necesarias para evitar contaminación a drenajes, alcantarillas y canales tanto locales como municipales. Y se deberá controlar dicho evento a la brevedad posible y cumpliendo con las regulaciones gubernamentales de control ambiental.

5. Almacenamiento

En este apartado, se sitúan las operaciones relacionadas y realizadas en las áreas destinadas al almacenamiento, tales como bodegas, patios, tanto techados como descubiertos, tanques, etc.

Las operaciones involucradas tales como: identificación, etiquetado, clasificación, acomodo, traslado y segregación, pueden llegar a ser muy complejas, dependiendo de las características físicas, químicas y toxicológicas de los materiales a almacenar, (líquidos inflamables y volátiles, gases inflamables y/o tóxicos, sólidos inflamables, irritantes, etc.).

En el caso específico del presente trabajo esto se simplifica debido a la naturaleza de los pigmentos a tratar, siendo éstos, como se sabe, sólidos finamente divididos, no volátiles, contenidos en todos los casos, en sacos cerrados mediante costura industrial, de doble capa de papel grueso y en algunos casos incluso con una bolsa interior de polietileno sellada, o en cuñetes cilíndricos de cartón cerrados con grapas y con bolsa interior de polietileno sellada.

A continuación se enuncian algunos puntos generales que deberán ser considerados para la organización, estructuración y operación de la capacidad de almacenamiento de una planta.

1. Las áreas de almacenamiento deberán estar delimitadas de las áreas destinadas para el acceso, tránsito, producción, mantenimiento, etc. Las vías de tránsito a otras áreas adyacentes a las de almacenamiento no deberán de cruzar estas últimas, evitando así la exposición innecesaria del personal.
2. Bajo condiciones normales de operación, un área de almacenamiento techada requiere: buena ventilación, que en la mayoría de los casos es natural, mediante puertas y ventanas, soportada por ventiladores naturales tipo cebolla, instalados en el techo; el uso adecuado del equipo de protección personal requerido para el caso; y adecuadas prácticas de orden, limpieza e higiene. Un sistema de extracción y/o recolección de polvos, es recomendado únicamente para el área productiva, ya que se considera que durante el almacenamiento, el pigmento se encuentra contenido en sus envases y recipientes y solamente en casos aislados y desviados de la operación normal (derrames, fugas, etc.), se tendría contacto con el material.
3. El diseño de una bodega debe incluir estudios previos de la geología y topografía del terreno en donde se instalará ésta, para que en caso de ocurrir un desastre (incendio, explosión, derrame, etc.) no se contamine algún manto freático existente en las cercanías.
4. Inmediatamente después de que el ingreso del material ha sido registrado, éste debe ser identificado, esté aprobado o no. La identificación debe ser individual para cada tarima y estiba, mostrando claramente y de manera impresa, el nombre y código interno del material, clasificación de seguridad y toxicológica, fecha de recepción y número de lote. Adicionalmente y en caso de requerirse, deberá existir una leyenda indicando si el material es riesgoso, cancerígeno, etc., requiriéndose por lo tanto una atención especial al manipularlo.
5. En el caso de los pigmentos inorgánicos riesgosos, se deberá destinar una sola área específica, confinada y con buena ventilación, para todos ellos, evitando así, la exposición innecesaria. Dicha área deberá contar con carteles que indiquen el confinamiento y el equipo requerido, así como las instrucciones de emergencia en caso de contacto directo.

6. La colocación de sacos en cada estiba, deberá ser cruzada, en forma de amarre alternado y escalonado, para mantener la estabilidad. El número máximo de capas de sacos por estiba, no deberá exceder a once y el número de estibas de sacos superpuestas no deberá ser más alto que cuatro. Al realizar algún movimiento de estibas, siempre deberá iniciarse éste, por la estiba más alta y mover las estibas siempre de una en una. Para el caso de cuñetes, cada estiba solamente deberá contener cinco, formando una sola hilera de éstos y el máximo será de una altura de tres estibas, empezando también por la estiba superior.
7. Debido a que la operación de acomodo y disposición de materiales se efectúa con la ayuda de un montacargas, preferentemente eléctrico, es indispensable que el operario que lo maneje esté calificado para operar dicho equipo, así como entrenado en la operación general de las áreas de almacenamiento.
8. En el manejo de muestras y transvase de cantidades menores a 5 kgs se deberá utilizar adecuadamente el equipo de protección personal indicado.
9. Se deberán realizar revisiones periódicas y programadas para verificar el estado del almacenamiento, acomodo de estibas, de los envases, recipientes, empaques, etc., así como la identificación y adecuado confinamiento de materiales riesgosos y de uso restringido.

6. Distribución interna

Las empresas en la actualidad cuentan con áreas específicas para el almacenamiento, tanto de materias primas como de productos intermedios, terminados y residuos; para las diferentes etapas productivas de cada proceso y aún para los subproductos y desechos generados. Dichas áreas se interrelacionan mediante actividades auxiliares, tales como la identificación y segregación de materiales, el pesado y cargado y el traslado de una área a otra. Una eficiente distribución interna permite que el proceso se efectúe en forma rápida y segura, transportando adecuadamente los materiales, ya sea por tuberías, bombas centrifugas, reciprocantes, de

desplazamiento positivo, de cavidad progresiva, etc.; en el caso de líquidos, mediante transportadores neumáticos, bandas, cangilones, etc.; en el caso de sólidos a granel, y finalmente en el caso de sólidos contenidos en recipientes, tales como sacos, bolsas y cuñetes, utilizando montacargas, tanto eléctricos como de combustión interna, tripulados o robots, patines hidráulicos, carros transportadores, polipastos, etc.

Para el particular caso de los pigmentos que ocupan el presente trabajo la distribución interna se simplifica al manejo de los recipientes ya mencionados tanto llenos como vacíos con producto por procesarse y posteriormente con residuos y desechos generados durante el proceso.

Para el caso específico de la distribución interna, en el presente trabajo se recomienda llevar a cabo los siguientes puntos, que establecen las condiciones generales requeridas para efectuar esta operación en forma segura.

1. El pesado y segregación de la materia prima debe realizarse empleando el equipo de protección personal requerido para el caso y en las maniobras necesarias se deberá contar con la ayuda de patines hidráulicos, poleas y montacargas, para eliminar una posible lesión por sobreesfuerzo. Bajo ningún motivo el personal levantará o trasladará recipientes con un peso superior a 25 kg, sin ayuda alguna. Se deberá entonces, pedir ayuda al personal del área y utilizar el equipo anteriormente mencionado.
2. Todos los recipientes deberán estar adecuadamente identificados, en buenas condiciones y cerrados, para evitar derrames, fugas y contacto con el personal. En caso de existir recipientes con sobrantes, éstos también deberán estar identificados y cerrados, por pequeña que sea la cantidad remanente.
3. Al trasladar la carga de materia prima, se deberá utilizar siempre, ya sea un montacargas o un patín hidráulico, poniendo atención a la capacidad máxima del equipo que se esté utilizando.
4. En el caso del traslado de estibas, nunca se deberá trasladar más de una estiba a la vez, pues existe riesgo de caída de la carga por inestabilidad y de choque o atropellamiento por falta de visibilidad durante las maniobras.
5. Cualquier derrame generado durante el traslado de la carga, deberá ser limpiado inmediatamente utilizando el equipo de protección requerido para el caso.

6. El traslado de los recipientes vacíos también deberá realizarse con la ayuda del montacargas o con el patín hidráulico, eliminándose así, una vez más, el riesgo de sobreesfuerzo, caídas y contacto con el material.

7. Procesamiento

En la industria de los recubrimientos, ya sean éstos automotrices, industriales o domésticos, el proceso mediante el cual se dispersan las partículas de pigmento en el vehículo aglutinador es la molienda. Hoy en día, ésta puede realizarse principalmente como un proceso por lotes simple o como un proceso continuo con lecho fluidizado, vertical u horizontal, que puede ser también simple o en serie. Ambos tipos de molienda pueden utilizar medios de molienda tanto metálicos como no metálicos (perlas de vidrio, cerámica, zirconio, arena, etc.).

