

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“PROPUESTA DE MATRIZ PARA LA EVALUACIÓN DE
RIESGOS A LA SALUD OCUPACIONAL DEBIDO A
AGENTES QUÍMICOS”**

TESIS

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

PRESENTADO POR:

IDAN ELÍAS CABELLO SANTILLÁN

LIMA, PERÚ

2010

Dedicatoria:

A mis padres y a las futuras generaciones

Agradecimientos:

A mi familia por su apoyo constante e incondicional, a mis amigos - colegas por las experiencias compartidas y a la Universidad Nacional de Ingeniería por lo aprendido.

Resumen:

La presente tesis, propone una matriz para valorar los riesgos a la salud ocupacional debido a la exposición a agentes químicos en el ambiente de trabajo. Lo que no se puede medir, no se puede mejorar ni gestionar. Se ha usado los programas de Microsoft Access y Excel para almacenar bases de datos y lenguaje de programación Java para el desarrollo del software.

El Capítulo 1 es la presentación de la tesis, donde está la introducción, objetivos y marco legal de la misma.

En el Capítulo 2, explicaré brevemente sobre los inicios de la higiene industrial, la clasificación de los agentes químicos ocupacionales y la creciente importancia de la higiene industrial como ciencia y arte.

En el Capítulo 3, aplicaré los conceptos de análisis de riesgo a la higiene industrial, analizaré los métodos que se usan para la obtención de los límites de exposición ocupacional, siendo estos parte importante en la evaluación y gestión del riesgo.

En el Capítulo 4, fundamentaré los criterios y las variables usadas para la matriz propuesta, tanto para los "Índices de Salud" como los "Índices de Exposición".

En el Capítulo 5, desarrollaré el software para la matriz propuesta, así mismo incluiré aplicaciones necesarias tales como técnicas de muestreo y método de muestreo a usar según agente químico.

En el Capítulo 6, hay la aplicación de un caso práctico, usando los criterios de la matriz propuesta. De esta manera se determinará las zonas de mayor riesgo a la salud ocupacional debido a agentes químicos en una empresa peruana.

El Apéndice A es una introducción al modelamiento matemático aplicado a agentes químicos. El cual deseo sea tema de investigación para futuras tesis.

En el Apéndice B es el manual que he desarrollado de Estrategias de Muestreo para Agentes Químicos.

En el Apéndice C está el código del programa HIGO 1.1.

INDICE

1.	Capítulo I: Presentación	
1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	General.....	2
1.2.2.	Específicos.....	2
1.3.	Marco Teórico – Legal	3
1.3.1.	A Nivel Nacional.....	3
1.3.2.	A Nivel Internacional.....	3
1.4.	Justificación de la tesis.....	4
2.	Capítulo II: Fundamentos Básicos	
2.1.	Historia.....	6
2.2.	¿Qué es Higiene Industrial?.....	8
2.3.	Rol de los Higienistas.....	10
2.4.	El Higienista hoy en día.....	11
2.5.	Agente Químico – Definición.....	14
2.6.	Recomendaciones a los futuros higienistas.....	15
3.	Capítulo III: Análisis de Riesgo en Higiene Industrial	
3.1.	Introducción.....	16
3.2.	Definición de Riesgo.....	18
3.3.	Límites de exposición.....	21
3.3.1.	Información Histórica – Estudios Epidemiológicos.....	21
3.3.2.	Estudios en animales.....	33
3.4.	Higiene Industrial, su evaluación y gestión.....	38
4.	Capítulo IV: Propuesta de Matriz	
4.1.	Introducción.....	43
4.2.	Sobre los TLVs.....	44
4.3.	Matrices de Riesgo en Higiene Industrial.....	47
4.4.	Matriz Propuesta para la Evaluación del Riesgo.....	48
4.4.1.	Índice de Salud Propuesto.....	49
4.4.2.	Categorías del Índice de Salud.....	53

4.4.3.	Índices de Exposición.....	57
4.4.3.1.	Índice de Exposición Propuesto.....	60
5.	Capítulo V: Desarrollo de Software Aplicativo	
5.1.	Iniciándonos en el HIGO 1.1.....	68
5.2.	Matriz de Riesgo.....	70
5.2.1.	Índice de Salud.....	71
5.2.2.	Índice de Exposición.....	72
5.2.3.	Matriz de Riesgo.....	73
5.3.	Reportes.....	75
5.4.	Método de Muestreo.....	76
5.5.	Factor de Riesgo.....	78
6.	Caso Práctico de Aplicación de la MATRIZ	
6.1.	Objetivos.....	80
6.2.	Alcances.....	80
6.3.	Introducción.....	80
6.4.	Higiene Industrial – Aplicación Secuencial.....	83
7.	Apéndice A: Modelamiento Matemático aplicado a Agentes Químicos	
8.	Apéndice B: Manual de Estrategias de muestreo a Agentes Químicos	
9.	Apéndice C: Código del Programa desarrollado	
10.	Conclusiones.....	156
11.	Bibliografía.....	157

Anexo 1: Listado de Sustancias con propiedades de advertencia pobres

Anexo 2: Índice de Salud – Categoría Ínfimo

Anexo 3: Índice de Salud – Categoría Mínimo

Anexo 4: Índice de Salud – Categoría Leve

Anexo 5: Índice de Salud – Categoría Moderado

Anexo 6: Índice de Salud – Categoría Serio

Anexo 7: Índice de Salud – Categoría Severo

Anexo 8: Índice de Salud – Categoría Extremadamente Severo

1. CAPITULO I: PRESENTACION

1.1. Introducción:

Para realizar una correcta **Evaluación de los Riesgos a la Salud Ocupacional**, los monitoreos y otros trabajos técnicos no son suficientes para proponer estrategias de solución. Realizar monitoreos periódicamente muchas veces no nos brinda un amplio panorama sobre qué hacer.

Todo proceso de análisis de riesgos, requiere la evaluación objetiva de los mismos. Para así de esta manera tomar decisiones sobre la aceptación o no aceptación del riesgo. Por eso, considero una evaluación de riesgos "incompleta", aquella que solo considere los peligros cuyos efectos sean en el corto plazo (agudos) y desestime los peligros cuyos efectos sean a largo plazo (crónicos).

Por otra parte, considero que las soluciones tecnológicas diferencian a las instituciones (y a las personas) que las poseen. En plena sociedad del conocimiento, solo los especialistas y expertos en un sector pueden contribuir al desarrollo de las empresas. El conocimiento es tan vasto que es imposible que los generalistas puedan entenderlo, menos aplicarlo.

Es por ello, que como complemento a la matriz propuesta, he diseñado un programa informático básico para potenciar la aplicación de la matriz. El código del software deseo sirva de plataforma para continuar desarrollándolo con todo aquel interesado en la materia.

1.2. Objetivos:

1.2.1. General:

- Proponer una Matriz para la Valoración de Riesgos a la Salud Ocupacional debido a Agentes Químicos.

1.2.2. Específicos:

- Desarrollar el software (HIGO 1.1.) para la aplicación de la matriz, considerando método de muestreo para cada agente químico.
- Incentivar el creciente interés por el estudio de la Higiene Industrial.

1.3. Marco Teórico - Legal:

1.3.1. A Nivel Nacional:

D.S. 015 – 2005 SA

"Reglamento sobre valores límites permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo" - 2005

Decreto Legislativo 823

"Ley de Propiedad Industrial" - 1996

NTS N° 068 Ministerio de Salud

"Norma Técnica de Salud que establece el Listado de Enfermedades Profesionales" - 2008

1.3.2. A Nivel Internacional

ACGIH TLVs and BEL

"Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposures Indices" - 2009

OSHA PEL

"Permissible Exposures Limits"

NIOSH REL

"Recommended Exposure Limit"

IEEE Standard 830

**"Recommended practice for Software Requirement Specifications"
1998**

1.4. Justificación de la tesis:

La clasificación de los agentes químicos para su valoración se basa principalmente en las recomendaciones de la ACGIH. La cual, anualmente realiza actualizaciones de los TLV, basados en las investigaciones científicas y conclusiones de sus comités. Nuestro país, ni otros países latinoamericanos no deben permanecer ajenos ante nuevas evidencias científicas; el idioma inglés no tiene que representar una barrera insuperable para poder tener una mejor evaluación y gestión del Riesgo.

Es importante recalcar que desde el año 2005, fecha de la publicación del D.S. N° 015-2005-SA, la ACGIH ha realizado 4 actualizaciones.

En esta última década, el Perú ha sido testigo del acelerado desarrollo de las tecnologías de la información. Hoy cualquier estrategia de Gestión de Riesgos que se quiera implementar deberá ir de la mano con la estrategia de la tecnología de la información y un adecuado manejo de Datos, si pretende ser exitosa.

En mi corta pero interesante experiencia como Higienista Industrial, he apreciado el empirismo de muchas empresas consultoras, e incluso certificadores, a la hora de realizar una evaluación de los agentes químicos, tanto ocupacionales como ambientales. Sin duda, esta carencia de seriedad, profesionalismo y sobre todo de fundamento científico; no permite realizar una correcta Gestión del Riesgo "Risk Management Decision".

Las recomendaciones de la ACGIH TLVs® and BEIs® no deben ignorarse, pues en ella prima el factor científico antes que el político, y sus resultados son producto de debate científico antes de su publicación.

El NIOSH Manual of Analytical Methods, nos proporciona una vasta colección de métodos de muestreo y análisis de contaminantes en el aire del centro de trabajo,

así como también, de orina y sangre de los trabajadores que están expuestos a ellos.

Las publicaciones mensuales de la AIHA, las cuales han sido presentadas ininterrumpidamente desde los años 50, son a mi parecer la información de vanguardia que debe y tiene que ser considerada en cualquier investigación y discusión en Higiene Industrial, si esta pretender ser seria.

Por lo tanto, como futuro profesional en Seguridad y Salud ocupacional, veo necesario e importante desarrollar el programa **HIGO 1.1 – Agentes Químicos**, el cual estoy convencido, será una herramienta importante para todos aquellos que estamos involucrados en la Higiene Industrial (higienista industriales, toxicólogos, médicos ocupacionales, epidemiólogos, etc.), personas las cuales tomaremos decisiones relacionadas a la salud y seguridad del trabajador en su ambiente de trabajo.

2. CAPITULO II: FUNDAMENTOS BASICOS

2.1. Historia:

“Desde la antigua Grecia hasta nuestros días”.

Cada año sigue aumentando la demanda de productos industriales, y por consiguiente de sustancias químicas, por lo que gran número de trabajadores se ven expuestos a estos agentes químicos. Aunque la Higiene industrial como profesión ha ganado importancia desde la última mitad del siglo 20, las raíces de la profesión se pueden extender hasta el siglo IV antes de la era cristiana. Si bien no se sabe con exactitud el año en que se iniciaron las medidas preventivas en Higiene Industrial, fue en esos tiempos que **Hipócrates**, conocido como el Padre de la Medicina, reconoció el envenenamiento por plomo como una enfermedad ocupacional cuando identificó un severo ataque de cólico en un hombre que extraía metales, luego reconoció al plomo como la causa de los síntomas. La decadencia del imperio romano, fue provocada por innumerables causas, incluidas las intoxicaciones por plomo. Fue así que se empezaron a usar medidas de prevención y los mineros utilizaban vejigas de animales con la finalidad de proteger las vías respiratorias del polvo producido por los procesos de minería.

En los inicios de 1700, **Bernardino Ramazzini**, el Padre de la Medicina del Trabajo, fue un defensor de medidas de protección para los trabajadores, alentador de la seguridad en las fábricas, así como también de leyes de compensación para los trabajadores. También escribió el famoso libro “De Morbis Artificum Diatriba”, en el cual explica y esboza los riesgos a la salud de productos químicos irritantes, polvo, metales, y otros agentes abrasivos con los cuales interactúan los trabajadores en 52 ocupaciones.

En efecto, **Plinio, Hipócrates, Agrícola, Paracelso, Ramazzini** entre otros, establecieron las relaciones causa – efecto en los diversos casos de intoxicaciones como consecuencia del trabajo.

La Chimney Sweepers Act, Ley para barredores de chimeneas de 1788 y la

English Factory Act, Ley de Fabricas de 1833, ambas aprobadas en Inglaterra, son consideradas los primeros actos legislativos efectivos en el ámbito de la Higiene Industrial. La Ley para barredores de chimeneas, reconoció al hollín como agente cancerígeno e hizo ilegal emplear a niños menores de 8 años como barredores. La Ley inglesa de fábricas, también se ocupó del tema del trabajo infantil, y proclama que los niños no pueden trabajar hasta la edad de 9 años.

En 1895, Lehman del Departamento de Higiene de Munich en Alemania, publicó una primera lista de algunas sustancias químicas de interés ocupacional.

A principios del siglo 20, grupos como la **U.S. Bureau of Mines (fundada en 1910)**, la **U.S. Public Health and Marine Hospital Service (fundada en 1912)**, y el **primer programa estatal de higiene industrial (establecido por el Departamento de Trabajo de Nueva York y el Departamento de Salud de Ohio en 1913)** fueron creados para ayudar a proteger la salud y seguridad de los trabajadores y público.

El congreso americano también prestó atención a temas de Salud y Seguridad, aprobando la **Metal and Nonmetallic Mines Safety Act en 1966**, la cual definió estándares en salud y seguridad para minas metálicas y no metálicas. En el año 1969, la Federal Coal Mine Health and Safety Act fue aprobada para proporcionar mayor protección a la salud de los mineros.

En los Estados Unidos, estos acontecimientos culminaron en 1970 con la aprobación de la **Occupational Safety and Health Act**, establecida para garantizar la seguridad y condiciones de trabajo saludable, además de preservar el recurso humano. El objetivo de esta legislación fue asegurar que los empleadores proporcionaran a sus trabajadores un lugar libre de peligro para la seguridad y la salud, tales como exposición a productos químicos tóxicos, niveles excesivos de ruido, peligros mecánicos, calor y frío extremos, y las condiciones insalubres.

La OSH Act creó la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), parte del Departamento Americano de Trabajo; y también creó el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), una división del Departamento de Salud y Servicios Humanos Americano.

2.2. ¿Qué es Higiene Industrial?

“La higiene como ciencia y arte”.

2.2.1. Definición:

Desde mi punto de vista, la dada por la American Industrial Hygiene Association (AIHA), es la más global.

“Es la ciencia y el arte dedicada a la anticipación, el reconocimiento, evaluación, prevención y control de los factores ambientales o tensiones que surgen en o desde el lugar de trabajo y que pueden causar enfermedad, deterioro de la salud y del bienestar, malestar significativo entre los trabajadores, o entre los ciudadanos de la comunidad.”

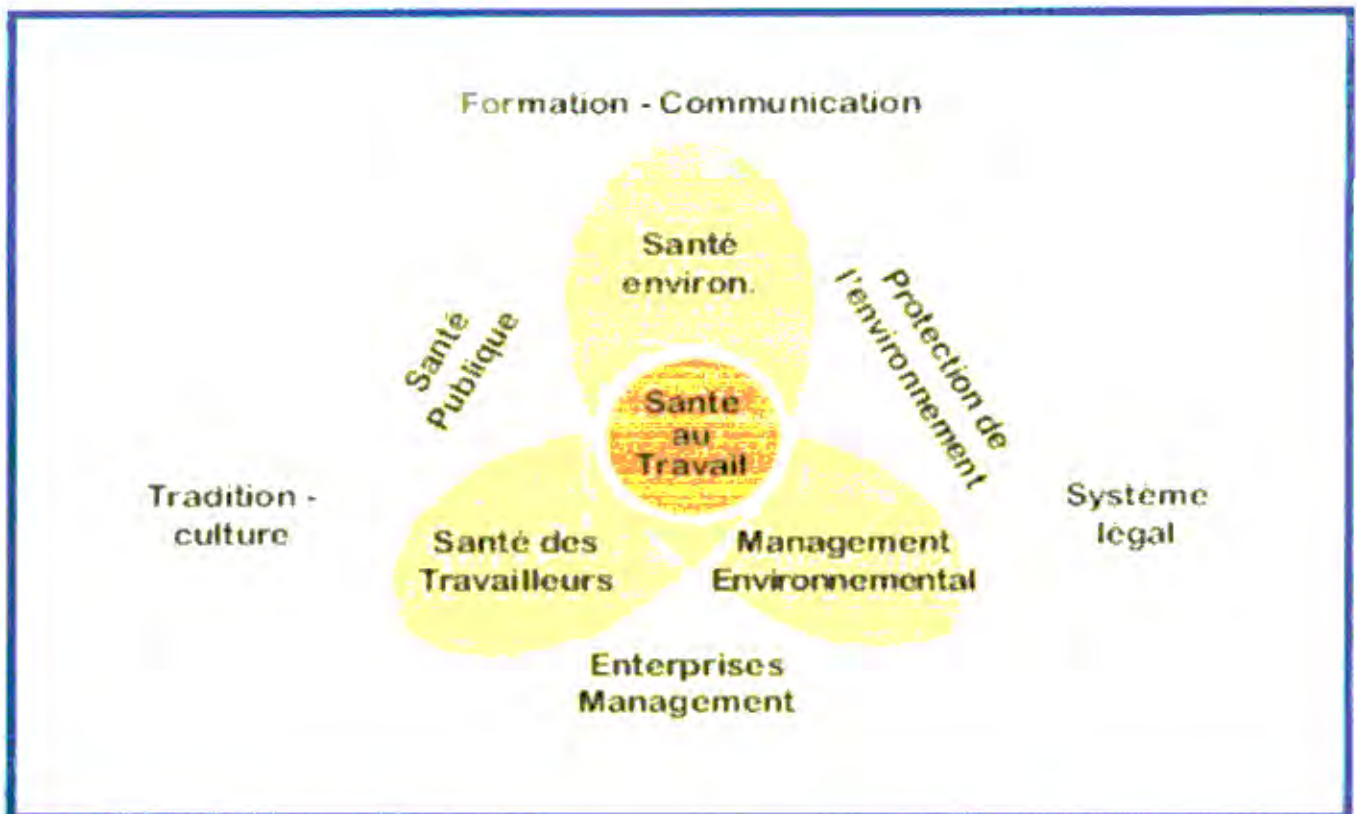
Dicho más resumidamente:

“Higiene industrial es la anticipación, el reconocimiento, evaluación y control de los factores ambientales de trabajo que pueden afectar a la salud, el confort, y/o la productividad del trabajador.”