La utilización principal de los pigmentos se inicia propiamente al agregarlos al proceso de fabricación de un recubrimiento, el cual posteriormente llegará hasta el cliente para satisfacer sus requerimientos.

Durante el cargado, es cuando transcurre el periodo de mayor exposición y se genera consecuentemente el mayor riesgo de daño a la salud, ya sea por inhalación, absorción a través de la piel o de los ojos y en menor grado por ingestión.

Debido a lo anterior es necesario contar con sistemas de ventilación natural y mecánica, así como de extracción y colección de polvos, que permitan que en el lugar de trabajo se mantengan las concentraciones de los materiales riesgosos, por abajo de los TLV's correspondientes. El lograr y sostener esta condición permite la eliminación del uso de equipo de protección personal debida a la implementación de adecuados controles de ingeniería y administrativos, sin incurrir en un deterioro de la salud de los trabajadores.

Sin embargo, el equipo de protección personal deberá seguir siendo usado, además de los controles existentes cuando los monitoreos indiquen que el TLV ha sido rebasado al menos en una ocasión y aunque el promedio de estos valores esté por debajo del máximo permitido.

La emisión de contaminantes dentro de un área productiva, tales como polvos y humos se controla mediante sistemas locales de extractores colocados directamente en la fuente emisora, con ventilación por dilución o por una combinación de ambos métodos. Cuando se aplican sistemas de extractores, es preciso introducir suficiente aire fresco para contrarrestar el que está siendo expulsado.

Por lo general, los sistemas locales de extractores se emplean cuando las fuentes contaminantes están concentradas o cuando el contaminante es muy tóxico. Por otra parte, cuando la contaminación proviene de puntos muy dispersos, se recurre generalmente a la ventilación por dilución. Las combinaciones de los dos sistemas mencionados suministran, en ocasiones, la instalación más adecuada al menor costo posible.

Uno de los controles de ingeniería más adecuados para reducir la concentración de polvos y por consecuencia la exposición del personal a los pigmentos inorgánicos riesgosos, es la colección de polvos mediante la cual se logra la separación de las partículas suspendidas en el aire.

Previo al diseño de un sistema de colección de polvos, es necesario conocer las características y propiedades de las partículas suspendidas, siendo una de las más importantes el tamaño de partícula.

Dependiendo principalmente de éste, será el tipo de equipo seleccionado para la colección de polvos. En la tabla 18, que se encuentra en la siguiente página, se muestran algunos de los métodos existentes para la determinación de tamaño de partícula.

Tabla 18. Métodos de análisis para determinar el tamaño de partícula.

Tamaño de partícula en micras	Método general
0.01 - 10	Ultracentrifugación Microscopio electrónico de transmisión y exploración
0.20 - 20	Dispersión de luz Impactor en cascada Sedimentación en húmedo por centrifugación
1 - 100	Microscopio óptico Microscopio con rastreador y contador Sedimentación en seco por gravedad Sedimentación en húmedo por gravedad Cambio de resistividad del electrolito
10	Análisis de tamiz por vía húmeda
100	Análisis de tamiz por vía seca

Las partículas suspendidas con un diámetro mayor a una micra se denominan polvos, y las que tienen el diámetro menor a una micra, se denominan humos.

Los polvos se originan generalmente en la desintegración mecánica de la materia y se pueden volver a dispersar, partiendo de la condición asentada o sedimentada por medios mecánicos como agitación, fluidización, etc.

Una vez que se ha determinado el tamaño de partícula, se efectúan mediciones del nivel de emisiones contaminantes, ya sea por precipitación, retenido en filtros, etc., y se realizan cálculos del volumen diario de dicha emisión y posteriormente se identifica el tipo de contaminante.

Así, se selecciona el tipo de mecanismo que se deberá emplear y que puede ser alguno de los mencionados a continuación:

- + Sedimentación por gravedad
- + Depositación inercial
- + Intercepción de la línea de flujo
- + Depositación por difusión
- + Depositación electrostática
- + Precipitación térmica

La colección de polvos se lleva a cabo de acuerdo a las siguientes etapas:

1. Separación de las partículas sólidas de la corriente gaseosa por depositación en una superficie de colección, mediante:
 - a. Aplicación de un campo de fuerza producido por un gradiente físico, de velocidad, concentración, de campo eléctrico, etc.
 - b. Alto tiempo de retención suficiente para la migración de partículas a la superficie de colección.
2. Retención de lo depositado
3. Remoción del material de la superficie de colección para su recuperación o desecho.

Los equipos más comúnmente utilizados para la colección de polvos son el separador ciclónico o ciclón y el colector de polvos con bolsas filtrantes.

Básicamente, las tres fuerzas involucradas en la recolección de polvos en un separador ciclónico y que actúan sobre las partículas individuales son:

1. Gravitacional, la cual está definida por la ley de Stokes, como la aplicada a cuerpos en caída libre
2. Fricción, la cual es causada por el movimiento relativo de la partícula y el aire y se opone a la fuerza centrífuga que actúa sobre la partícula
3. Centrífuga, la cual es la mayor fuerza causante de la separación de las partículas de polvos de la corriente de aire y es inducida por la rotación de la corriente de aire y polvo dentro del colector.

El rendimiento de un colector de polvos se denomina comúnmente eficiencia de colección y se le designa con el símbolo η , que es la razón del peso del polvo colectado al peso del polvo que entra al equipo.

En un equipo de colección de polvos, varios mecanismos de colección pueden estar operando simultáneamente, estando así la eficiencia y capacidad de colección influidas por las características del gas y partículas, la geometría del equipo, patrón de flujo, etc. En el caso de que existan diferentes tamaños de partícula en la corriente gaseosa, será necesario definir la distribución de tamaños para evitar errores de diseño.

Como ya se mencionó, el ciclón es el equipo de colección de polvo más comúnmente usado en la industria, en el cual el aire con partículas sólidas suspendidas penetra tangencialmente en una cámara cilíndrica o cónica, por uno o más puntos, y sale a través de una abertura central (Fig. 7). Dependiendo de su inercia, las partículas de polvo tienden a desplazarse hacia la pared de separación de la orilla, desde la cual son conducidas a un receptor. El ciclón es esencialmente una cámara de sedimentación en la que la aceleración gravitacional es sustituida por la aceleración centrífuga.

En condiciones normales de operación, la aceleración centrífuga de separación varía desde cinco veces la gravitacional, en los ciclones de baja resistencia y diámetro muy grande, hasta 2500 veces la gravitacional en las unidades muy pequeñas de alta resistencia.

Los ciclones colectores de polvo de relativo bajo costo tanto de operación como de inversión, siendo utilizados para partículas de más de 5 micras hasta 100 micras de diámetro con eficiencias de 90 a 95 % aproximadamente. En general, puede decirse que la eficiencia de colección de un ciclón varía inversamente a la densidad y viscosidad del gas, diámetro del ciclón, diámetro de la salida del ciclón para el gas y al ancho de la entrada del ciclón para el gas.

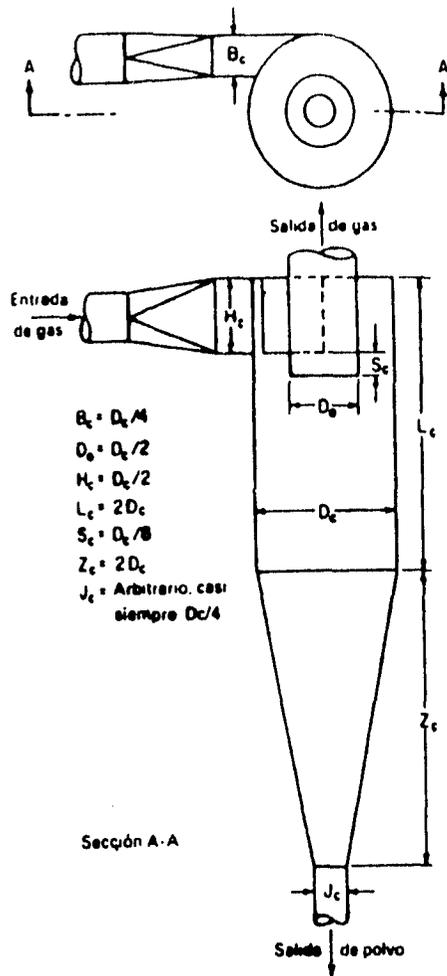


Figura 7. Corte transversal de un ciclón.

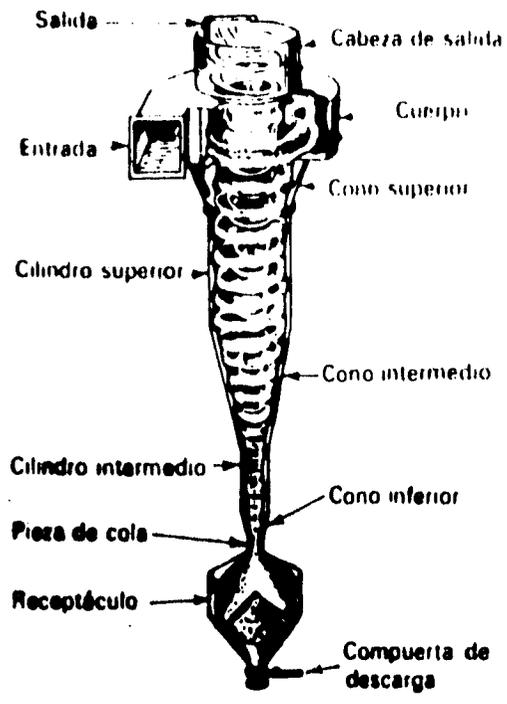


Figura B. Colector de polvos

8. Residuos y desechos

Debido a que es necesario mantener un control aún fuera de la planta y posterior a los procesos productivos y de almacenamiento y distribución, deberá asegurarse que se realice una disposición adecuada de manera que se evite un uso posterior de las bolsas, sacos, cuñetes, tambores, etc., en resumen, cualquier recipiente y empaque que haya contenido pigmentos inorgánicos riesgosos, así como residuos y desechos de estos pigmentos, y con esto genere una fuente contaminante de origen incierto, que dañe a la comunidad circundante.

Para ello los autores recomiendan que debe considerarse lo siguiente:

1. Asegurarse que todo recipiente por pequeño que éste sea, se encuentre claramente identificado con el nombre común del pigmento que ha contenido, seguido de una leyenda que indique que ese recipiente contiene un pigmento inorgánico riesgoso.
2. Todo recipiente que haya sido utilizado para contener dichos pigmentos, previamente identificado, deberá ser totalmente inhabilitado para su uso posterior. Esto significa, que en la medida de lo posible deberá ser destruido, al menos parcialmente y de preferencia, totalmente, tanto bolsas de plástico, papel, sacos, cuñetes, etc.
3. En el caso específico de tambores de lámina, éstos serán identificados y confinados para su inmediato lavado exhaustivo, durante el cual se deberá usar el equipo de protección personal correspondiente al pigmento que estaba presente.
4. Las cantidades remanentes utilizables, residuos, deberán ser vertidas en un recipiente próximo a ser procesado y colocadas en un área visible para que su consumo en el proceso, se realice lo más pronto posible.

5. Las cantidades remanentes contaminadas, desechos, deberán ser vertidas en un tambor que para tal efecto, estará identificado como: " Desechos de Pigmentos Inorgánicos Riesgosos, Para Destrucción ", el cual siempre permanecerá tapado y al llenarse será perfectamente cerrado y transportado a un cementerio industrial o de preferencia a un incinerador industrial. En este tambor, únicamente se verterán desechos de estos pigmentos, evitando mezclar diferentes tipos de desechos generados en la planta, que pudieran ocasionar o propiciar reacciones violentas o peligrosas.
6. Los tambores para desechos de este tipo de pigmentos serán mantenidos en un área confinada e identificada, techada y con buena ventilación. Esta área deberá estar alejada del paso diario, de la bodega y áreas productivas.
7. Dichos tambores deberán ser incluidos en un programa de desalojo para ser mantenidos en el número más reducido posible, hasta ser enviados periódicamente a un cementerio industrial o de preferencia a un incinerador industrial.
8. En el caso de ropa, equipo de protección personal, trapos, etc., que hayan estado en contacto con pigmentos inorgánicos riesgosos, deberán igualmente ser inutilizados para su uso posterior y confinados en un tambor que esté etiquetado como: " Material contaminado con Pigmentos Inorgánicos Riesgosos, Para Destrucción ". Manejándose dicho tambor de acuerdo a lo mencionado en los apartados 6 y 7.

9. Control de derrames

En toda operación cotidiana existen desviaciones e imprevistos, ya sea debidos a errores, descuidos o negligencia por parte de los trabajadores, fatiga de materiales, etc., los cuales pueden ocasionar incidentes de seguridad, tales como derrames de materiales.

En este caso en particular se proponen pasos a seguir en la eventualidad de un derrame de algunos de los pigmentos estudiados.

1. En caso de ocurrir un derrame, se detendrá inmediatamente la operación involucrada, se delimitará el área afectada temporalmente con barricadas hasta que dicho derrame haya sido completamente controlado.
2. Para contener y controlar cualquier derrame se deberá utilizar el equipo de protección personal requerido para el manejo del pigmento derramado.
3. Todo derrame de pigmentos inorgánicos riesgosos deberá ser inmediatamente detenido y contenido, dependiendo de su magnitud y extensión con trapos absorbentes, barriéndolo o con tierras diatomáceas en caso de estar dispersado en algún vehículo o ser de extensión mayor a medio metro de diámetro.
4. Evitar a toda costa que el derrame entre en el drenaje.
5. Nunca desechar un derrame por el drenaje. Esta acción evitará la contaminación de aguas de riego, potable, drenaje y mantos freáticos de la comunidad circundante y próxima.
6. Una vez contenido el derrame, éste deberá ser vertido y confinado en el tambor que de acuerdo al apartado 5 del inciso anterior estará identificado como: " Desechos de Pigmentos Inorgánicos Riesgosos, Para Destrucción ".

10. Guías generales para el manejo seguro

Es de primordial interés y necesidad, para toda aquella empresa que maneje pigmentos inorgánicos riesgosos, el contar con un efectivo y verdadero control sobre el medio ambiente de trabajo y riesgos potenciales a los cuales puedan estar expuestos los empleados. Por ello, surge la necesidad de desarrollar procedimientos para el manejo seguro de estos materiales, que sirvan de guías generales para las áreas y que a diferencia de los procedimientos de operación, que son específicos para cada operación y cuyo enfoque primario es técnico, permitan uniformar

criterios generales entre áreas productivas, de almacenamiento, auxiliares, etc., y canalizar en la misma dirección sus esfuerzos individuales. Estas guías, deberán abarcar todas las actividades de la planta y contemplar a todo el personal directamente involucrado, desde la gerencia técnica y del área específica hasta los operadores del área, de la bodega, mantenimiento, laboratorio de control de calidad, etc.

Dichas guías deberán contar con un objetivo específico y claramente establecido, así como con los pasos detallados en una secuencia lógica y de fácil comprensión aún para aquel personal que sin ser técnico requiera de su consulta.

Se deberá hacer especial énfasis en los puntos de seguridad y salud ocupacional, tanto en los comunes para todas las áreas como en los específicos de alguna operación que así lo requiera.

El personal especializado en el tema será el responsable de generar, revisar y dar seguimiento a dichas guías, pero contando con el apoyo del personal de las áreas involucradas.

Por lo tanto, al tratarse de una guía general para programas de monitoreos ambientales y personales, el encargado será el ingeniero de salud ocupacional y el médico de la planta, soportados ambos por personal de las áreas productivas principalmente.

Una vez que cada área cuente con una guía nueva o recién revisada y actualizada, el responsable de dicha área deberá encargarse de su difusión, seguimiento y más aún de su evaluación, tanto de la asimilación y aprendizaje como de la adecuación y efectividad de ésta.