Pero esta definición debe ser acotada en algunos términos, es decir, definir a la Higiene del Trabajo como la ciencia de gestión de riesgos de exposición medibles, pues los factores psicosociales y organizacionales son evaluados por otros especialistas.

La Higiene industrial se considera una ciencia, pero también es un arte, pues implica juicio, creatividad y la interacción del hombre.

Bajo esta motivadora definición, entonces cual debería, quien es, o que es un Higienista Industrial.



Esta figura (tomado del Manual de Higiene del Trabajo IST SUIZA), muestra con perspectiva holística la salud del trabajo (que engloba la higiene industrial, seguridad industrial, ergonomía y medicina del trabajo)

2.2.2. Higienista Industrial:

Son todos aquellos científicos y/o ingenieros comprometidos con la protección de la salud y seguridad de las personas primero en el ambiente de trabajo, y también como miembro de una comunidad (AIHA).

La definición de la OSHA es más precisa: "...es todo profesional cualificado por educación, entrenamiento y experiencia para anticipar, reconocer, evaluar y desarrollar controles para los peligros a la salud ocupacional".

Estamos pues ante una ciencia y arte que tiene como objetivos principales no solo proteger la vida, sino también cuidarla, es menester por tanto estar a la altura de las circunstancias para cumplir el deber con ética y profesionalismo.

2.4. El higienista hoy en día:

“Los higienistas industriales trabajamos con temas de actual importancia”.

2.4.1. Temas de aplicación de la Higiene Industrial:

Los escribiré en orden de importancia y según las sugerencias de encargados de seguridad e higiene de las empresas en la cuales he realizado monitoreos.

Siendo estos los principales temas, quejas o situaciones inconfortables que uno encuentra a la hora de realizar un informe en Higiene Ocupacional:

1. Calidad de aire interior: El síndrome del edificio enfermo y casos de fumadores pasivos (second-hand smoker).
2. Evaluación y control de exposición debido a agentes químicos.
3. Planes de respuesta a emergencias.
4. Enfermedades profesionales (tuberculosis, silicosis y sida en el lugar de trabajo).
5. Agentes químicos potencialmente peligrosos como el amianto, radón y plaguicidas.
6. Desordenes traumáticos acumulativos (lesiones repetitivas, síndrome del túnel carpiano).
7. Radiación (campos electromagnéticos, microondas).
8. Riesgos para la salud reproductiva en el lugar de trabajo.
9. Establecimiento de límites de exposición para agentes físicos y químicos ocupacionales.
10. Detección y control de potenciales riesgos laborales como: Ruido, radiación e iluminación.
11. Gestión de residuos peligrosos.

Aunque algunas ocupaciones puedan parecer más peligrosas que otras, los peligros potenciales a corto y largo plazo afectan a todos, desde ejecutivos hasta obreros mineros. Los higienistas industriales desempeñan un papel importante,

asegurando que el lugar de trabajo se encuentre tan libre de riesgos como sea posible, y que los trabajadores y la comunidad estén protegidos frente a posibles amenazas a su salud.

La higiene industrial es ciencia aplicada, en donde tendremos que usar lo aprendido en las aulas universitarias para proteger a las personas, se trata de hacer frente a nuevos retos y desafíos, además de solucionar nuevos problemas cada día.

2.4.2. Tópicos de aplicación de los higienistas:

Las áreas en las cuales un higienista industrial puede involucrarse son las siguientes:

a. Asbestos:

Pruebas para detección de asbesto y eliminación de asbesto. Esta fibra mineral, que tiene la capacidad de ser resistente al fuego, fue usada como aislante en construcciones, hoy en día, se conoce que es causante de cáncer y otras enfermedades.

b. Monitoreo Biológico:

Determinar si los materiales tóxicos han alcanzado a la persona, buscándolos en el cuerpo de la persona y/o evaluando en subproductos del cuerpo como la sangre.

c. Bioseguridad:

Asegurar que bacterias, virus, jeringas, agujas sean manejados con seguridad para no infectar a los trabajadores.

d. Espacios confinados:

Establecer procedimientos de seguridad para entrar en espacios cerrados no diseñados para ocupación humana, tales como tanques de almacenamiento.

e. Ergonomía:

Contribuir a limitar discapacidades debido a movimientos repetitivos y/o prolongados, tales como escribir en un teclado, trabajar en una línea de montaje o sentarse en un escritorio todo el día.

f. Plomo:

Buscar soluciones a los problemas causados por los niveles peligrosos de plomo, encontrados en la pintura, agua contaminada y otros materiales.

g. Respuesta a emergencias:

Ayudar a asegurar que los primeros en responder estén correctamente protegidos de los riesgos en su puesto de trabajo, de incendios, de descargar eléctricas, de exposiciones químicas y biológicas, de modo que puedan concentrarse en salvar vidas.

h. Evaluación de exposiciones:

Medir la exposición humana a materiales tóxicos.

i. Valoración de Riesgos:

Determinar el verdadero potencial de los efectos adversos a la salud, mediante la realización de funciones tales como pruebas de gases y vapores potencialmente peligrosos, mediciones de niveles de ruido, y evaluación de los resultados de estas mediciones y ensayos.

j. Limpieza de laboratorios:

Ayudando a mantener a la policía y los bomberos a salvo de sustancias químicas peligrosas y otros riesgos involucrados de esta limpieza de laboratorio, así como también, determinar cuándo una casa u otro edificio antiguamente utilizado como laboratorio es seguro para ser utilizado de nuevo.

k. Calidad ambiental de interiores:

Garantizar que el aire interior es seguro y libre de irritantes y toxinas, incluyendo problemas como el moho y el síndrome del edificio enfermo.

l. Radiación:

Monitoreo y control de radiaciones emitidas por líneas de potencia, campos electromagnéticos, o de materiales radioactivos.

m. Toxicología:

Estudiar la naturaleza y acción de los tóxicos (venenos), y como exactamente causan efectos adversos a la salud.

Para entender a la Higiene Industrial como una ciencia, disciplina y arte que anticipa reconoce, evalúa y controla los riesgos ocupacionales que puedan afectar la salud del trabajador. Es decir, brindar los fundamentos básicos del Análisis de Riesgos ("Risk Assessment" y el "Risk Management" principalmente).

También es necesario una caracterización de los peligros (agentes químicos), tales como carcinogenicidad, sus efectos a la salud, etc., lo que servirá de base para fundamentar el Índice de Salud explicado más adelante; para lo cual previamente explicare el término concentración y los principales criterios que se conocen para su Evaluación y Gestión.

2.5. Agente Químico

2.5.1. Definición:

- Sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética.
- Polvo, humos, gas o vapor.
- Irritante, corrosivo, asfixiante o tóxico.
- Probabilidad de lesionar la salud de las personas.

2.5.2. Formas como se presenta:

AEROSOLES: Dispersiones de partículas sólidos o líquidas, de tamaño inferior a 100 micras en un medio gaseoso.

- Polvo (Dust): Suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño (entre 0,1 y 25 micras).
- Nieblas (Mist): Suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido (0,01 – 10 micras) (Condensado gaseoso o desintegración de un líquido).
- Bruma (Fog): Suspensión en el aire de gotas líquidas (entre 2 y 60 micras) (Condensación de estado gaseoso).
- Humo (Smoke): Suspensión en el aire de partículas sólidas (<0,1 micras) de procesos de combustión incompleta.
- Humo metálico (Fume): Suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas de condensación de estado gaseoso.

GASES: Estado físico normal de una sustancia a 20 ° C y 760 mmHg de presión. Son fluidos amorfos que ocupan el espacio que los contiene. Son de tamaño molecular.

VAPOR: Fase gaseosa de una sustancia ordinariamente sólida o líquida a 20 ° C y 760 mmHg de presión. Es de tamaño molecular.

2.6. Recomendaciones a los futuros higienistas:

El Higienista Industrial deberá ser proactivo, es decir, en lugar de corregir los problemas cuando se producen, deberá anticiparse a los problemas que podrían ocurrir y tomar medidas para evitar antes de que ocurran.

La Higiene Industrial es una tarea a largo plazo, es una inversión rentable para mejorar el rendimiento: la salud de los trabajadores, riesgo bajo, y la mejora de la productividad.

Los higienistas industriales no estamos limitados a un tipo particular de industria, también podemos trabajar en diversas organizaciones tales como:

- Servicios públicos
- Gobierno
- Sindicatos
- Laboratorios de investigación
- Hospitales
- Empresas de residuos peligrosos
- Colegios y universidades
- Compañías de seguros
- Consultoría de empresas
- Minería
- Empresas químicas
- Industria manufacturera

Los Higienistas Industriales unifican la gestión, los trabajadores, y todos los sectores de una empresa tras un objetivo común: la Salud y la Seguridad.

3. CAPITULO III: ANALISIS DE RIESGO EN HIGIENE INDUSTRIAL

"Life is a risky bussiness". Dr. Richard Wilson.

3.1. Introducción:

Muchas personas, incluso profesionales, suelen entender el término "Análisis de Riesgo" como una evaluación técnica para determinar si hay algún peligro y su probabilidad o severidad de ocurrencia. Sin embargo, el término tiene un significado más amplio, abarcando análisis de estrategias para control, así como también, la respectiva comunicación al público acerca del riesgo.

Las SRA (Society for Risk Analysis), es una asociación internacional, la cual clasifica el análisis de riesgo de la siguiente manera:

1. Evaluación del Riesgo
2. Caracterización del Riesgo
3. Comunicación del Riesgo
4. Gestión del Riesgo
5. Políticas (relativas al Riesgo)

He considerado para el desarrollo del presente capítulo, las publicaciones del Dr. Richard Wilson, el cual según muchos es una de las personas más autorizadas y preparadas para temas referentes al Análisis de Riesgo, entre ellos el Ph.D. John Graham (Fundador y ex – director del Harward Center for Risk Analysis).

A estas alturas se preguntaran porque tomo como referencia bibliografía norteamericana. Si bien es cierto la mayoría de especialistas en el tema están en Estados Unidos, hoy en día, la tendencia es que sea un tema de alcance global. John Graham dice, que el rol del análisis de riesgo en las políticas públicas ha estado y está mucho más desarrollado en Estados Unidos que en otras partes del mundo.

Estas afirmaciones, más que un sustento político o patriótico, tienen mucho de cierto y es principalmente debido a la historia. En los años 70, el tema de la **Energía Nuclear**, tenía especial relevancia a nivel internacional, en Estados Unidos

generó mucho interés a los científicos en el campo del análisis de riesgo. Rusia, la contraparte, en algunos casos no le brindó mucha importancia (Chernobyl).

Vemos que en primer lugar el desarrollo del "Análisis de Riesgo", está íntimamente relacionado al tema nuclear. "Las definiciones de riesgo fueron introducidas en todos los estándares americanos, siendo el pionero los propuestos por la **U.S. Nuclear Regulatory Administration**, y luego exportada a los demás países" (J. Graham, 2001).

En segundo lugar, la seguridad de los alimentos y de los aditivos, "obligó" a la **U.S. Food and Drug Administration**, más conocida como **FDA**, ha desarrollar procedimientos técnicos para determinar los niveles de confianza y seguridad. Es por ello, que en la mayoría de procedimientos técnicos relacionados al riesgo se encuentran términos como "risk", "variability" y "uncertainty". Richar Wilson también dice, "**risk implies uncertainty**", por lo cual luego sostiene, "**common sense can guide us when scientific evidence is inconclusive**".

Los procedimientos desarrollados por la FDA, estuvieron desde sus orígenes vinculados a la toxicología, dice J. Graham. Los cual debe ser cierto pues se le dio un gran impulso al desarrollo de la toxicología, siendo la **NTP (National Toxicology Program - USA)**, actualmente el centro más desarrollado en ese campo y de consulta permanente incluso por la ACGIH, AIHA, NIOSH, OSHA, así como otras instituciones americanas y del resto del mundo involucradas en el "**chemical risk assessment**".

En tercer lugar, el tema de los pesticidas y luego de los residuos peligrosos, hizo que la **EPA (Environment Protection Agency)** también desarrollara recomendaciones, pero esta vez en el campo de la salud humana y del "**ecological risk assessment**".

J. Graham añade, desde tiempos del presidente Nixon, se le dio también importancia no solo al "risk-benefit", sino también, al "cost-benefit"; debido a la importancia del tema económico en el análisis del riesgo y sus implicancias.

He mencionado el término "riesgo" repetidas veces, cabe destacar que la palabra riesgo se usa de diferentes formas y en diferentes disciplinas.

3.2. Definición de Riesgo:

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, (Del it. risico o rischio, y este del ár. clás. rizq, lo que depara la providencia).

1. m. Contingencia o proximidad de un daño.
2. m. Cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro.

La definición en español es muy amplia y gaseosa, por así decirlo, veamos ahora, la definición dada por el Oxford English Dictionary:

1. a situation involving exposure to danger.
2. the possibility that something unpleasant will happen.
3. a person or thing causing a risk or regarded in relation to risk: a fire risk.

La definición que se aplica en términos de cuantificación es la 2.

Siendo la definición más utilizada la siguiente:

$$\text{RIESGO} = \text{PROBABILIDAD} * \text{CONSECUENCIAS} \dots (\alpha)$$

Esa ecuación es usada por lo general en seguridad industrial, aunque también es usada siempre que se asocia el riesgo a sucesos o eventos.

Si bien esta expresión es correcta, es necesaria una ecuación afin a la Higiene Industrial, por motivos pedagógicos, considero más didáctica la expresada por **Michael Jayjock**:

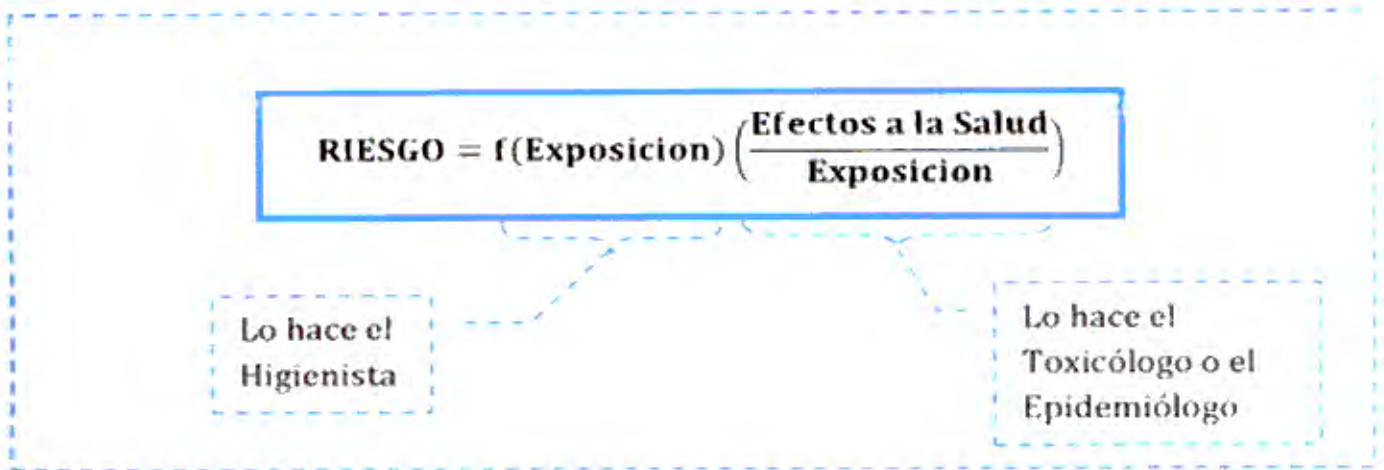
$$\text{RIESGO} = f(\text{Exposición}) \left(\frac{\text{Efectos a la Salud}}{\text{Exposición}} \right) \dots (\beta)$$

La considero más didáctica pues luego que el higienista obtiene la exposición ponderada en el tiempo para un agente, por ejemplo: un agente químico, tiene que compararlo con información toxicológica de Dosis-Respuesta y con los límites de exposición.

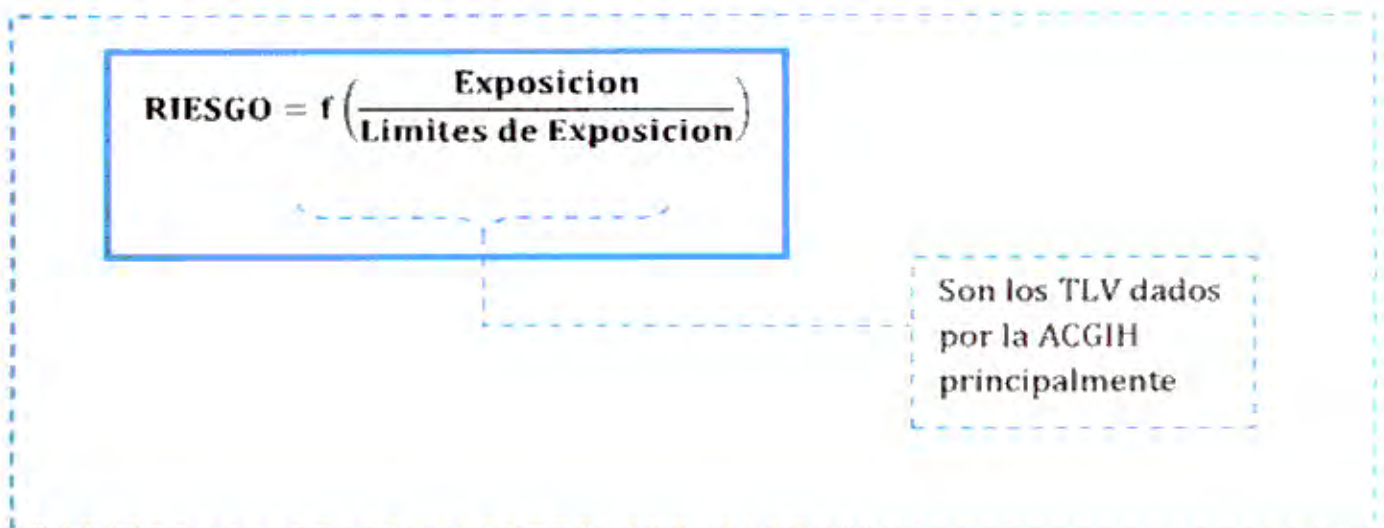
La determinación de los efectos a la salud según exposición, están dadas por

investigaciones de toxicólogos y epidemiólogos principalmente.