Durante todo este proceso, la participación de los operadores es básica e insustituible, pues su valiosa retroalimentación servirá para contar con un estándar real y utilizable diariamente en el campo de la operación de la planta.

De una manera general, se presentan en este trabajo, algunas de las más importantes guías que deben ser consideradas y que dependiendo de la complejidad de las operaciones y procesos involucrados pueden verse incrementadas.

1. Normas básicas de higiene, salud ocupacional y seguridad
2. Uso y cuidado del equipo de protección personal
3. Recepción, identificación, almacenamiento y uso de los pigmentos inorgánicos riesgosos
4. Funcionamiento y mantenimiento de los equipos de colección de polvos
5. Programa de monitoreos ambientales y personales
6. Disposición de residuos y desechos

Periódicamente deberán revisarse las guías de acuerdo a un programa establecido, para incluir en ellas la mencionada retroalimentación de los operadores y adecuarlas a nuevos equipos, modificaciones del proceso o regulaciones y disposiciones gubernamentales que hayan surgido desde la última revisión.

11. Programas de inspecciones y monitoreos personales y ambientales

Una vez definidos tanto los tipos de controles como el equipo de protección a implementar para el manejo de los pigmentos inorgánicos riesgosos, es indispensable contar con programas de inspección periódica de cada uno de los puntos anteriormente descritos en este trabajo, para definir así, la funcionalidad, eficiencia y adecuación de la protección provista en campo y de esta manera tomar las medidas pertinentes para garantizar su correcta aplicación.

En adición a lo anterior, se deberá mantener un programa de actualización en el que se consideren posibles cambios por métodos más modernos y prácticos, revisando la frecuencia de las inspecciones y monitoreos, evaluando posibles sustituciones en el equipo de protección personal, reubicando al personal, reduciendo costos, etc.

Para la elaboración de los mismos se requiere de la identificación, evaluación y control de los riesgos involucrados.

La identificación permite:

- a. Definir cuales son los riesgos existentes
- b. Situar su generación y localización

La evaluación determina y cuantifica la gravedad del riesgo y el control reduce y elimina el riesgo.

Inspecciones

Aquí se consideran todos los aspectos relacionados con revisiones periódicas de equipos de proceso, equipos de protección personal, procedimientos de operación y mantenimiento y procedimientos administrativos, de tal manera que todo lo que se esté realizando en el campo, no se desvíe de lo establecido.

A. Inspecciones a equipos de proceso y de control

El tener instalados equipos para el control de las emisiones a la atmósfera tales como: ciclones y colectores de polvos soportando la adecuada operación de los equipos de proceso considerados dentro de este trabajo (equipos para molienda, tanques de mezclado, etc.), y mantenerlos funcionando en buen estado, puede sin lugar a dudas, no ser suficiente para prevenir exposiciones por arriba de los TLV's. Por lo que para detectar un funcionamiento alejado de los estándares establecidos, como baja eficiencia en la colección, excesiva agitación que origine nubes de polvos, elevada temperatura que provoque una mayor emisión de solventes y polvos, taponamiento de tuberías, etc., se deben implementar inspecciones físicas y de funcionamiento que pueden ser trimestrales o semestrales conducidas por personal del área, conocedor del equipo y soportadas por personal de salud ocupacional.

Al final de ellas, se deberá dejar constancia escrita mediante un breve y conciso reporte técnico que incluya recomendaciones por implementar y fecha de la próxima inspección.

B. Inspecciones al equipo de protección personal

El equipo de protección personal debe ser inspeccionado físicamente en base diaria previo al uso por el personal usuario, verificando que sus partes se encuentren completas, en buen estado y limpias, libres de cualquier contaminación, y posteriormente en base bimestral o trimestral, dependiendo de la frecuencia de uso, será inspeccionado tanto física como funcionalmente por personal de salud ocupacional, determinándose así, su

posible reemplazo. Ambas inspecciones deben basarse en lo recomendado por el proveedor en cuanto a uso y mantenimiento y lo establecido en la literatura especializada en cuanto a periodicidad y manera de realizar dichas inspecciones.

C. Inspecciones a procedimientos de operación, mantenimiento y administrativos

Aunque los procedimientos, que son los que marcan la directriz en los procesos de manufactura, sean parte primordial en el trabajo diario, en repetidas ocasiones no son seguidos debido a una o a la combinación de varias situaciones como las mencionadas a continuación:

- a. No existen como tales
- b. No están adecuados a las prácticas diarias
- c. No contemplan el total de la operación
- d. No son observados y/o conocidos por el personal
- e. No han sido utilizados para entrenar al personal y servir como apoyo cotidiano de fácil consulta

Por lo tanto, es indispensable que una vez generados, sean seguidos de acuerdo a lo escrito en ellos y en caso de existir discrepancias se efectúen los cambios pertinentes para que su utilidad y objetivo estén completos.

Así, el personal del área en base mensual debe verificar que los procedimientos relativos a cada operación estén accesibles cerca de la operación, debidamente actualizados, completos y en buen estado; sean de fácil lectura y comprensión y estén complementados con dibujos, diagramas, esquemas, fotografías y descripciones que permitan seguir paso a paso la operación.

Además, el personal del área verificará también la interacción de dichos procedimientos con el personal operativo, haciendo especial énfasis en la adecuación a las operaciones descritas y a la observación de éstos. En este punto, es necesario intercambiar opiniones con el usuario y de esta manera poder corregirlos y mejorarlos para posteriormente poder así brindar un efectivo reentrenamiento. Todo cambio en el proceso, adición, optimización, etc., así como nueva maquinaria, nuevos métodos de monitoreos, etc., deben ser incluidos en una revisión programada para dichos procedimientos.

Estas actividades son de gran ayuda para la disminución de la exposición, ya que además de generar información, concientizan a los usuarios en el adecuado manejo de los pigmentos inorgánicos riesgosos y en general de cualquier sustancia química.

Monitoreos

Básicamente existen dos tipos de métodos de monitoreo en la industria:

- A. Monitoreo de la exposición del personal
- B. Monitoreo de equipos

A. Monitoreo de la exposición del personal

Se efectúa para determinar la dosis de pigmento a la que las personas están expuestas. En este método la dosis está determinada por la concentración y por la duración de la exposición.

Los siguientes puntos evidencian la necesidad de realizar monitoreos de la exposición del personal.

1. Asegurar que la dosis esté dentro de niveles seguros.
2. Demostrar conformidad con los límites de exposición vigentes en la empresa.
3. Ayudar a fijar los límites de exposición.
4. Cumplir con las regulaciones gubernamentales.
5. Documentar las exposiciones, datos sobre los cuales se basarán estudios futuros sobre efectos en la salud, así como posibles litigios y quejas de empleados existentes.
6. Ayudar a seleccionar el equipo de protección adecuado.

Existen dos métodos generales que se pueden usar cuando se realiza un monitoreo de dosis o de exposición a pigmentos.

El primero está referido al monitoreo del aire de la zona de respiración a lo largo del período de trabajo, empleando una bomba portátil con una línea o manguera a la que se le integra un papel filtro para la colección de la muestra.

El segundo es un monitoreo biológico de sangre y orina para revisar la cantidad de material presente en el organismo. Este tipo de revisión es la más importante ya que proporciona información directa del comportamiento de las medidas preventivas existentes, así como un aviso de alarma para revisar el funcionamiento y adecuación de dichas medidas.

Quando las lecturas están por arriba de los límites permisibles es recomendable realizar estas inspecciones por lo menos semestralmente.

B. Monitoreo de equipos

Se llevan a cabo para asegurar que los equipos que se emplean para mejorar el medio ambiente de trabajo son eficaces y confiables, no son utilizados para evaluar la dosis de exposición.

El monitoreo de equipo no requiere necesariamente muestreo con promedio ponderado cronológico, por lo general se realiza un muestreo del área o local y un muestreo de la fuente de origen. Esto significa que la ubicación de las muestras se determina de manera que se monitoreen los lugares más probables de emisión de pigmentos y no en las zonas de respiración de los operadores. Este punto va relacionado a la inspección de los equipos, anteriormente descrita, y es otra manera más práctica de evaluar el funcionamiento de los controles de ingeniería.

Existe en los dos tipos básicos de monitoreo una preocupación fundamental y ésta es que dichos monitoreos deben ser realizados de tal manera que se abarquen todas las condiciones probables y por lo menos las más desfavorables, ya que existen una gran variedad de factores de tipo personal, ambiental y del equipo, que pueden afectar los resultados o la interpretación de los mismos.

Dichos factores pueden ser como a continuación se describe:

Factores ambientales

Temperatura, humedad, presión, etc.

Factores personales

Operadores nuevos, seguimiento de los procedimientos de operación y mantenimiento, hábitos de trabajo, características físicas del individuo, etc.

Factores del equipo
Mal funcionamiento, calibración inadecuada, etc.

Por lo que, se recomienda que la persona que realice el monitoreo conozca los parámetros a medir y considere todos los factores anteriormente mencionados. Estos monitoreos deberán realizarse por el personal de salud ocupacional anualmente y con la ayuda de las áreas operativas y del departamento de mantenimiento.

IV ALTERNATIVAS DE SUSTITUCION DE PIGMENTOS INORGANICOS RIESGOSOS

1. Antecedentes

Con el fin de reducir tanto la exposición como el contacto directo a compuestos que contengan metales clasificados como riesgosos y peligrosos, a principios de la década de los ochenta y siguiendo la creciente restricción iniciada en los E.U.A. para este tipo de materiales, se empezó en México a desarrollar realmente por vez primera y con carácter gubernamental una inquietud ecologista, debida también parcialmente a presiones externas de organismos internacionales lo que condujo a, que finalmente, a mediados de esa misma década se pusiera en vigencia una primera iniciativa de ley tendiente a restringir la presencia de materiales nocivos a la salud contenidos en diversos productos de consumo.

Esta medida, aunque tardía, marcaría lo que sería el inicio de una corriente concientizadora sobre ecología y protección al medio ambiente en México. Conceptos, que quizá hasta ese entonces, empezaron a filtrarse de los centros especializados de investigación para llegar poco a poco hasta el dominio popular.

Es así como, en el ámbito de los pigmentos que actualmente se analizan, la entonces existente Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), restringió a los productores de recubrimientos e industriales relacionados con estos pigmentos, a través de la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas (ANAFAPYT), propiciando que realizaran un plan de reducción programada del contenido, sobre todo, de plomo, en sus productos terminados para uso doméstico, empaques y juguetes, haciendo así especial énfasis en aquellos productos que podrían estar en contacto con los infantes.

Concretamente, el contenido máximo de plomo en un recubrimiento no debería exceder de 0.5 % en peso. Con dicha medida se veían afectados primeramente, todos aquellos pigmentos que imparten tonalidades amarillas, naranjas y verdes, tales como:

- + Amarillos Cromo
- + Naranjas Molibdato
- + Naranjas Cromo
- + Verdes Cromo

2. Criterios de sustitución

La evaluación de alguna alternativa viable para sustituir cabalmente un pigmento inorgánico riesgoso involucra establecer un criterio, el cual, se basará principalmente en las características preponderantes del pigmento a sustituir, sirviendo éstas de parámetro comparativo al analizar el costo - beneficio de dicha alternativa de sustitución. Así, propiedades tales como:

- + Color
- + Tono
- + Limpieza de tono
- + Resistencia química y al intemperismo
- + Durabilidad
- + Poder Cubriente
- + Brillo
- + Procesabilidad
- + Propiedades de aplicación
- + Estabilidad
- + Costo

serán las directrices que regirán la selección y proporción de pigmentos utilizados en dicha sustitución.

En el presente trabajo, se proponen dos alternativas de sustitución las cuales son a saber:

1. Utilización de mezclas de pigmentos orgánicos con pigmentos inorgánicos no riesgosos
2. Utilización de mezclas de pigmentos orgánicos con dióxido de titanio

De acuerdo a recientes investigaciones, se muestran a continuación ejemplos, en dos tablas con resultados obtenidos de sustituciones realizadas siguiendo la alternativa No. 1 y No. 2, descritas anteriormente.

Tabla 19. Ejemplo # 1 de alternativa de sustitución. Pigmentos orgánicos y un pigmento inorgánico amarillo no riesgoso.

Pigmentos utilizados	Gravedad específica	Color Index	Absorción de aceite
Amarillo toluidina 10 G	1.85	P.A. 3	25
Amarillo claro 7 G	1.21	P.A. 53	17
Amarillo claro 5 R	1.23	P.A. 24	17
Amarillo rápido Fauchon 78	1.46	P.A. 116	33
Amarillo rápido Fauchon 95	1.43	P.A. 65	35
Amarillo Ferro Bay	1.24	P.A. 119	35

Tabla 20. Ejemplo # 2 de alternativa de sustitución. Pigmentos orgánicos y un pigmento inorgánico blanco no riesgoso.

Pigmentos utilizados	Gravedad específica	Color Index	Absorción de aceite
Amarillo Fauchon 15	1.43	P.A. 3	32
Amarillo rápido Fauchon 78	1.46	P.A. 116	33
Amarillo rápido Fauchon 95	1.43	P.A. 65	35
Dióxido de titanio R-810	3.89	P.B. 6	17

Las formulaciones utilizadas se realizaron de forma tal que se alcanzara un balance en las propiedades del pigmento inorgánico a sustituir en el producto evaluado.

Las abreviaciones P.A. y P.B., son referencias internas de los fabricantes para determinados pigmentos, las cuales están inscritas en un registro internacional de pigmentos, en el que indican la intensidad y tono específicos para cada uno de ellos.

Los resultados obtenidos se enuncian en el siguiente resumen:

Para la alternativa No. 1

- a. El color es muy similar.
- b. El tono es ligeramente más sucio.
- c. Se incrementa la resistencia química y al intemperismo.
- d. Las propiedades de flujo son similares.
- e. El poder cubriente es mayor.
- f. El brillo es menor aunque puede ser mejorado ya que el cubriente es alto.
- g. El costo se eleva como mínimo un 100 %.

Para la alternativa No. 2

- a. El color es muy similar
- b. El tono es ligeramente más sucio
- c. Se incrementa la resistencia química y al intemperismo
- d. Las propiedades de flujo son similares
- e. El poder cubriente es similar
- f. El brillo es ligeramente menor
- g. El costo se eleva hasta un máximo de un 100 %

De estos ejemplos de sustituciones se obtienen resultados que evidencian la dificultad de reemplazar los pigmentos inorgánicos riesgosos en la industria de los recubrimientos por los inconvenientes técnicos y económicos, pero también se desprenden algunas mejoras importantes obtenidas con tales sustituciones sin olvidar la fundamental y motivo de ellas que es la eliminación del riesgo de producir y manejar dichos pigmentos.

Cabe mencionar que a la fecha en EUA, ha sido eliminada aproximadamente, la tercera parte del consumo de cromatos de plomo, repercutiendo esta medida, en un costo para el consumidor de varios millones de dólares.

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, los autores han proporcionado un amplio marco de referencia de la infraestructura organizativa requerida, incluyendo puntos tales como: procedimientos y prácticas de operación, guías generales, programas de inspecciones y monitoreos, etc.; para que el manejo seguro de los pigmentos inorgánicos riesgosos pueda ser verdaderamente implementado principalmente en la pequeña y mediana industria dedicada a los recubrimientos.

Sin embargo, este estudio no pretende ser limitativo a la industria, sino extensivo, previas adaptaciones según el caso particular, al manejo seguro de la generalidad de las sustancias químicas utilizadas, tanto en centros de investigación como en instituciones educativas.

Los pigmentos inorgánicos riesgosos por no ser sustancias de alta toxicidad, no permiten que los efectos adversos de su manejo inadecuado, sean detectados a corto plazo sino una vez que las repetidas exposiciones a éstos, han provocado consecuencias, que en muchos casos son irreversibles.