Entendiendo mejor, podríamos decir que:



Otro proceso de evaluación del riesgo, es la comparación de las exposiciones con los límites de exposición.



Encontrar una relación entre la definición general (α) y la de Jaycock (β) será fundamental para el desarrollo de la matriz de riesgo propuesta. (Ver Capítulo 4)

En el Capítulo 2, se definió las funciones del higienista industrial. En la introducción del presente Capítulo 3, se ha establecido las partes que comprende un análisis de riesgo.

clínicos y de higiene de trabajo, se dificulta principalmente por la exposición a múltiples agentes químicos presentes y por la existencia de otros factores ajenos al ambiente de trabajo.

El número de trabajadores estudiados debe ser suficientemente grande para que las variables como la edad, sexo y condiciones de vida puedan analizarse. (OMS)

La presente tabla ha sido tomada de "**Bayesian Retrospective Exposure Assessment**", del profesor Gurumurthy Ramachandran, Universidad de Minnesota.

Muestra la información histórica sobre la exposición de un grupo homogéneo de trabajadores en una fundición de nickel. Así como también, detalla los equipos de muestreo usados. Las reacciones e irritaciones según las exposiciones, también fueron estudiadas.

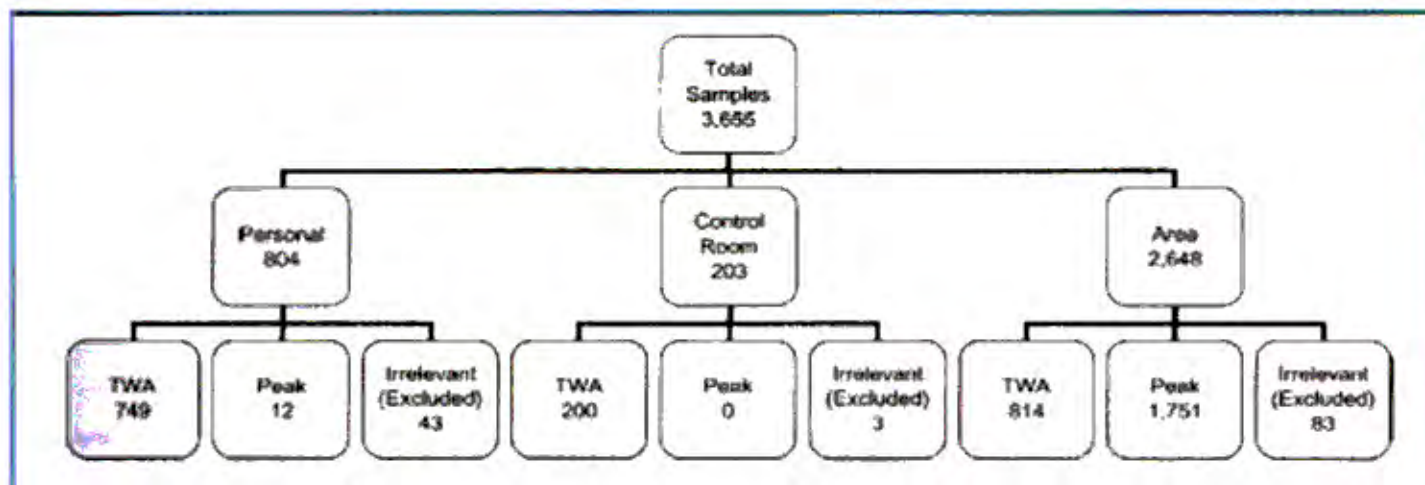
Periodo	Konimeters (ppcc)	Hi-Vo (mg/m ³)	Hi-Vol (mg Ni/m ³)	Personal (mg/m ³)	Personal (mg Ni/m ³)
1956 - 1963	959	---	---	---	---
1964 - 1966	561	17	9.8	---	---
1967 - 1971	623	16.5	6.53	---	---
1972 - 1975	529	53.1	37.2	---	---
1976 - 1979	---	1.31	---	1.31	4.35

Una descripción más detallada de esta publicación la pueden encontrar en mi blog, <http://el higienista.blogspot.com>

Otro estudio importante que no debe dejar de mencionarse, es el realizado por Pamela Williams y Dennis Paustenbach entre los años 1976 y 1987. En su publicación "**Characterizing Historical Industrial Hygiene Data: A Case Study Involving Benzene Exposures at al Chemical Manufacturing Facility**".

En esa detallada investigación, se realizaron cerca de 3700 muestras de Benceno

en el Aire, tomadas en una conocida empresa química (productora de ácido acético) que opera desde 1950 hasta nuestros días.



El programa de muestreo tuvo 2 propósitos principales:

1. Identificar las fuentes de emisión, en todas las áreas (la recolección de datos fue realizada de forma aleatoria).
2. Evaluar la exposición de los trabajadores siguiendo los requerimientos de la OSHA (luego de su promulgación en 1970).

En la siguiente tabla, William y Paustenbach, nos muestran las mediciones ponderadas según zona de exposición. Las zonas fueron las siguientes:

Zonas A y B	Producción de acetato de metilo y ácido acético
Zonas C y D	Ácido acético purificado y anhídrido acético
Zonas E y F	Acetato de vinilo y compuestos relacionados
Zona G y H	Acrilato de 2-Etilhexilo y acrilato de butilo
Zona I	Monómeros
Zona J	N.A
Zona K	N.A

Los resultados fueron los siguientes:

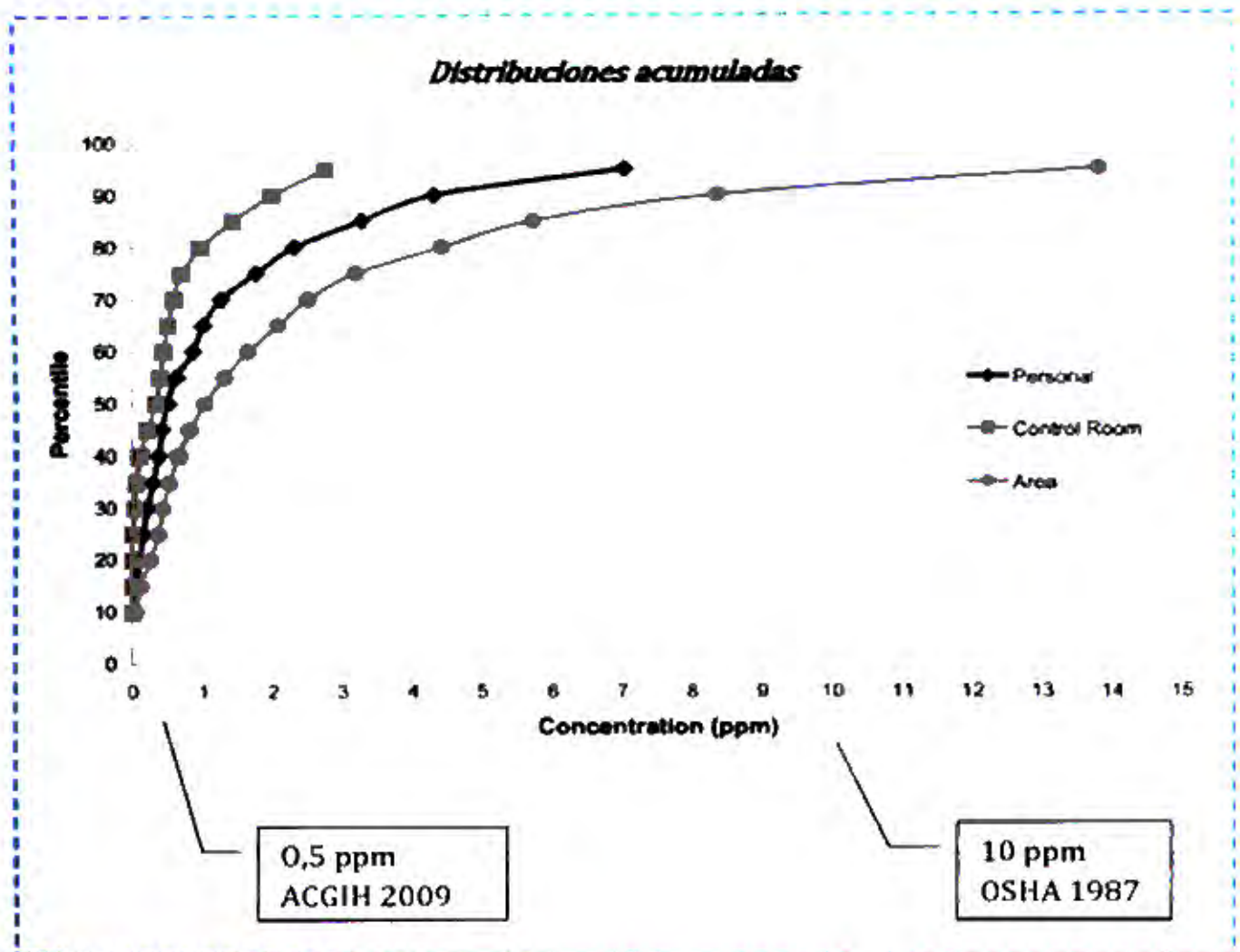
Exposure Zone	Personal Samples			Control Room Samples			Area Samples		
	Number of Samples	Mean (ppm)	Std. Dev. (ppm)	Number of Samples	Mean (ppm)	Std. Dev. (ppm)	Number of Samples	Mean (ppm)	Std. Dev. (ppm)
A	59	0.28	0.40	10	0.07	0.19	45	0.52	0.56
B	65	0.68	2.91	15	0.08	0.13	51	0.67	1.23
C	82	0.90	1.73	20	0.36	0.30	133	3.09	6.74
D	84	0.96	1.45	42	0.72	1.19	71	1.92	4.01
E	53	0.71	0.31	18	0.03	0.09	70	0.20	0.25
F	60	0.31	0.75	—	—	—	50	0.44	0.66
G	64	2.08	4.12	13	2.08	0.86	31	2.26	5.56
H	84	2.31	4.38	20	0.88	0.79	122	2.17	4.11
I	182	3.98	5.57	62	0.82	1.39	227	8.76	23.26
J	2	0.29	0.27	—	—	—	—	—	—
K	14	1.23	1.95	—	—	—	13	2.14	3.76
All zones	749	1.75	3.80	200	0.68	1.11	811	3.83	13.19

Cabe señalar que el límite de detección de los instrumentos usados fue de 0.01 ppm a 0.1 ppm. De las conclusiones presentadas por Paustenbach, se puede concluir que el trabajo abarco 2 etapas del proceso de análisis de riesgo: Evaluación del Riesgo y Caracterización del Riesgo.

Como veremos en el Capítulo 4, la ACGIH 2009 recomienda un límite de exposición ponderado (TWA) de 0.5ppm y un STEL de 2.5ppm. Pero en el año 1985, el límite permisible era 10 ppm, por lo que en los años que se realizó y presento el estudio, el 97% de las mediciones cumplía con los requerimientos establecidos.

Asumiendo una distribución normal también se puede ver que en más de la mitad de las muestras superan las recomendaciones de la ACGIH 2009.

En la siguiente figura se muestra las distribuciones acumuladas del TWA según tipo de muestro. También se señala el límite en 1985 y el actual.



El Benceno ha despertado debate desde inicios del Análisis de Riesgo, a motivo de **anécdota** John Graham cuenta, que desde inicios de 1980 la U.S. Occupational Safety and Health Administration propuso a la Corte Suprema de los Estados Unidos que el límite debería de reducirse de 10 ppm a 1 ppm.

Sin embargo, esta medida no tuvo efecto, pues la OSHA aun no había desarrollado un método de evaluación de riesgo cuantitativo (en la literatura esta como: "quantitative risk assessment").

También el Dr. Richard Wilson estuvo involucrado en estos debates iniciales hasta nuestros días.

Otra información histórica de especial relevancia es la proporcionada por **Paul Yeung y Alan Rogers** en **"An Occupational-Industry Matrix Analysis of Mesothelioma Cases in Australia 1980 – 1985"**. Luego de la investigación afirman que entre el 69% y 85% de casos reportados de mesotelioma están asociados a la exposición a asbestos, principalmente los anfíbolos. Este fue un estudio netamente epidemiológico.

En Australia, país que en décadas pasadas tenía uno de los más altos números de incidencia de mesotelioma en el mundo. Primero los estudios fueron hechos por la Australian Mesothelioma Surveillance Program (1979 – 1985) y desde 1980 son realizados por el Australian Mesothelioma Register.

Este tipo de información histórica es referencia fundamental no solo en Australia, sino también es referencia en las investigaciones en Estados Unidos, así como de otros países en el mundo.

Nuestro país, también se cuenta con información histórica importante, sin embargo muchas veces no es tomada en cuenta, y en muchos casos se carece de información, por ejemplo el tema del Radón.

El profesor Manuel Vizcarra, catedrático del curso de Contaminación Ambiental en la FIA-UNI, sostiene y justifica en sus publicaciones y en su cátedra, que en contra de lo que se cree o cuesta creer, en nuestro país existe un trabajo titulado "Informe sobre los humos de la Oroya" publicado por Julián Bravo en 1926. Esta es sin duda una joya bibliográfica que debe ser consultada, esta en la Biblioteca Nacional de Perú.

En nuestro país también hay importantes contribuciones científicas en el campo, entre ellos los trabajos del **Dr. Alberto Hurtado, entre sus publicaciones "Man and Attitude" publicada en 1966, es referencia en varios estudios científicos, también en Estados Unidos. En nuestro país también debería ser referencia debido**

a que una de nuestras principales actividades económico-productivas, la minería, se realiza en las alturas.

Otro estudio de referencia, también para investigadores extranjeros, son algunos de los publicados por el Instituto de Salud Ocupacional en los años 70, entre los principales según alcance internacional, puedo mencionar **“Study of Silicosis in Peruvian Mines and Permissible Dust Concentrations”** presentado por **Luis Pahetto** en 1971.

Este también es un trabajo epidemiológico, que también toma de referencia a otros 3 estudios médicos y ambientales realizados en minas metálicas del Perú entre los años 1949 y 1969, estos estudios son **“Reports of Environmental and Worker Studies Carried on in Peruvian Mines”** – ISO y **“Modified Free Silica Determination in Airborne Dust”** de Torres P.A. – ISO de 1968.

Estos tres trabajos concluyen en importantes resultados como:

1. Obtención de una ecuación para calcular la concentración de polvo de sílice permisible, basada en el contenido de sílice libre en roca.
2. Obtención de otra ecuación, pero basada en el contenido de sílice libre contenida por el polvo en el aire.

Lo interesante de estos trabajos es que ambas ecuaciones encontradas se diferenciaban de la propuesta por la ACGIH, la razón principal es que las minas en nuestro país estaban ubicadas entre 4000 y 5000 metros sobre el nivel del mar.

Se estudiaron 13 de las 22 minas existentes en ese entonces, considerando solo a las que contenían información previa sobre enfermedades ocupacionales, número de trabajadores y casos de silicosis.

La tabla dada por la ISO(Instituto de Salud Ocupacional)

Mines	Number of Mines	Number of Workers		
		Underground	Surface	Silicotic
Selected	13	4536	3494	193
Rejected	9	1857	1535	98
Totals	22	6393	5029	291

Otro punto importante que altera la ecuación es que mientras en USA se trabajaba 40 horas en nuestro país 48 horas a más.

La ecuación adoptada por la ACGIH era:

$$C = \frac{250}{\% \text{ SiO}_2 + 5}$$

Donde %SiO₂ es la cantidad de sílice libre en el polvo del aire y C es la concentración permisible de polvo (dada en millones de partículas por pie cúbico de aire).

Mine	Year of Study			SiO ₂ ^a (%)	Number of Workers		
	First	Second	Third		Underground	Surface	Silicotic
A	1965	—	—	16.0	122	73	5
B	1965	—	—	16.2	80	70	3
C	1964	—	—	23.8	80	100	10
D	1965	—	—	51.2	234	208	24
E	1949	1956	1965	14.1	640	1076	3
F	1953	1958	1966	29.6	954	522	17
G	1949	1956	1965	37.2	927	526	47
H	1961	1969	—	41.8	227	188	34
I	1960	1965	—	4.0	112	67	6
J	1957	1965	—	26.6	528	344	10
K	1959	1965	—	31.0	235	103	2
L	1960	1965	—	35.4	202	141	19
M	1960	1965	—	64.4	215	76	13
Totals					4536	3494	193

^aContent of free silica in parent rock.

Se aprecia que el contenido de sílice libre en la "roca madre" oscilaba entre 4% y 64.4%.