Por lo que, inicialmente, es imprescindible conocer sus características físicas y químicas y los riesgos involucrados en su manejo, y posteriormente la manera de manejarlos para así evitar daños al personal que labora con ellos.

Como resultante de la adecuada implementación y continua observación de un manejo seguro de dichos pigmentos inorgánicos, se obtienen diferentes beneficios, de los cuales a continuación se enumeran los más importantes:

Beneficios directos

1. Disminución a corto y mediano plazo de los costos directos de operación debido a la eliminación de accidentes y lesiones que afectan adversamente la operación diaria como tiempos muertos por paro de equipos al realizar inspecciones e investigaciones; gastos de curaciones, hospitalización e indemnización; gastos de investigación, seguros, reemplazos de personal, reentrenamiento, etc.
2. Colaboración de empleados habilitados y capaces físicamente para realizar sus funciones dentro de la empresa.

3. Mantenimiento e incremento de la productividad, permitidos por una operación continua, al no verse afectada ésta por paros.
4. Eliminación de pagos de multas, sanciones económicas, cierres temporales o permanentes, parciales o totales por violaciones a las regulaciones gubernamentales existentes, tanto laborales como ecológicas.

Beneficios indirectos

1. Motivación de los empleados por cumplir reglas y normas establecidas por la empresa al observar cotidianamente los resultados de la prevención y corrección derivadas de un programa permanente de manejo seguro.
2. Mejoramiento del ambiente de trabajo y relaciones laborales al sentir el empleado seguridad y confianza con equipos, instalaciones, colegas y en general con la empresa en sí.
3. Mejoramiento de la imagen corporativa ante los empleados, clientes, proveedores, competencia, gobierno, etc., debido a la ausencia de accidentes y de violaciones a regulaciones gubernamentales; continuidad y confiabilidad de la operación; al propicio ambiente de trabajo prevaleciente y a la eliminación de riesgos de contaminación y catástrofe para la comunidad laboral propia de la empresa y la circundante de la localidad.

La creciente preocupación actual por el mejoramiento y protección del medio ambiente ha dado como resultado cambios radicales en la tecnología, formulación y fabricación de recubrimientos.

Desde hace más de dos décadas, en EUA, Japón y Europa las regulaciones gubernamentales han orientado a esta industria a implementar controles y seguir normas para la protección de los trabajadores y la adecuada disposición de los desechos generados.

En México, a la fecha, no existe una norma oficial que prohíba el uso de pigmentos inorgánicos riesgosos en todo tipo de recubrimiento. Solamente se han dado acuerdos extraoficiales entre las empresas líderes del ramo y la ANAFAPYT (Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas), en el sentido de llevar a cabo evaluaciones de posibles sustitutos. Dichas evaluaciones también se han realizado de acuerdo a directrices internas de cada empresa pero en ningún caso se ha llegado a la fase de la implementación en el mercado.

Sin embargo, en lo referente al contenido de metales pesados tales como plomo, cromo y mercurio en pinturas, ya existe en México desde 1993 un proyecto de norma oficial NOM-003-SSA1-1993, el cual describe la manera de identificar e informar al público consumidor sobre dicho contenido.

Por su parte, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social ya cuenta desde 1994 con normas oficiales: (NOM-XXX-STPS-1994), tanto para la determinación de los principales disolventes utilizados en la industria de los recubrimientos, como para dos metales pesados: plomo y cromo.

Debido a la reciente entrada en vigor del TLC (Tratado de Libre Comercio), el 1o. de Enero de 1994 y de acuerdo a reglamentaciones existentes en los países de origen de las casas matrices de los principales fabricantes multinacionales de recubrimientos existentes en México, se prevé a mediano plazo, la implementación de fórmulas que paulatinamente inicien la sustitución parcial de los pigmentos objeto del presente estudio, una vez que la difícil situación económica actual lo permita.

Desafortunadamente, asociados a la casi inminente sustitución antes mencionada, existen en este momento en México algunos puntos desfavorables como los mencionados a continuación.

La mayoría de los pigmentos alternos a los inorgánicos riesgosos son de importación y de un precio alto, por lo que el impacto en el producto terminado que llega hasta el consumidor final es un encarecimiento de más de un 100 %.

Esto originaría una pérdida de mercado del fabricante que implementara dicha sustitución, si los demás productores continuaran utilizando formulaciones con pigmentos más baratos pero más dañinos.

Para reducir el impacto del incremento en costo de las nuevas formulaciones, se tendría que iniciar introduciendo parcialmente los pigmentos alternos, lo que conduciría a un decremento de la calidad del producto terminado, reflejándose esto en una menor resistencia química, durabilidad y apariencia deficiente.

De lo anterior, se desprende que a pesar del TLC y de las políticas de las casas matrices de los fabricantes transnacionales, los pigmentos inorgánicos riesgosos, objeto del presente estudio, seguirán siendo utilizados en la industria de los recubrimientos en México, en el mejor de los casos de una manera parcial y durante al menos los próximos dos años, debido principalmente a la actual situación económica que no permite a los fabricantes

absorber el costo de productos sustitutos ni aún como una estrategia de introducción al mercado, ni mucho menos trasladar dicho costo en un incremento del precio al consumidor final.

Con este marco de referencia, la total implementación del concepto de manejo seguro, cobra aún mayor importancia, pues los productores tendrán que continuar, durante el futuro inmediato, con la utilización de pigmentos riesgosos, requiriendo esto optimizar sus operaciones para evitar riesgos innecesarios a su personal, además de cumplir con las regulaciones gubernamentales que cada vez son más restrictivas en lo que a protección del medio ambiente y a la salud de los trabajadores se refiere.

Y es precisamente, en este entorno, cuando una guía de consulta rápida y accesible y de enfoque práctico como pretende ser este trabajo, puede aportar a la industria, esa información que se sabe necesaria pero que por encontrarse diseminada en diversas fuentes entre ellas la misma experiencia laboral, resulta muy difícil de ser recopilada.

Actualmente, se debe reconocer que en México, no existe información suficiente a nivel público consumidor, ni el interés de la sociedad en general, por demandar o preferir productos ecológicos, aún cuando éstos ya se empiecen a encontrar disponibles. Esto es debido principalmente a que todavía no existe una verdadera cultura ecológica en México.

Por último pero no por ello menos importante, se debe contemplar que dentro de los recientes y constantes cambios que finalmente se están dando en nuestro país, tales como el concepto de calidad total y el de cultura de servicio, es de vital importancia desarrollar una cultura ecológica que propicie, tanto el pleno desarrollo de la industria proveedora de equipos y sistemas de seguridad industrial como que el total de la planta productiva existente integre los conceptos principales de manejo seguro mencionados en el presente trabajo de tesis.

LISTA DE TABLAS

	PAGINA
Tabla 1. Tabla de Hodge - Sterner.	20
Tabla 2. Diferentes tonos y formas cristalinas de pigmentos con cromato de plomo.	37
Tabla 3. Etapas de dispersión de un pigmento.	40
Tabla 4. Principales características de los metales presentes en los pigmentos inorgánicos riesgosos.	83
Tabla 5. Relación de TLV's con toxicidades de materiales.	84
Tabla 6. Relación de TLV's con estados de oxidación del cromo.	84
Tabla 7. Tiempo y frecuencia de exposición.	86
Tabla 8. Relaciones entre riesgo y toxicidad.	87
Tabla 9. Concentraciones máximas permisibles, TLV's.	89
Tabla 10. Principales signos y síntomas de intoxicación crónica en el hombre, producida por pigmentos inorgánicos riesgosos.	91-92
Tabla 11. Posibles consecuencias debidas a la exposición crónica por más de cinco años a los pigmentos inorgánicos riesgosos.	93-95
Tabla 12. Tipos existentes de equipo de protección respiratoria.	101-102
Tabla 13. Protección respiratoria para pigmentos inorgánicos riesgosos a diferentes concentraciones.	107
Tabla 14. Resistencia de diferentes materiales ante el ataque de algunas sustancias químicas.	112