Las 13 minas escogidas (A, B, C, ..., L, M) fueron categorizadas en 3 grupos:

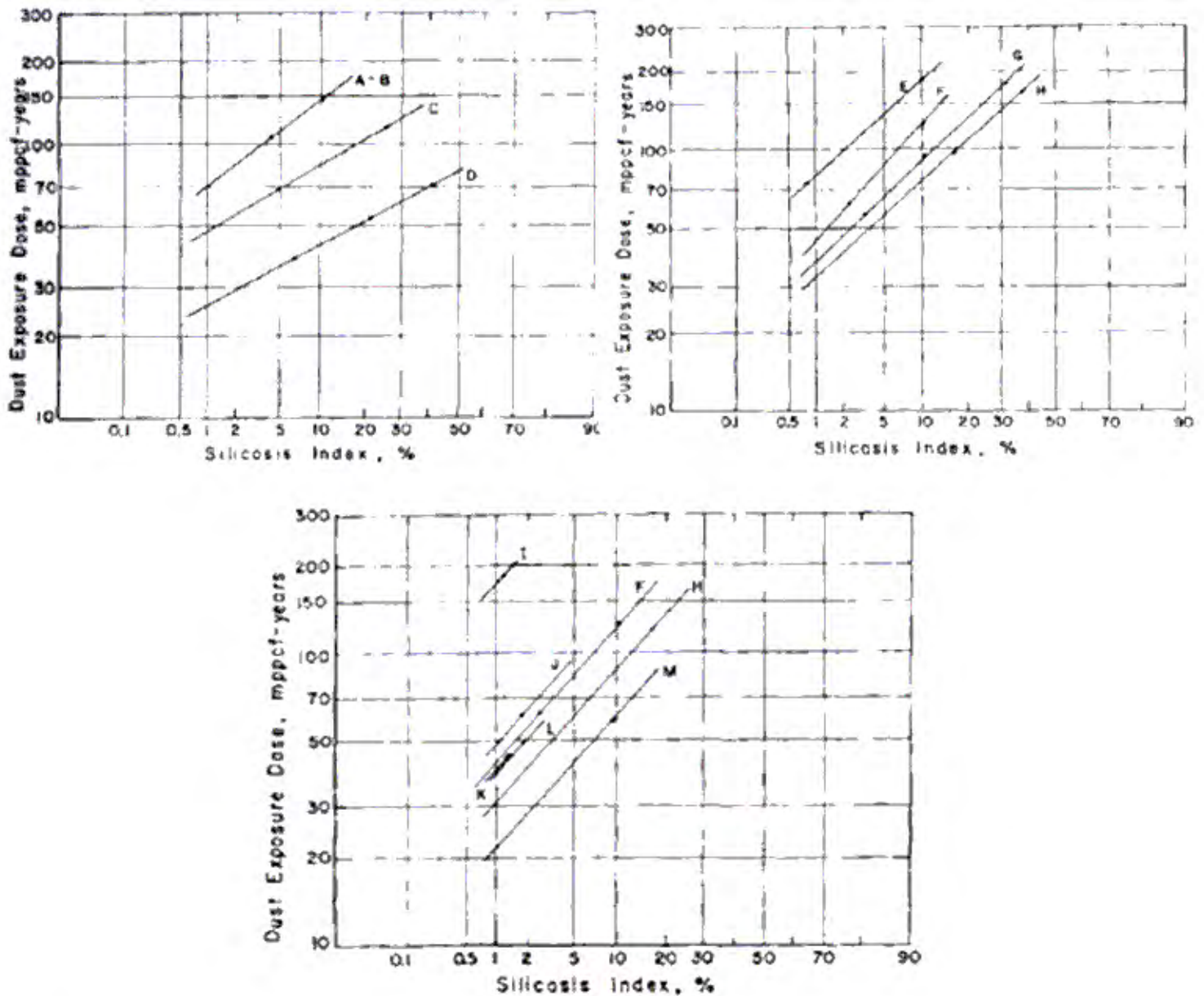
1. Aquellas en las que se había realizados un estudio previo (A, B, C, D).
2. Aquellas en las que se había realizado dos o más estudios (E, F, G, H).
3. Aquellas con presencia trabajadores que habían trabajado en minas subterráneas por un periodo corto y fueron examinados posteriormente.

Mine	Number of Workers		Occupational Exposure to Dust			Silicosis Index (%)
	Exposed Group	Silicotic Cases	Concentration, C(mppcf) ^a	Time, T(years)	Dose, C × T	
Mines— one study						
A	25	1	15.0	7	105	4.0
B	10	1	12.1	12	145	10.0
C	21	1	9.7	7	68	4.8
D	4	1	9.7	12	116	25.0
	48	3	10.8	3.5	38	6.3
	44	9	10.8	5.0	54	20.5
	15	6	10.8	6.5	70	40.0
Mines—two or more studies						
E	245	2	6.2	12	74	0.8
	10	1	6.2	30	186	10.0
F	41	1	8.0	7.8	62	2.4
	20	2	9.1	13.7	125	10.0
G	250	8	8.0	7	56	3.2
	105	11	8.0	12	96	10.5
H	28	9	10.6	17	180	32.0
	86	14	14.0	7	98	16.3
	16	6	14.0	12	168	37.5
Mines—workers reexamined						
F	38	1	10.3	6	62	2.6
	38	4	9.1	13.7	125	10.5
I	83	1	32.3	5.7	184	1.2
J	221	4	7.0	8.7	61	1.8
K	79	1	8.0	5.5	44	1.3
L	112	2	9.8	5	49	1.8
H	54	9	15.0	8	120	16.7
M	107	10	13.1	4.5	59	9.3

^aMillion particles per cubic foot of air.

Los estudios sobre silicosis realizados por la ISO hace varias décadas son sin duda, muy interesante y de amplia investigación en el campo de la higiene y/o salud ocupacional.

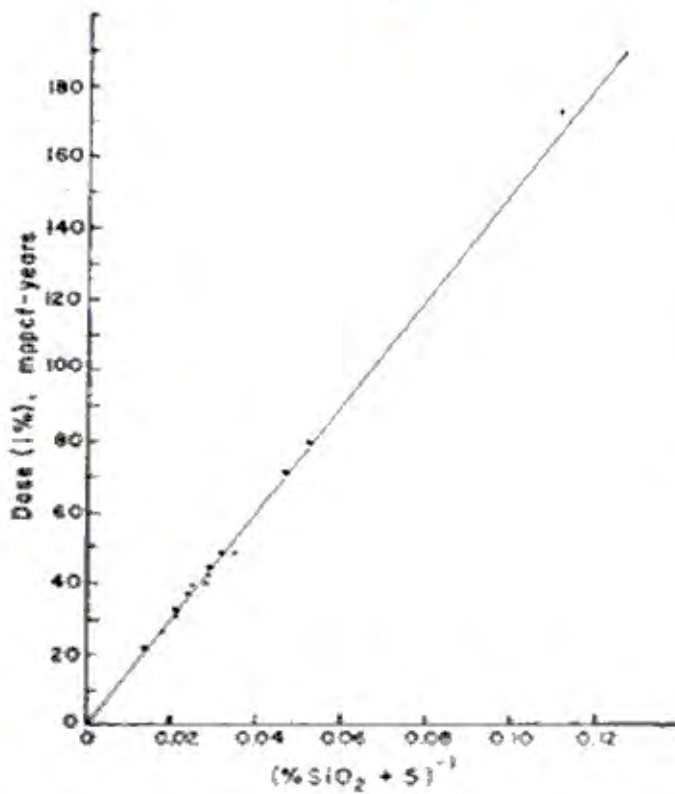
El trabajo continua también con las relaciones entre las dosis de exposición a sílice por año versus el índice (porcentaje) de trabajadores con silicosis:



Se distingue claramente una tendencia lineal en los 3 escenarios. De estas 3 graficas, Pahetto deduce mediante regresión lineal, y obtiene la cantidad de años de trabajo necesarios para desarrollar silicosis en el 1% de los trabajadores.

Mine	Free Silica in Rock (%)	CT(1%)	Dust Concentration (mppcf)*	Exposure Time (years)
I	4.0	172	32.3	5.3
E	14.1	79	6.2	12.7
A-B	16.1	71	13.5	5.3
C	23.8	48.5	9.7	5.0
J	26.6	48.5	7.0	6.9
F	29.6	44	8.6	5.1
F	20.6	42	9.7	4.5
K	31.0	40	8.0	5.0
L	35.4	39	9.8	4.0
G	37.2	37	8.9	4.2
H	41.8	32.5	14.0	2.3
H	41.8	31	15.0	2.1
D	51.2	26	10.8	2.4
M	64.4	21.5	13.1	1.6

* Million particles per cubic foot of air.



*DE LAS COLUMNAS 2, 4 y 5.
APLICAR REGRESION LINEAL DE
DOSIS PARA 1% DE CASOS DE
SILICOSIS VERSUS CONTENIDO DE
SILICE EN LA ROCA*

$$CT_{(1\%)} = \frac{1515}{\% \text{ SiO}_2 + 5}$$

Donde CT (1%) es la concentración permisible para 1% de casos de silicosis.

Tomando de la tabla principal el valor de 12.7 años como el más realístico y que implica mayor factor de seguridad. Entonces tendríamos la siguiente ecuación:

$$C = \frac{120}{\% \text{ SiO}_2 + 5}$$

A diferencia de la propuesta por la ACGIH, en la cual el porcentaje de sílice libre está en el aire. Aquí está en referencia al contenido de sílice libre en la roca.

Pahetto encontró una relación entre las cantidades de sílice libre en el aire y la de sílice libre en las rocas oscilaba entre 0.37 y 0.87, comprendiendo valores entre 0.52 y 0.65 en 8 de las minas estudiadas; con lo cual encontró un promedio de 0.58. Según el cual el equivalente al de la ACGIH sería:

$$C = \frac{70}{\% \text{ SiO}_2 + 3}$$

Los estudios paralelos del Doctor Hurtado, ayudan a comprender la influencia de la altura y la variación de los límites permisible propuestos por Pahetto. Desde luego también se denota la importancia de tener investigaciones propias para complementar las recomendaciones dadas por otras organizaciones internacionales.

Como ya mencione anteriormente, además de la información histórica y/o epidemiológica, también los estudios relacionados con animales son importantes para determinar los límites permisibles.

Tal como pueden haber notado, hasta ahora, me estoy involucrando en Agentes Químicos, esto no quiere decir que similares procedimientos no puedan aplicarse para determinar los límites permisibles para Agentes Físicos.

Por objetivos de la tesis explicaré los relacionados a los primeros, los agentes físicos serán tema para una posterior publicación que estoy preparando.

3.3.2. Estudios en animales:

Los experimentos con animales permiten verificar efectos tóxicos mediante biopsia, exámenes de alteraciones anatómicas macroscópicas y modificaciones histopatológicas. Representan la segunda y tercera manera (en frecuencia) de métodos (NOEL/SF y Modelos de Dosis-Respuesta aplicados) para la obtención de valores límites permisibles.

Uno de los trabajos más antiguos y metódicos que he encontrado es el presentado por Hon-Wing Leung, F. Jay Murray y Dennis Paustenbach en 1988, titulado "A Proposed Occupational Exposure Limit for 2, 3, 7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin". Acerca de este contaminante se puede decir que es producido no intencionalmente en las industrias relacionadas con cloro-fenoles y fenoxi-herbicidas. El nombre más conocido de esta dioxina es TCDD.

La razón principal de esta investigación fue debido a la exposición de trabajadores de residuos peligrosos, además también puede desprenderse de la incineración de ciertos materiales. Estudios previos realizados por Poland y Knutson en 1982, clasifican a la TCDD como la más tóxica entre todos sus isómeros.

Animal	LD ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	t 1/2 (days)
Guinea pig	1	30-94
Rat	22-45	31
Monkey	<70	455
Rabbit	115	-
Mouse	114	15
Dog	>300	-
Hamster	5000	15
Human	-	8 yr

Tabla tomada del trabajo de Leung, Murray y Paustenbach.

Muestra las diferencias en cuanto a toxicidad (LD50) y el tiempo de vida media de excreción del contaminante del cuerpo.

Literatura previa revisada no evidencia mutagenicidad del TCDD (Shu, Murray, Paustenbach).

Sobre oncogenicidad, todos los ensayos mencionados en el mismo trabajo, realizados principalmente por la National Toxicology Program (NTP) en el año 1980 señalan un NOEL (nivel de efector no observable) de 0.001µg/kg/día para respuesta en carcinogenicidad en roedores.

Si bien el TCDD no figura en las últimas actualizaciones de la ACGIH, es importante resaltar que en el 2, 4,5-T contiene 30 ppm de TCDD.

Toda la información epidemiológica disponible desde Monsanto (USA, 1949) hasta Seveso (Italia, 1976), evidencia como principal efecto casos de cloroacné, mas no se sugiere carcinogenicidad en humanos.

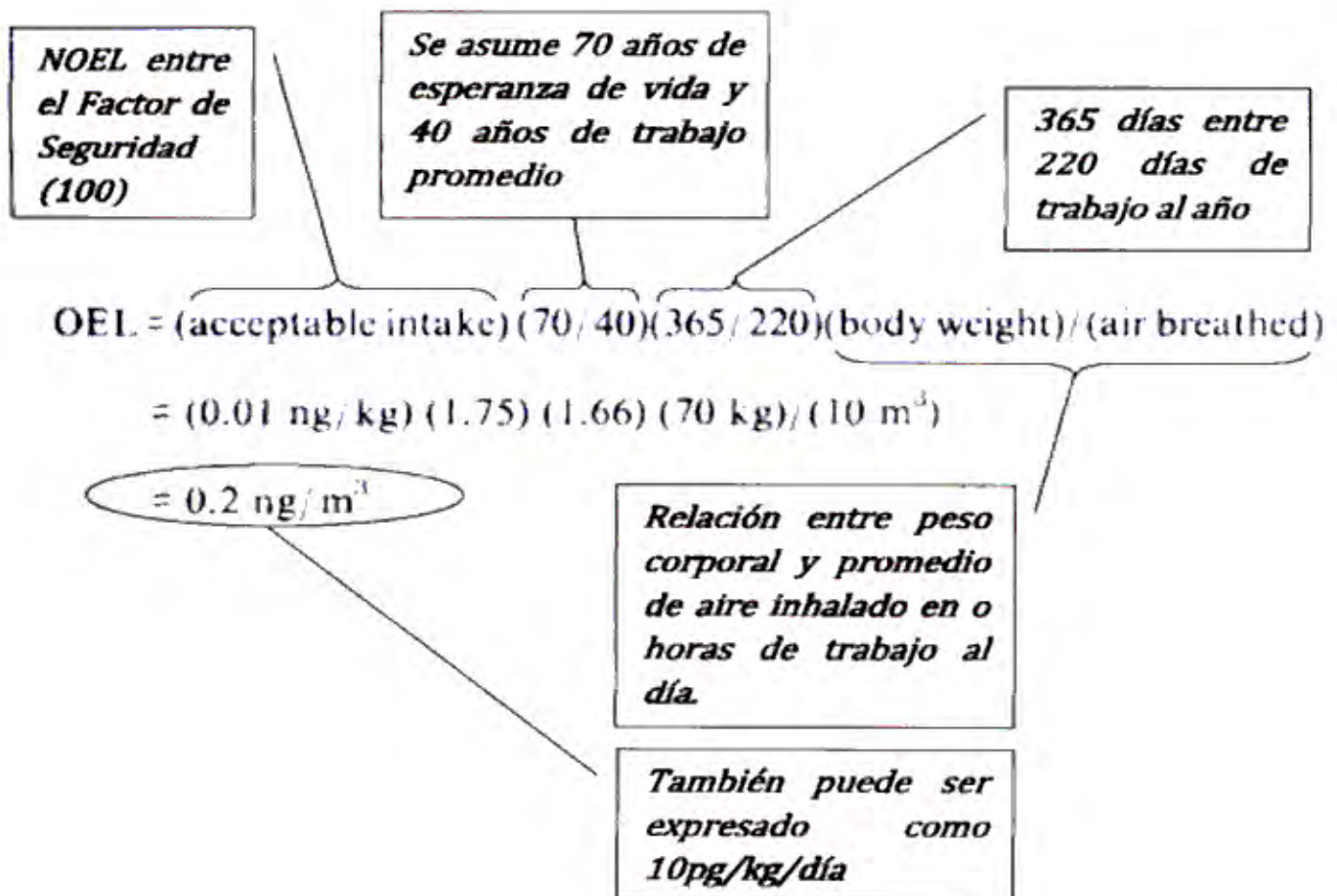
Chemical	TLV	NOEL	Species	Safety Factor
Chloroform	10 ppm	30 ppm	rat	3
Ethylene oxide	1 ppm	10 ppm	rat	10
Formaldehyde	1 ppm	2 ppm	rat	2
Hexachlorobutadiene	0.24 mg/m ³	0.2 mg/kg/day	rat	6
2-Nitropropane	10 ppm	27 ppm	rat and rabbit	3
Vinyl bromide	5 ppm	50 ppm	rat	10

Los agentes tenían arriba mencionados por Leung y su equipo, tienen clasificación A2 (según la ACGIH en 1986). Se categoriza con A2 a los agentes que se sospechan son potencialmente carcinógenos en el hombre. Como A2 se les aplica factores de seguridad entre 2 y 10 sobre el NOEL. La incertidumbre debido a otras probables fuentes de exposición del TCDD, merece la sugerencia de un factor de seguridad de 100 por parte de Leung y equipo.

Como se detallará en el Capítulo 4, desde entonces algunos agentes clasificados como A2 ahora son A4.

En las clases de Toxicología Industrial dictados por la ingeniera Amparo Becerra, se enseña el mismo método aplicado por Leung para determinación del OEL (Occupational Exposure Limit).

De esta manera en la siguiente figura Leung y equipo obtienen el limite permisible para TCDD libre en el medio ambiente.



Como ya se mencionó esta propuesta de limite corresponde al TCDD libre (en el aire), similar procedimiento al aplicado en nuestro país décadas atrás en Perú y explicado en este mismo Capítulo. El equipo de Leung sugiere que en el medio ambiente, la presencia del TCDD es más frecuente en la tierra y otras partículas. Por lo tanto mediante la siguiente formula establece un limite permisible para TCDD en partículas contaminadas.

$$(\text{TCDD})(\text{IP})[(F_a)(B_a)+(F_u)(B_u)] = 0.2 \text{ ng/m}^3$$

Donde TCDD es la concentración de TCDD en las partículas e IP es la concentración de partículas inhalables.