Tabla 15. Materiales recomendados contra el ataque de las algunas sustancias químicas.	113
Tabla 16. Comportamiento de algunos materiales empleados en la fabricación de EPP.	114
Tabla 17. Equipo de protección personal recomendado para pigmentos inorgánicos riesgosos.	119-120
Tabla 18. Métodos de análisis para determinar el tamaño de partícula.	128
Tabla 19. Ejemplo # 1 de alternativa de sustitución.	145
Tabla 20. Ejemplo # 2 de alternativa de sustitución.	145

LISTA DE GRAFICAS

	PAGINA
Gráfica 1. Tamaños de partícula de los pigmentos inorgánicos riesgosos.	78
Gráfica 2. Valores límite de tolerancia de los pigmentos inorgánicos riesgosos.	79
Gráfica 3. Absorción de aceite de los pigmentos inorgánicos riesgosos.	80
Gráfica 4. Densidad aparente de los pigmentos inorgánicos riesgosos.	81

LISTA DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1. Pigmento blanco de plomo (700 x)	50
Figura 2. Pigmento amarillo de zinc (8450 x)	53
Figura 3. Pigmento amarillo de cromo (19000 x)	56
Figura 4. Pigmento naranja molibdato	68
Figura 5. Pigmento cromato silicico de plomo (1000 x)	73
Figura 6. Pigmento óxido de plomo rojo (1000 x)	77
Figura 7. Corte transversal de un ciclón	131
Figura 8. Colector de polvos	132

BIBLIOGRAFIA

Capítulo I. GENERALIDADES.

Blakiston, N., " Diccionario Breve de Medicina ", Primera Edición en Español, La Prensa Médica Mexicana, México (1983), p.p. 75, 667.

Bretherick, L., " Hazards in the Chemical Laboratory," 3rd. Edition, London (1981), The Royal Society of Chemistry, p.p. 31 - 40, 120, 374 - 375, 253 - 254.

Brody, E. A., " Pigment Technology," Paint and Varnish Production, New York (1966), p.p. 62 - 67, 92.

Chapman, and Hall Ltd., " Surface Coatings Paints and their Applications," Vol 2, Great Britain (1984), p.p. 288 - 304.

Daniel, K. F., " The Obstacle Course from Mill Base to Finished Coating," Journal of Coatings Technology, U.S.A (1984), p.p. 38 - 46.

Diccionario de la Lengua Española, Decimonovena, Editorial Espasa-Calpe, Madrid (1970), p.p. 134, 336, 348, 738.

Diccionario Enciclopédico Quillet, 13ava. Edición, Tomo Cuatro, Editorial Cumbre, México (1987), p.p. 99 - 107.

Dreisbach, R. H., " Handbook of Poisoning ", 9th. Edition, Lange Medical Publications, Los Altos, Cal. (1977), p.p. 14 - 16, 217 - 257.

Eirich, F., " Rheology ", Vol. 3, 1st Edition, New York (1960), p.p. 189, 190, 195, 196, 242.

Finkel, A. J., " Hamilton and Hardy's Industrial Toxicology ", 4th Edition, John Wright. PSG Inc., Boston (1983), p.p. 234 - 238.

Haley, J.T., " Toxicology ", Industrial and Environmental Cancer Risks, Section I, University of Arkansas for the Medical Sciences, Arkansas (1985), p.p. 1 - 8.

Hochberg, S., " ACS Short Courses," American Chemical Society, USA (1975), p.p. 5 - 7.

Keith, L. H., and Walters, D. B., " Compendium of Safety Data Sheets for Research and Industrial Chemicals ", VCH Publishers, USA (1985), p.p. 78 - 83.

Lewis, C. and Lester, C., " Patty's Industrial Hygiene and Toxicology Theory and Rationale of Industrial Hygiene Practice: Biological Responses ", Vol. 3 B, 2nd. Edition, John Wiley & Sons, New York (1985), p.p. 150 - 170, 225, 226, 259, 272, 293, 294, 302, 303, 308, 336, 338, 339, 340, 543 y 544.

Marshall, S., " Handbook of Toxic and Hazardous Chemical and Carcinogens ", 2nd. Edition, Noyes Publication, Princeton University (1985), p.p. 243 - 247, 542 - 545, 622 - 624.

Mattiello, J., " Protective and Decorative Coatings ", Raw Materials: Pigments, Metallic Powders and Metallic Soaps, Vol. 2, John Wiley & Sons, New York (1942), p.p. 263 - 389.

Patton, T. C., " Pigment Handbook ", Properties and Economics, Vol. 1, John Wiley & Sons, New York (1973), p.p. 37 - 95, 357 - 395.

Patton, T. C., " Pigment Handbook ", Applications and Markets, Vol. 2, John Wiley & Sons, New York (1973), p.p. 5 - 24.

Patton, T. C., " Pigment Handbook ", Characterization and Physical Relationships, Vol. 3, John Wiley & Sons, New York (1973), p.p. 1 - 169.

Patton, T. C., " Paint Flow and Pigment Dispersions ", A Reological Approach to Coating and Ink Technology, 2nd. Edition, John Wiley & Sons, New York (1979), p.p. 130, 132, 134, 138, 141.

Pereira, B. M.L., " Aspectos Toxicológicos de Agentes Químicos ", Organización Panamericana de la Salud, OMS, Metepec, Méx (1986), p.p. 20 - 23, 37 - 39, 88 - 89.

Plunket, E. R., M.D " Manual de Toxicología Industrial ", 2a. Edición, Ediciones Urmo, Madrid (1968), p.p. 125 - 127, 190, 191, 440 - 443.

Ponds, A.P., " Tratado de Patología y Clínicas Médicas ", Tomo III, Editorial Salvat Editores, México (1985), p.p. 6 -15.

Sax, I. N., " Dangerous Properties of Industrial Materials ", 6th. Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York (1984), p.p. 614, 791, 1692 - 1693, 1953.

The Merck Index, 9th. Edition, Merck & Co., Inc., Rahway, New Jersey, 1976, p.p. 1614, 1617, 2224, 5255, 5256, 5267.

Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1987 - 1988, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, USA (1988), p.p. 16, 41.

Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1988 - 1989, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, USA (1989), p.p. 15, 16, 40.

What is Occupational Health ?, National Safety Council, USA (1982), p.p. 1 - 11.

Capítulo II. Riesgos Potenciales.

Blakiston, N., " Diccionario Breve de Medicina ", Primera Edición en Español, La Prensa Médica Mexicana, México (1983), p.p. 75, 667.

Bretherick, L., " Hazards in the Chemical Laboratory," 3rd. Edition, London (1981), The Royal Society of Chemistry, p.p. 31 - 40, 120, 374 - 375, 253 - 254.

Chambers, C., " Diccionario Científico y Tecnológico ", Volumen I, Editorial Omega, Barcelona (1979), p.p. 80.

Chambers, C., " Diccionario Científico y Tecnológico ", Volumen II, Editorial Omega, Barcelona (1979), p.p. 1072, 1150, 1370, 1473, 1561, 1598.

Dabout, E., " Diccionario de Medicina ", Editorial Epoca, México D.F. (1970), p.p. 269, 366, 463, 532, 610.

Dabout, E., " Diccionario de Medicina ", Editorial Epoca, México D.F. (1977), p.p. 92, 297, 447, 448, 561, 601.

Diario Oficial de la Federación, México (1984), Secretaría del Trabajo y Previsión, Instructivo No. 10 p.p. 16 - 30.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Secretaría de Salubridad y Asistencia, Proyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM-003-SSA1-1993, p.p. 33 - 35.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Primera Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-016-STPS-1993, p.p. 90, 91.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Primera Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-033-STPS-1993, p.p. 7 - 10.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Primera Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-071-STPS-1993, p.p. 21 - 25.

Diario Oficial de la Federación, México (1994), Segunda Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-010-STPS-1994, p.p. 1 - 32.