Considerando una F_a (fracción alveolar, partículas depositadas en la región alveolar) de 0.3 y una F_u (fracción depositada en las vías respiratorias superiores) de 0.6. Cabe destacar que las F_u son limpiadas (depuradas) por el aparato mucociliar. B_a corresponde a la biodisponibilidad del TCDD depositado en la región alveolar y B_u corresponde a la biodisponibilidad del TCDD depositado en las vías respiratorias superiores. La biodisponibilidad es un término farmacológico que corresponde a la fracción de la dosis de una "fármaco" administrada que alcanza su diana terapéutica o lo que es lo mismo que llega hasta el tejido sobre el que realiza su actividad.

El estudio concluye que aun cuando se considere al TCDD como genotóxico, tal como se sugiere en escasos estudios, realizando las extrapolaciones correspondientes teóricamente se puede esperar un riesgo de cáncer de 3 en 10000. En el siguiente cuadro comparativo de "Significant Risk Decision in Federal Agencies" de Rodricks, Brett y Wrenn, se muestra en la tercera columna la probabilidad de muerte (1/1000) asociada al cáncer.

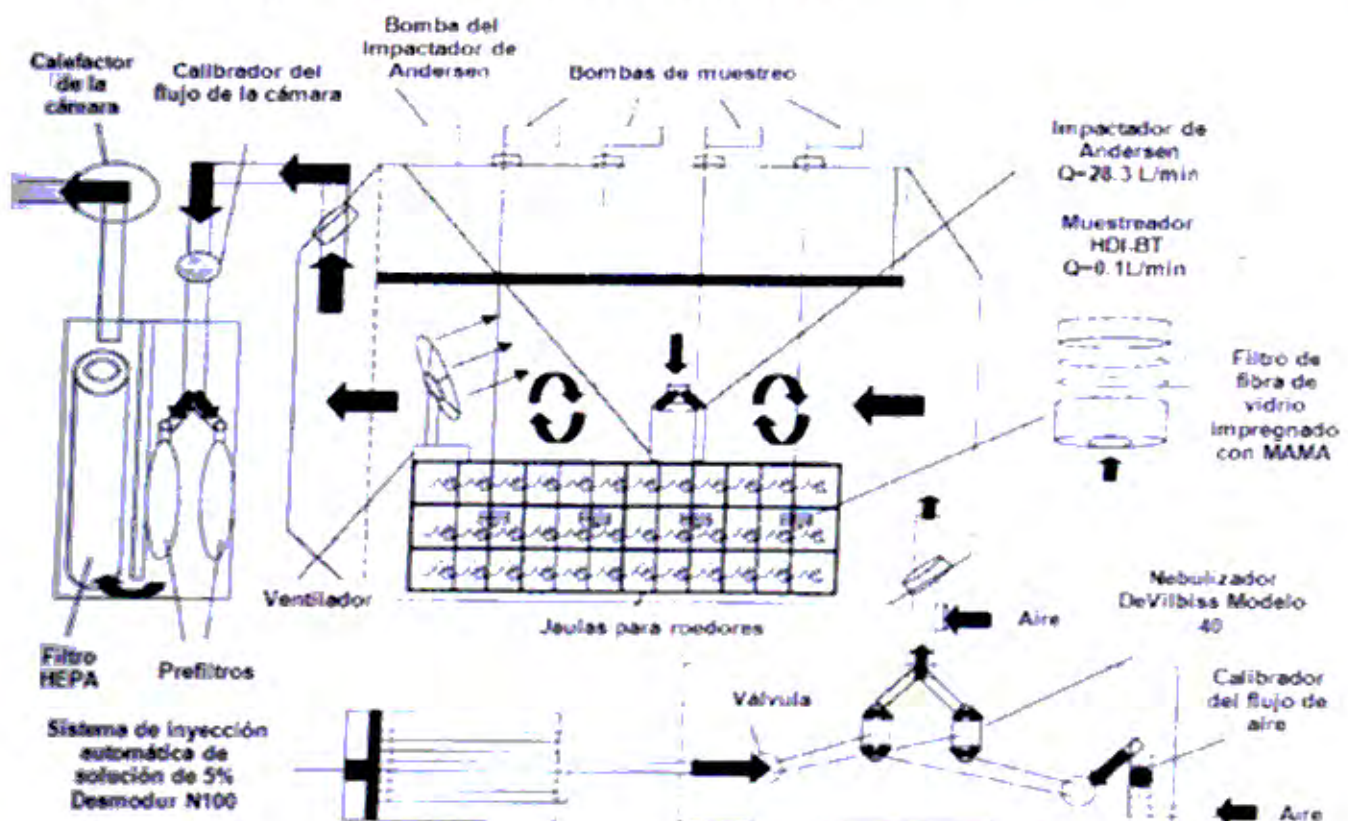
Inorganic arsenic	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8
Ethylene oxide	1 ppm	1-2
Ethylene dibromide	20 ppm	0.2-6
Benzene	1 ppm	5-16
Vinyl chloride	1 ppm	4
Dibromochloropropane	1 ppb	2
Asbestos	0.2 f/cc	6.7
TCDD (Proposed OEL)	0.2 ng/m^3	0.3

Se observado que el OEL propuesto es menor al de los demás agentes químicos de la tabla, esto no necesariamente indica mayor riesgo de cáncer, sino que es debido al conservadurismo en las extrapolaciones y ante la falta de evidencia.

Recién en el año 2001, la NTP sustento con mayor evidencia científica la relación causal de la exposición a TCDD y el cáncer en humanos. Por lo cual fue clasificado como "conocido por ser cancerígeno en humanos". Cabe mencionar que el trabajo

de Leung, Murray y Paustenbach fue uno de los más fundamentados en su época, pero actualmente con mayor evidencia histórica y de estudios epidemiológicos la NTP refuta algunos de sus resultados realizados por ellos mismos en 1980. También es necesario mencionar que el TCDD ya no se produce deliberadamente en la industria, aunque como explicó Leung aún en la actualidad puede encontrarse en herbicidas, pesticidas o como producto de la incineración de residuos.

Posteriormente en el año 2003 un equipo multidisciplinario de varias instituciones, el cual desde ahora denominaré Grupo HDI, formado por Chun-Ting Lee, Poovey, Friedman, Rando y Hoyle presentó el estudio "An HDI Polyisocyanate Aerosol Exposure System for Large-Scale Animal Experiments". En nuestro idioma el HDI es conocido como Diisocianato de 1,6-Hexametileno. El grupo HDI liberó el aerosol (HDI Poliisocianato), mediante la nebulización de una solución de un poliisocianato comercial disuelto en acetona. El aerosol fue liberado con un flujo constante dentro de la cámara usada. Este método generó atmósferas de una concentración de $10.46 \pm 0.23 \text{ mg/m}^3$ sobre un periodo de 5 horas.



Esta figura es una traducción de la diseñada por el Grupo HDI, en cuyo sistema se experimentó con 48 ratas y 144 ratones. El Desmodur N100 es un compuesto químico que es producido por BAYER entre otros, el cual es usado en la producción de pinturas.

El aerosol es generado mediante la nebulización de 1.6% de Desmodur N100 en acetona con la ayuda de los 2 nebulizadores que se observan en la figura. Este estudio entre otros aspectos, ayudó a comprobar algunos efectos (daño al tejido del tracto respiratorio principalmente) del HDI en seres vivos, aunque también cabe precisar que la ACGIH contaba con información consistente desde 1985, fecha en que publicó y recomendó un límite permisible de 0.005 ppm para el Diisocianato de Hexametileno, recomendación que se mantiene actualmente hasta nueva evidencia científica.

3.4. Higiene Industrial, su Evaluación y Gestión:

Complementando lo explicado en el Capítulo 1, desde la promulgación de la Occupational Safety and Health Act en 1970, se empezaron a establecer **estándares permisibles** para las exposiciones en el ambiente de trabajo. Hasta ese entonces la mayoría de los contaminantes no tenían un método analítico de muestreo. Es por eso que la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) en 1974 **conjuntamente desarrollaron** una evaluación sobre los métodos analíticos y de muestreo para 386 compuestos.

3.4.1. Método de Muestreo:

Se define como el conjunto ordenado de operaciones, o procedimientos de trabajo, **que permite determinar** la presencia o concentración de un agente químico en el **aire** o de otro medio (matriz).

La NTP 547 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, diferencia tres partes básicas cuando en el método analítico hay toma de muestras:

- a) La toma de muestras, en donde se indica cuál es el procedimiento que se debe seguir para obtener las muestras.
- b) El transporte y almacenamiento, en donde se indican las precauciones y recomendaciones para evitar alteraciones de las muestras una vez obtenidas.
- c) El procedimiento analítico, que describe el tratamiento a aplicar a las muestras en el laboratorio.

La NTP 547 también define los elementos básicos del método analítico para evaluar la exposición a agentes químicos:

- a) Sustancia(s) que se determina. Ejemplo: Determinación de material particulado.
- b) Matriz (aire, producto o materia prima, sangre, orina, etc.). Por lo general: aire.
- c) Sistema de toma de muestra (activo/pasivo, soporte de captación, etc.). Ejm: Adsorción en carbón activo.
- d) Técnica analítica, ejemplo: cromatografía, espectrofotometría, etc.

En la aplicación del software incluiré todos los métodos NIOSH y OSHA, según corresponda.

3.4.2. Personas a muestrear:

Sobre las técnicas de muestreo, deberá realizarse preferentemente un muestreo personal, situando el equipo de captación sobre la o las personas potencialmente expuestas, de forma que el aire se tome de la zona respiratoria del trabajador, corresponde a la "Higiene de Campo", la cual no es motivo de la actual tesis.

Lo ideal es muestrear a todos los trabajadores, pero resulta en muchos casos laborioso y costoso.

El número de personas a muestrear deberá garantizar que, dentro del grupo de personas seleccionadas, este incluya la o las que probablemente estén sometidas a mayor exposición (Ver Apéndice B). También se deberá tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Proximidad del foco,
- Corrientes de aire
- Tiempo de exposición

Estos criterios son importantes también para el modelamiento matemático, correspondiente a la "Higiene Teórica", la cual explicaré brevemente en el Apéndice A.

3.4.3. Diagrama de Flujo para la Evaluación de Agentes Químicos:

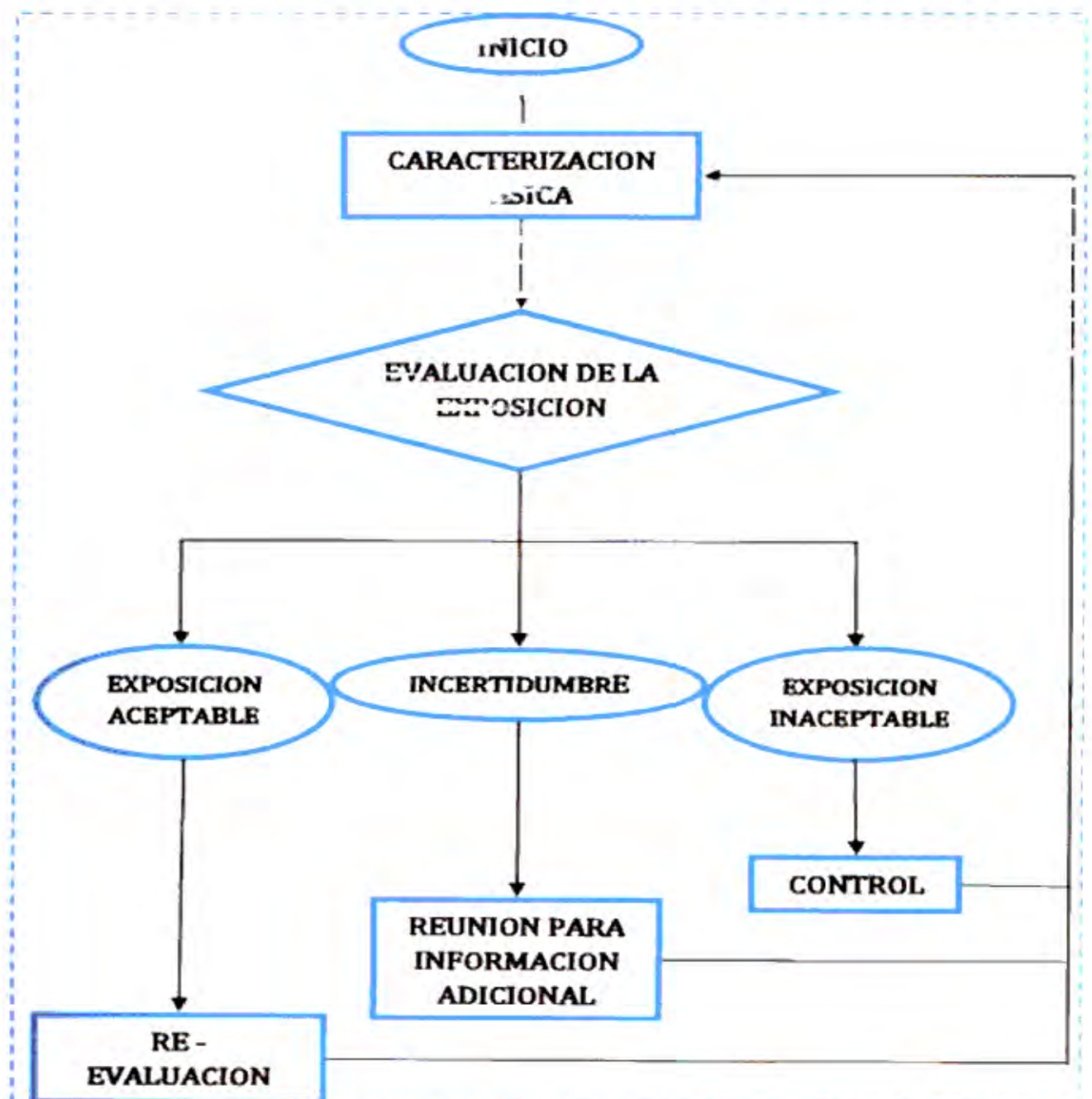
Veo conveniente presentar en el presente capítulo con un diagrama que una muestra manera más correcta de Evaluar y Gestionar las Exposiciones Ocupacionales.

El diagrama está en el libro del Doctor John R. Mulhausen – A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposure. Cuya segunda edición del año 1998, es referencia necesaria para todo aquel que desee desarrollarse en la Higiene Industrial.

Como se puede ver en la figura este proceso implica retroalimentación, es cíclico y de varios niveles para una mejora continua de la Evaluación de las Exposiciones y por consiguiente del Programa de Gestión.

3.4.3.1. Caracterización Básica:

Debe ir toda la información disponible, adicionalmente la información actualizada (ejemplo: Nuevas recomendaciones de la ACGIH, etc.) debe ser considerada continuamente en este proceso. Para luego de la retroalimentación se puedan determinar las apropiadas acciones y prioridades. En resumen, se deben recoger información referente al lugar de trabajo, tipo de trabajo y sustancias.



3.4.3.2. Evaluación de la exposición:

Generalmente está basada en:

- a) Moldeamiento: Propiedades físico químicas y/o información ambiental y/o información de las operaciones o procesos usados.
- b) Datos sustitutos: De otro agente o de otra operación.
- c) Monitoreos: Ocupacional y/o ambiental.

En términos generales, en la evaluación de la exposición se debe estimar el perfil de exposición (explicado en el anterior capítulo) y compararlo con el Límite de Exposición (sea este TLV, PEL, REL, MAC etc.).

Exposición aceptable: Significa que la exposición observada es de una magnitud tan pequeña que resulta prácticamente imposible que se superen los valores límite tanto en el periodo de tiempo en que se ha realizado la evaluación como en el futuro. Una exposición aceptable correspondería a las categorías de exposición 0, 1,2 (incluso 3) explicadas en el capítulo .

Exposición inaceptable: Las mediciones realizadas muestran que se superan los valores límites aplicables o la exposición medida es de tal magnitud que resulta probable que se superen los valores límite en algunas ocasiones. Corresponde a la categoría de exposición 4.

Incertidumbre: La normativa española usa el término "indeterminación", es decir, que la exposición observada es tal que no permite alcanzar ninguna de las dos conclusiones anteriores.

4. CAPITULO IV: PROPUESTA DE MATRIZ PARA LA VALORACION DE RIESGOS A LA SALUD OCUPACIONAL DEBIDO A AGENTES QUÍMICOS

“Occupational exposure limits are the essential link between the risk assessment process and the practice of risk management”. Paustenbach

4.1. Introducción:

Veo necesaria tener en cuenta las recientes actualizaciones de la ACGIH (2008 y 2009), siendo estas siempre resultados de investigaciones en Ciencias Exactas (Biología, Física, Química y Matemáticas).

Bajo la denominación de ciencias exactas se incluye a la matemática y a todas las ciencias que se sustentan en la experimentación y la observación y pueden sistematizarse utilizando el lenguaje matemático para expresar sus conocimientos.

Otras expresiones con un uso similar al de las ciencias exactas son los de ciencias duras, ciencias puras o ciencias fundamentales.

El epistemólogo alemán Rudolf Carnap, célebre por su frase «En la ciencia no hay "agujeros"; sino superficie por todos lados». (Del manifiesto del Círculo de Viena de 1929.), fue el primero en dividir a la ciencia en ciencias puras y ciencias aplicadas.

Las ciencias exactas admiten predicciones especialmente precisas y utilizan métodos rigurosos para comprobar las hipótesis formuladas, bien sea mediante deducciones o razonamientos irrefutables, o bien a través de experimentos repetibles en los que las medidas y las predicciones sean cuantificables objetivamente.