Dreisbach, R. H., " Handbook of Poisoning ", 9th. Edition, Lange Medical Publications, Los Altos, Cal. (1977), p.p. 14 - 16, 217 - 257.

Finkel, A. J., " Hamilton and Hardy's Industrial Toxicology ", 4th Edition, John Wright. PSG Inc., Boston (1983), p.p. 234 - 238.

Haley, J.T., " Toxicology ", Industrial and Environmental Cancer Risks, Section I, University of Arkansas for the Medical Sciences, Arkansas (1985), p.p. 1 - 8.

Hamburger, J. et al, " Pequeña Enciclopedia Médica ", Editorial Médica Panamericana ", Bogotá (1989), p.p. 618, 1280 - 1285, 1301.

Harrison, B., and Wintrove M., " Medicina Interna " 4a. Edición, La Prensa Médica Mexicana, México (1974), p.p. 28 - 42.

Keith, L. H., and Walters, D. B., " Compendium of Safety Data Sheets for Research and Industrial Chemicals ", VCH Publishers, USA (1985), p.p. 78 - 83.

Lewis, C. and Lester, C., " Patty's Industrial Hygiene and Toxicology Theory and Rationale of Industrial Hygiene Practice: Biological Responses ", Vol. 3 B, 2nd. Edition, John Wiley & Sons, New York (1985), p.p. 150 - 170.

Marshall, S., " Handbook of Toxic and Hazardous Chemical and Carcinogens ", 2nd. Edition, Noyes Publication, Princeton University (1985), p.p. 243 - 247, 542 - 545, 622 - 624.

Pereira, B. M.L., " Aspectos Toxicológicos de Agentes Químicos ", Organización Panamericana de la Salud, OMS, Metepec, Méx (1986), p.p. 20 - 23, 37 - 39, 88 - 89.

Ponds, A.P., " Tratado de Patología y Clinicas Médicas ", Tomo III, Editorial Salvat Editores, México (1985), p.p. 6 -15.

Sax, I. N., " Dangerous Properties of Industrial Materials ", 6th. Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York (1984), p.p. 614, 791, 1692 - 1693, 1953.

Segatore, L., " Diccionario Médico ", Quinta Edición, Editorial Teide, Barcelona (1975), p.p. 222, 235, 473, 474, 766, 821, 844, 845, 859, 910 - 915, 1003 - 1006.

Segatore, L., " Diccionario Médico ", Sexta Edición, Editorial Teide, Barcelona (1978), p.p. 220, 239, 390, 459, 460, 849, 889, 978, 1010, 1084, 1085.

Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1987 - 1988, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, USA (1988), p.p. 16, 41.

Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1988 - 1989, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, USA (1989), p.p. 15, 16, 40.

Capitulo III. Manejo Seguro.

Chambers, C., " Diccionario Científico y Tecnológico ", Volumen I, Editorial Omega, Barcelona (1979), p.p. 80.

Chambers, C., " Diccionario Científico y Tecnológico ", Volumen II, Editorial Omega, Barcelona (1979), p.p. 1072, 1150, 1370, 1473, 1561, 1598.

Diario Oficial de la Federación, México (1984), Secretaría del Trabajo y Previsión, Instructivo No. 10 p.p. 16 - 30.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Secretaría de Salubridad y Asistencia, Proyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM-003-SSA1-1993, p.p. 33 - 35.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Primera Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-016-STPS-1993, p.p. 90, 91.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Primera Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-033-STPS-1993, p.p. 7 - 10.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Primera Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-071-STPS-1993, p.p. 21 - 25.

Diario Oficial de la Federación, Mexico (1994),
Segunda Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión,
Norma Oficial Mexicana, NOM-010-STPS-1994, p.p. 1 - 32.

Dreisbach, R. H., " Handbook of Poisoning ", 9th. Edition,
Lange Medical Publications, Los Altos, Cal. (1977),
p.p. 14 - 16, 217 - 257.

Feiner, B., " Industrial Air Contamination Control ",
Former Head, Environmental Control Unit, Engineer Section,
Division of Industrial Hygiene, Section 2, New York
(1985), p.p. 9 - 25.

Finkel, A. J., " Hamilton and Hardy's Industrial
Toxicology ", 4th Edition, John Wright, PSG Inc., Boston
(1983), p.p. 234 - 238.

Granger, B. G., and Louis, Y. L., " Operaciones Básicas de
la Ingeniería Química ", Editorial Marín S.A., Madrid
(1985), p.p. 127 - 129, 341, 420.

Haley, J.T., " Toxicology ", Industrial and Environmental
Cancer Risks, Section I, University of Arkansas for the
Medical Sciences, Arkansas (1985), p.p. 1 - 8.

Keith, L. H., and Walters, D. B., " Compendium of Safety
Data Sheets for Research and Industrial Chemicals ",
VCH Publishers, USA (1985), p.p. 78 - 83.

Lewis, C. and Lester, C., " Patty's Industrial Hygiene and
Toxicology Theory and Rationale of Industrial Hygiene
Practice: Biological Responses ", Vol. 3 B, 2nd. Edition,
John Wiley & Sons, New York (1985), p.p. 150 - 170.

Marshall, S., " Handbook of Toxic and Hazardous Chemical
and Carcinogens ", 2nd. Edition, Noyes Publication,
Princeton University (1985), p.p. 243 - 247, 542 - 545,
622 - 624.

Perry, H. R., " Perry's Chemical Engineering Handbook ",
International Student Edition, 6th. Edition,
Mc Graw - Hill, New York (1987), p.p. 20.77 - 20.88.

Ferry, H. R., " Manual del Ingeniero Químico ", Quinta Edición, Segunda Edición en Español, Mc Graw - Hill, México, (1982), p.p. 5.42, 20.92, 20.93.

Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1987 - 1988, American Conference of Governamental Industrial Hygienists, USA (1988), p.p. 16, 41.

Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1988 - 1989, American Conference of Governamental Industrial Hygienists, USA (1989), p.p. 15, 16, 40.

Capitulo IV. ALTERNATIVAS DE SUSTITUCION DE PIGMENTOS INORGANICOS RIESGOSOS.

Brody, E. A., " Pigment Technology," Paint and Varnish Production, New York (1966), p.p. 62 - 67, 92.

Chapman, and Hall Ltd., " Surface Coatings Paints and their Applications," Vol 2, Great Britain (1984), p.p. 288 - 304.

Diario Oficial de la Federación, México (1984), Secretaría del Trabajo y Previsión, Instructivo No. 10 p.p. 16 - 30.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Secretaría de Salubridad y Asistencia, Proyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM-003-SSA1-1993, p.p. 33 - 35.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Primera Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-016-STPS-1993, p.p. 90, 91.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Primera Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-033-STPS-1993, p.p. 7 - 10.

Diario Oficial de la Federación, México (1993), Primera Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión, Norma Oficial Mexicana, NOM-071-STPS-1993, p.p. 21 - 25.

Diario Oficial de la Federación, México (1994),
Segunda Sección, Secretaría del Trabajo y Previsión,
Norma Oficial Mexicana, NOM-010-STPS-1994, p.p. 1 - 32.

Mattiello, J., " Protective and Decorative Coatings ", Raw
Materials: Pigments, Metallic Powders and Metallic Soaps,
Vol. 2, John Wiley & Sons, New York (1942),
p.p. 263 - 389.

Patton, T. C., " Pigment Handbook ", Properties and
Economics, Vol. 1, John Wiley & Sons, New York (1973),
p.p. 37 - 95, 357 - 395.

Patton, T. C., " Pigment Handbook ", Applications and
Markets, Vol. 2, John Wiley & Sons, New York (1973),
p.p. 5 - 24.

Patton, T. C., " Pigment Handbook ", Characterization
and Physical Relationships, Vol. 3, John Wiley & Sons,
New York (1973), p.p. 1 - 169.

Patton, T. C., " Paint Flow and Pigment Dispersions ",
A Rheological Approach to Coating and Ink Technology,
2nd. Edition, John Wiley & Sons, New York (1979),
p.p. 130, 132, 134, 138, 141.