Los objetivos de las ciencias exactas son de carácter fundamental, buscan de algún modo promover y ampliar el conocimiento por sí mismo, sin preocuparle a priori unos objetivos prácticos a corto plazo. Por otro lado, la ciencia aplicada, tiene

objetivos concretos y a corto plazo y buscan resolver problemas prácticos muy definidos y concretos. Sin ánimos de alargar estas definiciones, pues no constituyen el tema de la presente tesis, pero que he visto necesario explicar debido a la importancia de fundamentar una actualización al actual Decreto Supremo N°015-2005-SA.

Los objetivos de las ciencias exactas y aplicadas, son sin lugar a dudas similares a los objetivos de lo que se entiende por tecnología e ingeniería. Aunque, con mucha frecuencia hay un cierto abuso del uso de las palabras creando confusión en el estudiante de ciencias e ingeniería.

4.2. Sobre los TLVs:

Como expliqué anteriormente, los TLVs de la ACGIH, no representan un Estándar Obligatorio, sino más bien, representa netamente una opinión científica basada en el estudio, revisión y evaluación de toda la literatura científica actual; opinión científica realizada por comités de expertos en salud pública y otras ciencias relacionadas.

Por lo tanto, la permanente actualización de los TLVs de la ACGIH, no debe ser ignorada por las autoridades gubernamentales, ni mucho menos desconocida por todos aquellos que estamos involucrados directamente e indirectamente con la Higiene Industrial y Ciencias Afines.

Antes de comenzar, la ACGIH establece 5 principios básicos antes de aplicar sus recomendaciones:

1. Los TLVs (solo) constituyen valores de referencia.
2. Los TLVs no representan una barrera definida de separación entre situaciones seguras y peligrosas.
3. Los TLVs se establecen para su aplicación exclusiva en el desarrollo de la Higiene Ocupacional y no deberá aplicarse para la evaluación de la contaminación medioambiental.

4. Los TLVs están basados solamente en factores relacionados con la salud, no hay consideraciones relacionadas con la factibilidad económica o técnica.
5. La adopción de los TLVs no debe hacerse sin el análisis de otros factores necesarios para realizar apropiadas decisiones para la gestión del riesgo (Risk Management Decisions).

A continuación un diagrama de flujo sencillo con el Proceso para el desarrollo de los TLVs:



Cabe recalcar que debido a que generalmente los límites permisibles son transcritos y adoptados por otros países que no los establecieron, se tiene que considerar que algunos factores, como las características individuales de los trabajadores, formación profesional, nivel educativo y condiciones tecnológicas tienen que ser observados al momento de proponer y adoptar límites de exposición.

4.2.1. Sustancias y Agente Químicos Bajo Estudio: (UNDER STUDY)

Aquí se consideran todas las sustancias y agentes químicos que han sido recomendadas para su estudio.

Como estudiantes de Ingeniería de Higiene y Seguridad Industrial, en caso tengamos inquietudes o querer aportar en nuevos estudios, así como también, participar activamente en los comités; tan solo deberíamos mandar un correo a science@acgih.org.

Ahora bien, los requisitos o factores necesarios para el proceso de selección o actualización de los Valores Límites Permisible son los siguientes:

- a) Prevalencia del Agente Químico
- b) Uso
- c) Número de trabajadores expuestos
- d) Disponibilidad de información científica
- e) Existencia o ausencia de un TLV
- f) Tiempo de vigencia del TLV
- g) Recomendaciones del público en general

Los requisitos d), e), y f) han sido determinantes a la hora de elaborar mi propuesta para nuevo reglamento.

Con respecto a los requisitos a), b), y c) debo afirmar que en nuestro país hay ausencia de información estadística sobre uso, prevalencia del agente químico y número de trabajadores expuestos al mismo, con respecto a las actualizaciones de la ACGIH.

Sería muy necesaria una participación conjunta entre el CENSOPAS, DIGESA y la Escuela de Ingeniería de Higiene y Seguridad Industrial, para la consecución de mayor data estadística.

4.3. Matrices de riesgo en Higiene Industrial:

En nuestro medio las matrices de riesgo en seguridad, prevención de desastres naturales, prevención contraincendios, son ampliamente usadas. Sin embargo, en lo personal aun no he encontrado matrices aplicadas a Higiene Industrial.

Con respecto a matrices de riesgo aplicadas a Higiene Industrial, desde sus inicios partió desde el enfoque de la salud, aspecto que considero muy conveniente. En la actualidad existen propuestas, todas ellas muy similares, las cuales han sido desarrolladas desde laboratorios farmacéuticos hasta el mismo Departamento de Defensa (DoD) de los Estados Unidos.

Con referencia a las desarrolladas por laboratorios médicos, la de BAXTER HEALTHCARE, es sin duda, una de las que más alcance ha tenido y cuya propuesta es aplicada en todo el mundo (¿en nuestro país?), la cual contaba en el año 2002 con 600 usuarios.

Desde el año 1993 Robert Seguy es el encargado del desarrollo del sistema de EHS (Environmental, Health and Safety) de la transnacional Baxter Healthcare, la cual al día de hoy realiza aplicaciones informáticas o software de EHS, desde aplicaciones Cliente/Servidor (me imagino SQL, programa en el cual he encontrado aplicaciones complementarias para el software que estoy desarrollando), también realizan aplicaciones intranet. Hay mucho que decir, sobre la relación indiscutible entre el desarrollo de las tecnologías de información y todas las ramas del conocimiento humano, la higiene industrial y la salud, no son las excepciones.

El equipo liderado por Seguy plantea 2 consideraciones o criterios para un correcto análisis del riesgo:

1. Evaluación de riesgo a la salud.
2. Toxicidad.

Otro enfoque interesante es el planteado por Dennis Morgan de la DoD:

1. Efectos a la salud.
2. Exposición cualitativa.
3. Aceptabilidad de la exposición.

4.4. MATRIZ PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO

El propósito de esta matriz debe ser un mayor entendimiento del Riesgo a la Salud Ocupacional, cualquier persona con las ideas básicas en el tema podrá entenderlo y aplicarlo en su empresa. Más adelante, esta aplicación será incluida en el software que estoy desarrollando. En base a mi breve experiencia en Higiene Industrial, propongo la siguiente matriz para la evaluación de riesgos de Agentes Químicos Ocupacionales:

Es una matriz de 2 ejes: Índice de Salud e Índice de Exposición.

Como se vio en el Capítulo 3, tenemos dos definiciones para riesgo:

General:

$$\text{RIESGO} = \text{PROBABILIDAD} \cdot \text{CONSECUENCIAS} \dots (\alpha)$$

Aplicada a Higiene:

$$\text{RIESGO} = f(\text{Exposición}) \left(\frac{\text{Efectos a la Salud}}{\text{Exposición}} \right) \dots (\beta)$$

Asociando probabilidad y f(exposición) tendría el **Índice de Exposición Propuesto**, porque a mayor exposición o tasa de exposición hay mayor probabilidad de que la concentración del "peligro químico" sobrepase el Límite de Exposición Ocupacional.

Ahora, asociando consecuencias y efectos a la salud debido a la exposición tendría el **Índice de Salud Propuesto**, porque las consecuencias principalmente a largo plazo están determinadas por los efectos a la salud comprobados, los cuales explico a continuación.

4.4.1. ÍNDICE DE SALUD PROPUESTO:

Al primer criterio denominaré, "Índice de Salud", en el cual lo he dividido en 7 categorías, tomando en cuenta las siguientes variables (en ese orden de importancia):

1. Carcinogenicidad.
2. Efectos a la salud reproductiva en general.
3. Absorción vía cutánea.
4. Sensibilización.
5. Presencia de valor TLV – Ceiling.
6. Sustancia de propiedad de advertencia pobre.

4.4.1.1. Carcinogenicidad:

Por lo general en Seguridad Industrial, el tema de prevención está más vinculado al corto plazo; en Higiene y Salud Ocupacional, la prevención tiene un enfoque más ligado al largo plazo. Aunque en ambas ramas de nuestra especialidad se deben establecer políticas a corto, mediano y largo plazo; sin embargo hago esas aclaraciones, para un mayor entendimiento del criterio para el desarrollo de la matriz propuesta. He considerado el factor Carcinogenicidad como el más "sensitivo", tanto al trabajador como al empleador; cabe mencionar también que estos efectos se evidencian luego de varios años de trabajo. La clasificación empleada consta de 5 categorías, como se muestra a continuación.

A1 - Carcinógenos confirmados en el humano: El agente es carcinógeno en los humanos de acuerdo al peso de la evidencia de los estudios epidemiológicos, o en la evidencia clínica convincente y en los humanos expuestos.

A2 - Carcinógenos con sospecha de serlo en el humano: El agente es carcinógeno en los animales de experimentación a niveles de dosis, ruta(s) de administración, puntos de tipo histológico o por mecanismos que se consideran importantes en la exposición de los trabajadores. Los estudios epidemiológicos disponibles son conflictivos o insuficientes para confirmar un aumento del riesgo de

cáncer en los humanos expuestos.

A3 - Carcinógenos en los animales: El agente es carcinógeno en los animales de experimentación a dosis relativamente elevadas, ruta(s) de administración, puntos de tipo histológico o por mecanismos que no se consideran importantes en la exposición de los trabajadores. Los estudios epidemiológicos disponibles no confirman un incremento del riesgo del cáncer en los humanos expuestos. La evidencia existente sugiere que no es probable que el agente cause cáncer en los humanos excepto por rutas o niveles de exposición no frecuentes o poco probables.

A4 - No clasificados como carcinógenos en humanos: No hay datos adecuados para clasificar el agente en relación con su carcinogenicidad en los humanos y/o animales.

A5 - No sospechoso como carcinógeno en humanos: El agente no es sospechoso de ser carcinógeno en humanos basándose en los estudios epidemiológicos realizados adecuadamente en éstos. De estos estudios se disponen de suficientes historias fiables de seguimiento de la exposición durante largo tiempo, dosis suficientemente elevadas y de la potencia estadística adecuada para concluir que la exposición al agente no conlleva un riesgo significativo de cáncer para el humano. La evidencia sugiriendo una ausencia de carcinogenicidad en los animales de experimentación se considerará si está apoyada por otros datos relevantes.

En resumen, la carcinogenicidad se refiere a las "alteraciones que no se heredan" que pueden causar los agentes químicos.

Notas:

- a. Las sustancias para las que no se dispone de datos sobre carcinogénesis en humanos o en los animales de experimentación se las designa como no carcinogénicas.
- b. La exposición a carcinógenos debe ser mínima. Los trabajadores expuestos a los carcinógenos A1 sin valor TLV deben ser equipados adecuadamente para eliminar lo máximo posible toda exposición. Para los carcinógenos A1

con valor TLV y para los A2 y A3, la exposición para los trabajadores por cualquier vía de absorción, debe controlarse cuidadosamente a niveles tan bajos como sea posible por debajo del TLV.

4.4.1.2. Efectos a la salud reproductiva:

No solo se refiere a los daños a los aparatos reproductores, también está relacionado a agentes con propiedades mutagénicos (alteraciones que se heredan) y/o propiedades teratogénicas (malformaciones congénitas). He considerado los siguientes efectos actualizados a la fecha según la ACGIH 2009 para cada agente químico:

- a) Daño al feto y embrión.
- b) Daño al sistema reproductor masculino.
- c) Daño a los testículos.
- d) Daño al embrión.
- e) Daño al sistema reproductor femenino.
- f) Pérdida de embarazo.
- g) Efectos teratogénicos.
- h) Efectos a la reproducción.

4.4.1.3. Absorción vía cutánea:

Debido a que los límites permisibles están propuestos cuando la vía de ingreso del contaminante es por inhalación. Es la segunda vía en importancia en higiene industrial, una absorción cutánea del contaminante implicaría mayores factores de riesgo. Además los procedimientos establecidos por la UNE-EN 689 y Occupational Exposure Sampling Strategy Manual NIOSH 1977, sobre los cuales se basan la normativa española y americana, no tienen en consideración los posibles riesgos debidos a agentes químicos absorbidos por otras vías de entrada distintas a la inhalación (dérmica, digestiva, o parenteral); por lo cual es indicación que esta otra forma de ingreso debe, la cutánea, debe ser tomada en cuenta.

4.4.1.4. Sensibilización:

Se refiere al potencial del agente para producir sensibilización, confirmado con información en animales y humanos. Esto no implica que la sensibilización sea el efecto crítico en el cual se basan los límites permisibles. Cabe mencionar que la designación de sensibilización propuesta por la ACGIH, no intenta proteger a aquellos trabajadores que son propensos a sensibilizarse.

En el ambiente de trabajo pueden haber exposiciones respiratorias, dérmicas, conjuntivas a dichos agentes sensibilizantes.

4.4.1.5. Presencia de TLV-C:

Debido a que la determinación de un valor TLV-C indica que el agente en cuestión tiene efectos agudos comprobados (52 agentes según la ACGIH 2009). Así mismo, para casi la totalidad de agentes químicos (51 de 52), la presencia de TLV-C también va relacionado a la ausencia de TLV-TWA, los TLV-C son límites de concentración muy pequeños (centésimas, milésimas de ppm), por lo que se requiere de equipos con límites de detección muy pequeños y de mayor precisión.

4.4.1.6. Sustancia de propiedad de advertencia pobre:

Estos agentes químicos poseen ninguna o pocas propiedades de advertencia (irritación, olor, sabor) y/o son desensibilizadores sensoriales. Tampoco se debe usar protección respiratoria para tales agentes de forma cotidiana, independientemente de la concentración o del tiempo de exposición, salvo que: (1) el cartucho esté equipado con un indicador de pérdida de reacción química (terminación de servicio); o (2) se desarrolle un programa de cambio de cartucho, el cual se base en información o datos objetivos (incluyendo datos sobre la vida de servicio útil contra el material específico), que garantice que los cartuchos se cambien antes de terminar su vida de servicio útil. El incumplimiento de esta advertencia puede resultar en una lesión personal grave o la muerte.

4.4.2. Categorías del Índice de Salud:

- I. **Infimo:** Le he asignado un factor 0, significa que no existe significativo riesgo para la salud. Los agentes que he clasificado aquí son "No sospechosos como carcinógenos en humanos (A5)", además son asfixiantes simples. Si bien son asfixiantes simples y no cuentan con un límite permisible, desde el punto de vista fisiológico el único factor limitador de la concentración, viene dado por el oxígeno disponible del aire que debe ser al menos del 18%. También estos agentes químicos, no ocasionan sensibilización, ni son absorbidos vía cutánea. He considerado 6 agentes en esta categoría. (Ver Anexo 2)

- II. **Mínimo:** Le he asignado un factor 1, significa que existe daño menor reversible o insignificante riesgo para la salud. Los agentes que he clasificado aquí son "No sospechosos como carcinógenos en humanos (A5)", no ocasionan sensibilización, no son absorbidos vía cutánea, no ocasionan efectos a la salud reproductiva, tampoco tienen un TLV – Ceiling establecido. Así mismo, el agente no figura en la lista de sustancias con propiedades de advertencia pobre. He considerado 230 agentes en esta categoría. (Ver Anexo 3)

- III. **Leve:** Le he asignado un factor 2, significa que una exposición aguda al agente ocasiona daños menores y/o temporales. Los agentes que he clasificado aquí son "No sospechosos como carcinógenos para humanos (A5)", pero que sí ocasionan sensibilización y son absorbidos vía cutánea, si tienen un valor TLV – Ceiling y producen efectos en la salud reproductiva. También he considerado a los "No clasificados como carcinógenos en humanos (A4)", que no ocasionan sensibilización, no son absorbidos vía dérmica, no presentan TLV – Ceiling, ni pueden ocasionar efectos a la salud reproductiva. Así mismo, el agente no figura en la lista de sustancias con

propiedades de advertencia pobre. He considerado 229 agentes en esta categoría. (Ver Anexo 4)

Moderado: Le he asignado un factor 3, significa que puede ocasionar daño grave a menos que se tome una acción inmediata o se brinde un tratamiento médico luego de una exposición aguda. Ocasionan efectos crónicos cuando hay una exposición prolongada. Los agentes que he clasificado aquí son "No clasificados como carcinógenos en humanos (A4)", pueden ocasionar sensibilización, también absorbidos vía dérmica y presentan un valor TLV – Ceiling, así mismo, pueden ocasionar efectos a la salud reproductiva y no están en la lista de sustancias con propiedades de advertencia pobre. También he considerado a los "Carcinógenos en animales (A3)", pero que no pueden ser absorbidos vía dérmica, no ocasionan sensibilización, no presentan un valor TLV – Ceiling ni presentan efectos evidentes a la salud reproductiva humana y no están en la lista de sustancias con propiedades de advertencia pobre. Así mismo he considerado a los agentes que de no estar incluidos en la lista de sustancias con propiedades de advertencia pobre, estarían categorizados como "mínimos". He considerado aquí a 148 agentes químicos. (Ver Anexo 5)

Serio: Le he asignado un factor 4, lo cual significa que la simple o prolongada exposición puede causar daños mayores y/o permanentes. Aquí he clasificado a los agentes "Carcinógenos en animales (A3)", que pueden ser absorbidos vía dérmica, pueden ocasionar sensibilización, presentan un valor TLV – Ceiling además presentan efectos evidentes a la salud reproductiva humana pero no están incluidos en la lista de sustancias con propiedades de advertencia pobre. Así mismo, he considerado a los agentes que de no estar incluidos en la lista de sustancias con propiedades de advertencia pobre, estarían categorizados como "leves". Hay 81 agentes químicos en esta categoría. (Ver Anexo 6)

- VI. **Severo:** Le he asignado un factor 6, lo cual significa que a largo plazo pueden ser carcinógenos. Presentan límites de exposición relativamente pequeños. He considerado a todos los agentes "Carcinógenos con sospecha de serlo en humanos (A2)", la mayoría de los cuales presenta el IDLH propuesto por la NIOSH. Así mismo, he considerado a los agentes que de no estar incluidos en la lista de sustancias con propiedades de advertencia pobre, estarían categorizados como "moderados". Esta categoría cuenta con 39 agentes químicos. (Ver Anexo 7)
- VII. **Extremadamente Severo:** Le he asignado un factor 8. Son amenazantes a la vida, desde el punto de vista de la carcinogenicidad. Su exposición debe ser controlada desde todas sus vías de ingreso. Presentan límites de exposición relativamente pequeños. Son agentes "Carcinógenos confirmados en humanos (A1)", algunos de los cuales cuentan con IDLH también relativamente pequeño. Así mismo, he considerado a los agentes que de no estar incluidos en la lista de sustancias con propiedades de advertencia pobre, estarían categorizados como "serios". Aquí he considerado a 28 agentes químicos. (Ver Anexo 8)

Categoría	Factor	
Infimo	0.5	
Minimo	1	
Leve	2	
Moderado	3	
Serio	4	
Severo	6	
Extremadamente Severo	8	

Aplicando lógica proposicional para entender mejor esta propuesta.

Sea:

a: El agente está clasificado como "carcinógeno confirmado en humanos"

b: El agente está clasificado como "carcinógeno con sospecha de serlo en humanos".

c: El agente está clasificado como "carcinógeno en animales".

d: El agente está clasificado como "no clasificado como carcinógeno en humanos".

e: El agente está clasificado como "no sospechoso como carcinógeno en humanos".

f: El agente está considerado como "asfixiante simple"

g: El agente ocasiona "sensibilización".

h: El agente puede ser "absorbido vía cutánea".

i: El agente ocasiona efectos a la salud reproductiva.

j: El agente presenta TLV – Ceiling.

k: El agente está en la lista de sustancias con propiedades de advertencia pobres

Factor 0

$$= e \wedge f \wedge (\sim g) \wedge (\sim h)$$

Factor 1

$$= e \wedge (\sim g) \wedge (\sim h) \wedge (\sim i) \wedge (\sim j) \wedge (\sim k)$$

Factor 2

$$= [[e \wedge g \wedge h \wedge i \wedge j] \vee [d \wedge (\sim g) \wedge (\sim h) \wedge (\sim i) \wedge (\sim j)]] \wedge (\sim k)$$

Factor 3

$$= [e \wedge (\sim g) \wedge (\sim h) \wedge (\sim i) \wedge (\sim j) \wedge k] \vee [d \wedge g \wedge h \wedge i \wedge j \wedge (\sim k)] \vee [c \wedge (\sim g) \wedge (\sim h) \wedge (\sim i) \wedge (\sim j) \wedge (\sim k)]$$

Factor 4

$$= [c \wedge g \wedge h \wedge i \wedge j \wedge (\sim k)] \vee [[e \wedge g \wedge h \wedge i \wedge j] \vee [d \wedge (\sim g) \wedge (\sim h) \wedge (\sim i) \wedge (\sim j)]] \wedge k$$

Factor 6

$$= [b] \vee [d \wedge g \wedge h \wedge i \wedge j \wedge (\sim k)] \vee [c \wedge (\sim g) \wedge (\sim h) \wedge (\sim i) \wedge (\sim j) \wedge (\sim k)]$$

Factor 8

$$= [a \vee (c \wedge g \wedge h \wedge i \wedge j \wedge k)]$$

4.4.3. ÍNDICES DE EXPOSICIÓN:

4.4.3.1. Antecedentes:

El segundo criterio va referido a la exposición y la forma como el agente químico es controlado, al que denominaré "Índice de Exposición", tiene 5 niveles de categorización, primero tomaré referencia del Exposure Rating propuesto por la American Industrial Hygiene Association (AIHA). El cual tiene varios esquemas para su uso, considero el propuesto por Bullock e Ignacio (A Strategy for Assessment and Managing Occupational Exposures, 2006) muy apropiado para el entendimiento.

Para mayor comprensión, en la literatura norteamericana se menciona el termino Similar Exposure Group (SEG), lo cual vendría a ser un Grupo Homogéneo de Exposición (GHE, ver literatura española).

Un GHE no es más que un grupo de trabajadores que realizan tareas similares (parte cualitativa) en condiciones ambientales parecidas MESURABLES (parte cuantitativa).

Vemos pues que la parte cualitativa para la determinación de un GHE corresponde a un estudio preliminar de puestos de trabajo. Sin embargo, la parte cuantitativa puede ser determinada en base a la norma UNE-EN 689, la cual recomienda descartar del GHE a aquellos individuos cuya concentración hallada no esté comprendida entre la mitad y el doble de la media aritmética del grupo. (Ver Apéndice B)

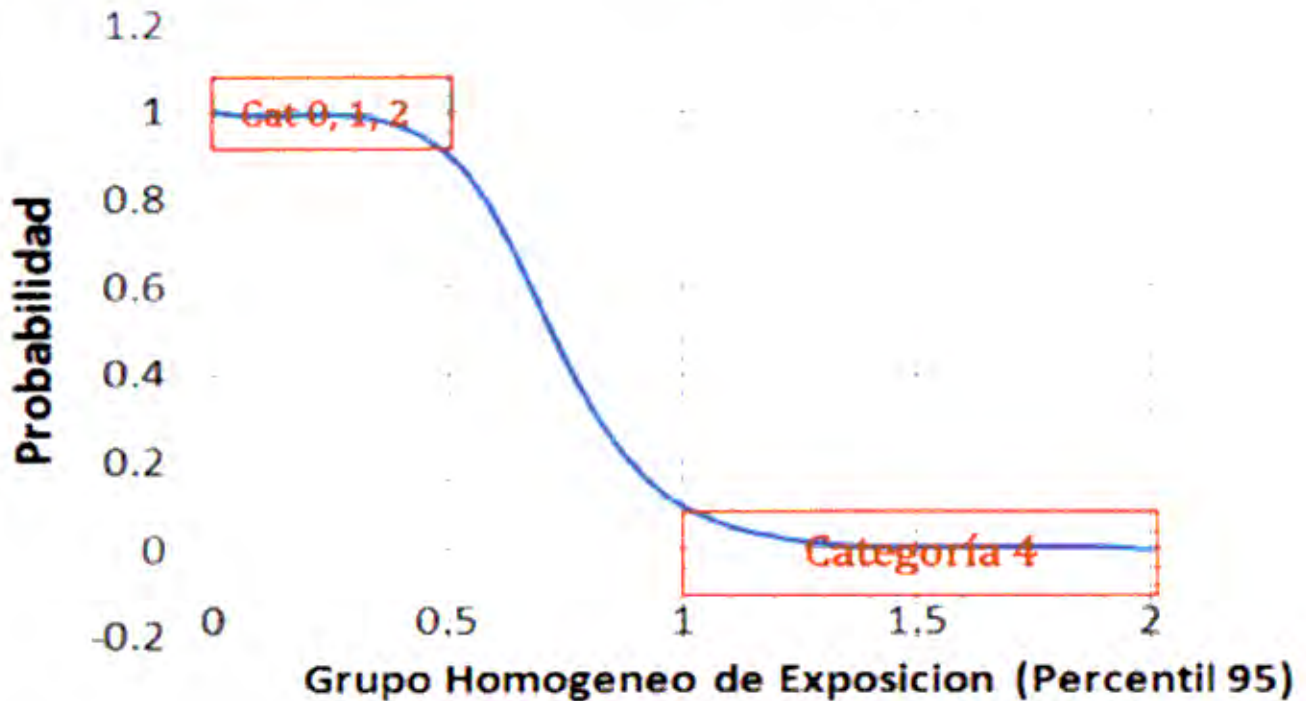
Esto quiere decir que cualquier centro de trabajo debe entender y controlar el riesgo asociado a cada área, proceso, trabajo, tarea y agente(s) químico(s), aún cuando, no exista un límite permisible para dicho agente.

Veamos pues el esquema de Bullock e Ignacio:(traducido)

Categoría	Descripción Cualitativa	Interpretación Estadística	Acciones a tomar
0	Exposición, si esta ocurre infrecuentemente excede el 1% del OEL	$X_{0.95} \leq 0.01 \cdot OEL$	Ninguna Acción
1	Las exposiciones infrecuentemente exceden el 10% del OEL nunca exceden el OEL	$0.01 \cdot OEL < X_{0.95} \leq 0.1 \cdot OEL$	Comunicación general sobre los peligros
2	Las exposiciones infrecuentemente exceden el 50% del OEL y rara vez exceden el OEL	$0.1 \cdot OEL < X_{0.95} \leq 0.5 \cdot OEL$	Comunicación específica sobre los peligros químicos
3	Las exposiciones infrecuentemente exceden el OEL	$0.5 \cdot OEL < X_{0.95} \leq OEL$	Vigilancia médica y seguimiento de la exposición.
4	Las exposiciones frecuentemente exceden el OEL	$X_{0.95} > OEL$	Protección respiratoria y controles de ingeniería

Al respecto Hewett nos explica mejor este esquema pero mediante una Performance Curve (también conocida como curva de operación característica) para un estrategia de evaluación de exposición ideal.

Realizando una aproximación con Excel a dicha curva obtengo:



El eje "Y" nos muestra la probabilidad que decidamos que el perfil de exposición es aceptable para cada GHE.

Definamos dos conceptos estadísticos antes de continuar:

- Falso negativo: La determinación errada (equivocada) de que un "perfil" de exposición inaceptable sea aceptable.
- Falso positivo: La determinación errada (equivocada) de que un "perfil" de exposición aceptable es inaceptable.

Por ejemplo para un perfil de exposición para la categoría 4, usando el esquema de la AIHA, la estrategia resultará en una decisión "falsa negativa" no más del 10% de veces. Por otro lado, para un perfil de exposición de las categorías 0,1 o 2, esta misma estrategia resultará en "falso positivo" menos de 10%.

Entonces, tenemos que la categoría 3, es una categoría de transición; por lo que el objetivo del higienista será en reducir las exposiciones como mínimo a la categoría 2.

4.4.3.2. ÍNDICE DE EXPOSICIÓN PROPUESTO:

En nuestra matriz compuesta por dos ejes: Índice de Salud, la cual sería la parte cualitativa e Índice de Exposición, la cual sería la parte cuantitativa. La clasificación de las categorías está relacionada a su concentración. Así mismo, la relación Categoría – Factor Asignado sigue un comportamiento exponencial.

Exposición	Categoría	Factor	Comentario	Interpretación
Aceptable	Insignificante	0.5	La tasa de exposición es tan pequeña que no representa riesgo alguno.	$I < 0.01$
Aceptable	Altamente controlado	1	La tasa de exposición es pequeña, pero se deberá comunicar sobre el peligro.	$0.01 \leq I < 0.1$
Tolerable pero Indeterminada	Bien controlado	2	Las exposiciones infrecuentemente exceden el 50% del OEL y rara vez exceden el OEL	$0.1 \leq I < 0.5$
Indeterminada	Controlado	4	Las exposiciones infrecuentemente exceden el OEL	$0.5 \leq I < 1$
Inaceptable	Pobrementemente controlado	8	Las exposiciones frecuentemente exceden el OEL	$1 \leq I < 5$
Inaceptable	No controlado	16	Las exposiciones casi siempre exceden el OEL	$5 \leq I < 10$
Inaceptable	Fuera de control	32	Las exposiciones siempre exceden el OEL	$I > 10$

Donde I es la tasa o factor de exposición dada por la siguiente relación:

$$I = \frac{[]}{OEL}$$

[]: Concentración del agente químico en el ambiente de trabajo.

OEL: Limite de exposición ocupacional.

Sobre las categorías:

- I. **Insignificante**: Se le asigna un factor 0.5
- II. **Altamente controlado**: Se le asigna un factor de 1 y corresponde a un ambiente de trabajo "altamente controlado", es decir, los trabajadores tienen poco o ningún contacto por inhalación.
- III. **Bien controlado**: Se le asigna un factor de 2 y corresponde a un ambiente de trabajo "bien controlado", es decir, los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y rara vez contacto a altas concentraciones.
- IV. **Controlado**: Se le asigna un factor de 4 y corresponde a un ambiente de trabajo "controlado", es decir, los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y algunas veces a altas concentraciones.
- V. **Pobrementemente controlado**: Se le asigna un factor 8 y corresponde a un ambiente de trabajo "pobrementemente controlado", es decir, los trabajadores usualmente tienen contacto a altas concentraciones.
- VI. **No controlado**: Se le asigna un factor 16 y corresponde a un ambiente de trabajo "no controlado", es decir, los trabajadores frecuentemente tienen contacto a altas concentraciones.

- VII. **Fuera de control:** Se le asigna un factor 32 y corresponde a un ambiente "fuera de control", es decir, la concentración del contaminante supera 10 veces el Límite de Exposición. Tener en cuenta que los respiradores convencionales ofrecen hasta un factor de seguridad 10.

INDICE DE EXPOSICION

Categoría	Factor	Índice de Exposición (I)	
Ínfimo	0.5	[0,0.01>	
Altamente controlado	1	[0.01,0.1>	
Bien controlado	2	[0.1,0.5>	
Controlado	4	[0.5,1>	
Pobrementemente controlado	8	[1,5>	
No controlado	16	[5,10>	
Fuera de control	32	[10,+>	

Los factores de Exposición Obtenidos son necesarios para diseñar las estrategias de muestreo. La evaluación de la Exposición no debe limitarse a una simple relación matemática de 2 números, pues puede haber incertidumbre, la cual debe ser tomada en cuenta, ver Apéndice B.

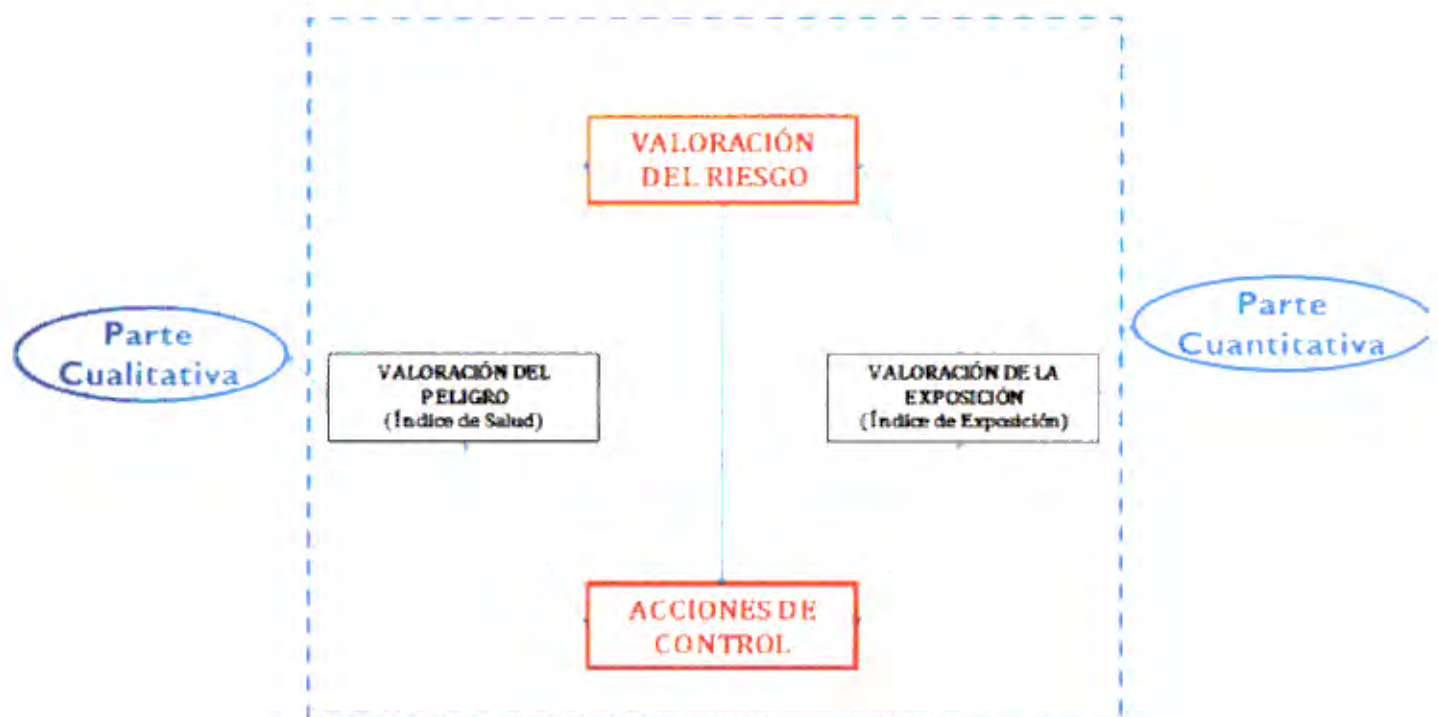
Teniendo esos dos valores numéricos, al ser multiplicados obtenemos una evaluación del riesgo muy particular, que puede ser aplicada para determinar la frecuencia de muestreo en las empresas.

Entonces tendríamos la siguiente matriz, de 7 X 7:

Índice de Exposición

	[0,0.01>	[0.01,0.1>	[0.1,0.5>	[0.5,1>	[1,5>	[5,10>	[10,+>
Factor	0,5	1	2	4	8	16	32
Índice de Salud 0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,5	1	2	4	8	16	32
2	1	2	4	8	16	32	64
3	1,5	3	6	12	24	48	96
4	2	4	8	16	32	64	128
6	3	6	12	24	48	96	192
8	4	8	16	32	64	128	256

En la cual vemos que los agentes químicos clasificados en con el Índice de Salud Ínfimo (Factor 0) no son considerado como riesgosos desde el punto de vista de la Higiene Industrial, sin importar sus concentraciones.



Categoría	Rango	Aplicación de Controles
Riesgo Mínimo	[0, 4>	<p>No se requiere monitoreos. Re-evaluación en caso cambien las condiciones, se recomienda un monitoreo como mínimo cada 1 o 2 años.</p> <p>Acción a tomar: NINGUNA</p>
Riesgo Leve (Prioridad III)	[4,8>	<p>Se requiere un monitoreo inicial para establecer una línea base. Re-evaluación en caso cambien las condiciones. se debe monitorear cada 2 años como mínimo.</p> <p>Acciones a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comunicación sobre el peligro. • Equipos de protección personal. • Lavaojos / Duchas
Riesgo Moderado (Prioridad III)	[8, 16>	<p>Monitorear 1 vez al año. Re-evaluar en caso cambien las condiciones.</p> <p>Acciones a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles de Ingeniería. • Equipos de protección personal. • Lavaojos / Duchas • Vigilancia de la exposición.
Riesgo Severo (Prioridad II)	[16, 32>	<p>Monitorear cada 6 meses y si las condiciones cambian.</p> <p>Acciones a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles de Ingeniería (Proceso Cerrado o Extracción Localizada). • Sustitución parcial del Agente Químico. • Equipos de protección personal. • Vigilancia de la exposición. • Vigilancia médica.

<p>Riesgo muy Severo (Prioridad II)</p>	<p>[32, 64></p>	<p>Monitorear cada 3 meses y si las condiciones cambian.</p> <p>Acciones a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles de Ingeniería (Proceso Cerrado, Extracción Localizada y/o Ventilación por Dilución). • Sustitución parcial del Agente Químico y/o Cambio de Forma o Estado Físico del A.Q. • Equipos de protección personal • Vigilancia de la exposición. • Vigilancia médica.
<p>Riesgo extremadamente severo (Prioridad I)</p>	<p>[64, 128]</p>	<p>Daño inmediato a la salud humana.</p> <p>Acciones a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles de Ingeniería. • Modificación del proceso y/o instalación. • Sustitución Total del Agente Químico. • Automatización del Método de Trabajo. • Monitoreos Periódicos.

De otra forma, relacionamos los Niveles de Riesgos a los Controles:

Elemento sobre el que se aplica el control					
Nivel del Riesgo	Objetivo	Agente Químico	Proceso - Instalación	Local de Trabajo	Método de Trabajo
Riesgo Extremadamente Severo	Eliminación del Riesgo	Sustitución Total del Agente Químico	Modificación del Proceso		Automatización
Riesgo Severo o Muy Severo	Reducción - Control del Riesgo	Sustitución parcial del Agente Químico / Cambio de forma o estado del Agente Químico	Proceso Cerrado / Extracción Localizada	Almacenamiento Seguro / Ventilación por dilución	Manipulación Segura / Transporte interno seguro
Riesgo Leve o Moderado (*)	Protección del Trabajador			Lavaojos / Duchas	EPP respiratorio, dérmico y ocular

(*) Los controles aquí descritos también se aplican a los niveles de riesgo mayor.

5. CAPITULO V: DESARROLLO DEL SOFTWARE APLICATIVO

Para el desarrollo del aplicativo HIGO 1.1. , fue necesario tener los fundamentos básicos de la **algoritmia**: la ciencia y arte de diseñar algoritmos para la resolución sistemática de problemas de cualquier índole. En este caso, de la Higiene Industrial.

Un algoritmo es la especificación detallada de los pasos necesarios para llevar a cabo una tarea específica. En el colegio, por ejemplo, aprendimos una serie de pasos para realizar sumas, restas, multiplicaciones y divisiones, estos son algoritmos (de hecho debemos la palabra 'algoritmo' al matemático musulmán **Muhammad ibn Musa al-Jwarizmi**. El conjunto de trámites que debe realizar en cualquier institución pública para la expedición de un documento, como por ejemplo, la licencia de conducir, también es un algoritmo.

Un **programa** es un **algoritmo** hecho para ser ejecutado por un ordenador. La **algoritmia** es una ciencia: está sustentada en un conjunto de modelos matemáticos. Existen una cantidad de técnicas que han sido ampliamente estudiadas por los científicos de la computación para resolver problemas que aparecen en diversas áreas de la ciencia.



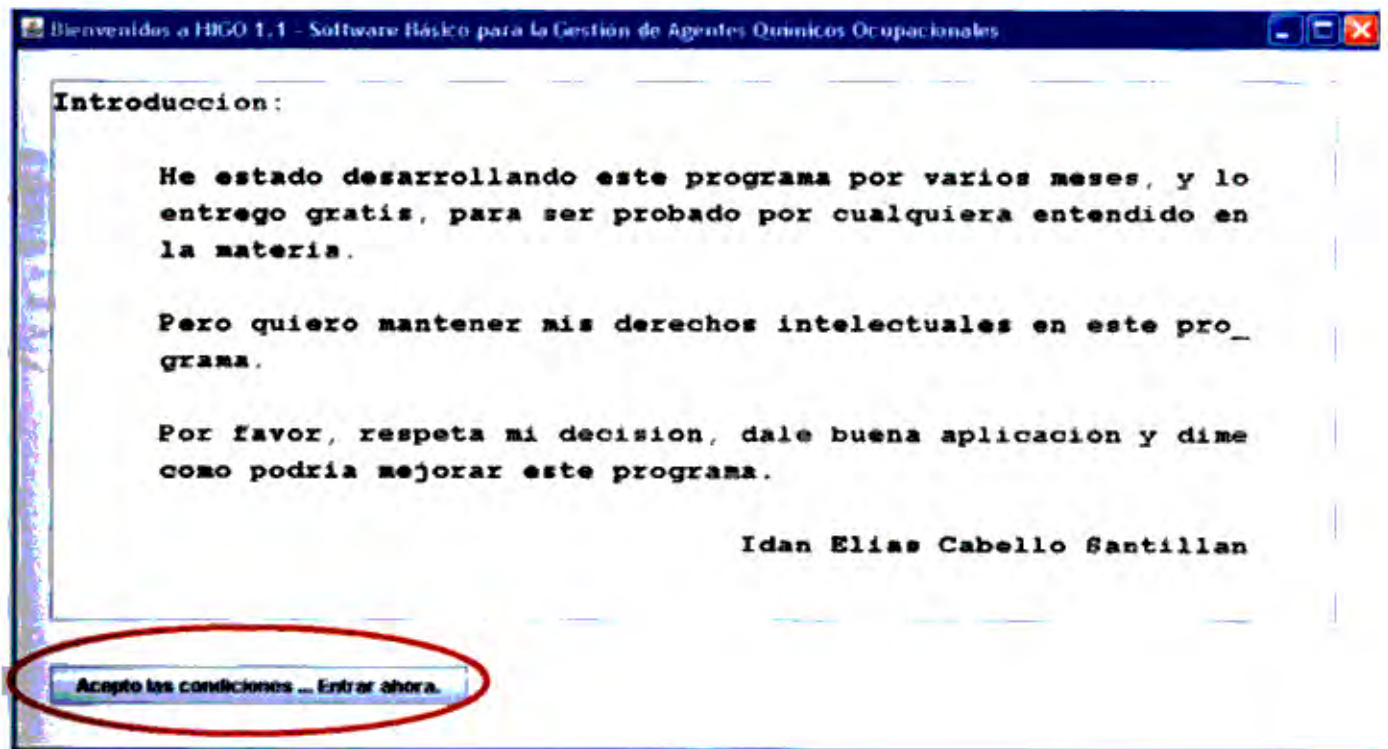
Higo 1.1

5.1. Iniciándonos en el Higo 1.1.

niciando el Programa: Click en Entrar



Condiciones de USO y BIENVENIDA: Aceptar las condiciones



Interfaz de Inicio:

Bienvenidos a HIGO 1.1

Menu Ayuda

Nombre: IDAN

Empresa:

Fecha:

Matriz Riesgo

Metodo Muestreo

Seleccionar Agentes

Seleccionar por

Por Nombre: Nombre del compuesto

Por CAS: CAS del compuesto

Buscar

Agregar>>

<<Quitar

Aceptar

CONOCIENDO EL HIGO 1.1.

Ventana Menú:

- Botón Nuevo para empezar nuevo reporte.
- Botón Guardar para guardar el reporte.
- Botón Imprimir Reporte para imprimir los reportes.
- Botón Salir para finalizar aplicación.

HIGO 1.1

Menu Ayuda

Nuevo C>N

Guardar C>G

Imprimir Reporte C>P

Salir C>S

Nombre: IDAN

Fecha:

Matriz Riesgo

Metodo Muestreo

Seleccionar Agentes

Seleccionar por

Por Nombre: Nombre del compuesto

Por CAS: CAS del compuesto

Buscar

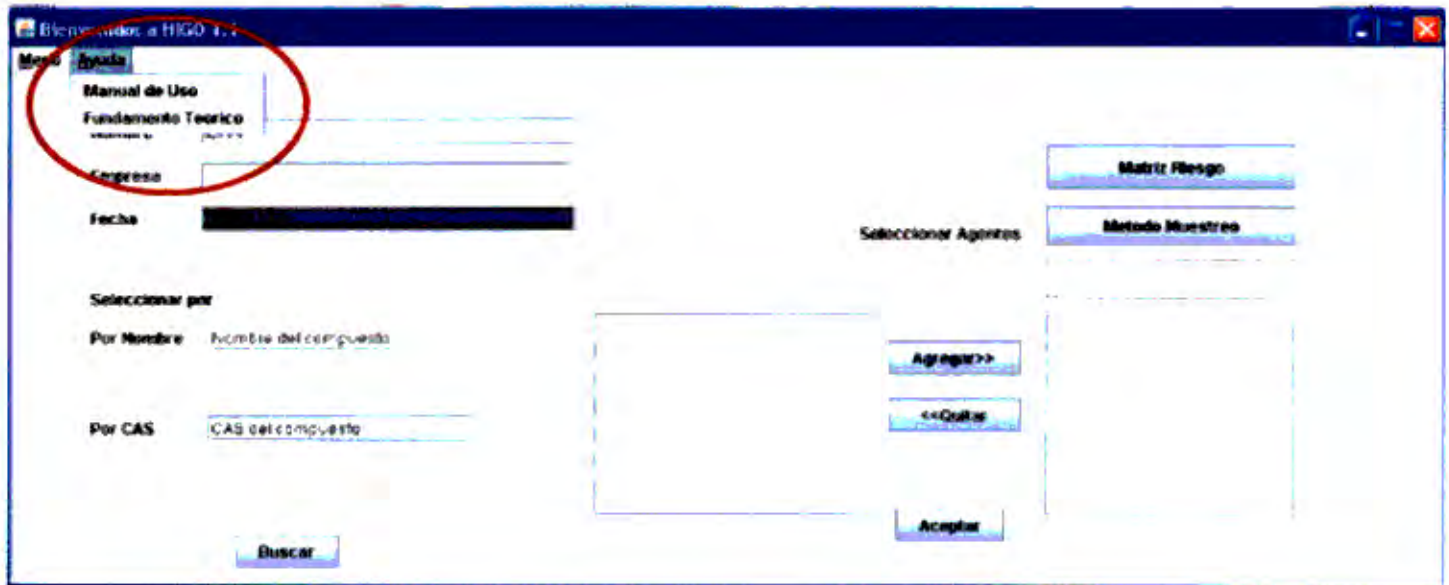
Agregar>>

<<Quitar

Aceptar

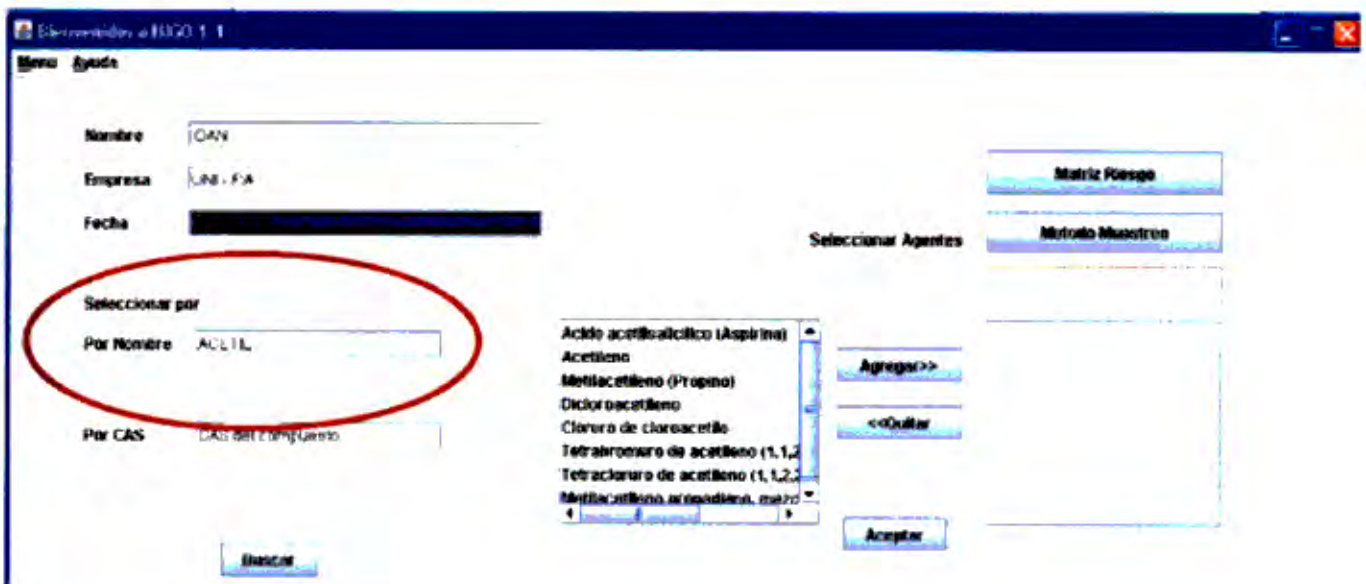
Ventana Ayuda:

- Botón Manual de Uso para abrir el Manual en Pdf.
- Botón Fundamento Teórico para comprender los criterios usados para establecer la matriz.



5.2. MATRIZ DE RIESGO

Para el Uso de la Matriz, primero se deberá seleccionar el Agente Químico a estudiar. Ejemplo: Buscamos acetil



De los agentes encontrados elegimos a los que queremos aplicar la matriz.
Ejemplo: Cloruro de cloroacetilo y/o Metilacetileno (Propino)

Bienvenidos a HIGO 1.1

Ménu Ayuda

Nombre: IDAF

Empresa: UNI - FIA

Fecha: [REDACTED]

Seleccionar por

Por Nombre: ACETIL

Por CAS: CAS del compuesto

Buscar

Matriz Riesgo

Metodo Muestreo

Seleccionar Agentes

Agregar>>

<<Quitar

Aceptar

Activo acetilsalicílico (Aspirina)

Acetileno

Metilacetileno (Propino)

Dicloroacetileno

Cloruro de cloroacetilo

Tetraoxano de acetileno (1,1,2)

Tetraoxano de acetileno (1,1,2)

Metilacetileno, oxoalcano, mezcl

5.2.1. ÍNDICE DE SALUD

Si seleccionamos Cloruro de Cloroacetilo. En este caso al agente químico estudiado ha sido categorizado con un Índice de Salud "LEVE", es decir se le va a aplicar un Factor 2. Click OK, para ir a Índice de Exposición.

ÍNDICE	FACTOR	DESCRIPCIÓN
INFIMO	0	Se le asigna un factor 0, significa que no existe riesgo significativo para la salud. Los agentes que están clasificados aquí son "No sospechosos como carcinógeno en humanos (A5)" son asfixiantes simples y no cuentan con límite permisible. Estos agentes no ocasionan sensibilización, ni son absorbidos vía
MINIMO	1	Se le asigna un factor 1, significa que no existe significativo riesgo para la salud. Los agentes que pueden ser clasificados en esta categoría son el agua, materiales inertes, asfixiantes simples (óxido y metano, pero según la ACGIH: acetileno, argón, helio, hidrógeno, neón, nitrógeno)
LEVE	2	Se le asigna un factor de 2, significa que el agente ocasiona irritación o algún otro daño menor reversible. Los agentes clasificados base con pH neutro.
MODERADO	3	Se le asigna un factor de 3, significa que una exposición aguda al agente ocasiona daños menores y/o temporales tales como irritaciones primarias. Los agentes clasificados aquí puede ser el alcohol isopropílico, varios alcohóles, petróleo destilados, acetos, lubricantes, humos de soldadura
SERIO	4	Se le asigna un factor de 4, significa que puede ocasionar daño grave a menos que se tome una acción inmediata o se brinde un tratamiento médico luego de una exposición aguda. Ocasionan efectos crónicos cuando hay una exposición prolongada. Los agentes clasificados aquí son acetobase, concentrados,
SEVERO	5	Se le asigna un factor 5, lo cual significa que son amenazantes a la vida, la simple o prolongada exposición puede causar daños mayores y/o permanentes. Los agentes clasificados aquí son el cianuro, ácido sulfúrico concentrado, sulfuro de hidrógeno
SEVERO CANCEROGENO	8	Se le asigna un factor 8 son amenazantes de la vida, su exposición debe ser controlada desde todas las vías de ingreso



Si seleccionamos el Metilacetileno (Propino). En este caso al agente químico estudiado ha sido categorizado con un Índice de Salud "MÍNIMO", es decir se le aplica un Factor 1. Click OK, para ir a Índice de Exposición.

ÍNDICE	FACTOR	DESCRIPCIÓN
MÍNIMO	1	Se le asigna un factor 1, significa que no existe significativo riesgo para la salud. Los agentes que pueden ser clasificados en esta categoría son el agua, materiales inertes, asfaltantes simples (propano y metano, pero según la ACOH: acetileno, argón, helio, hidrógeno, neón, nitrógeno).
LEVE	2	Se le asigna un factor de 2 significa que el agente ocasiona irritación o algún otro daño menor reversible. Los agentes clasificados base con pH < 6.90.
MODERADO	3	Se le asigna un factor de 3 significa que una exposición aguda al agente ocasiona daños menores y/o temporales tales como irritaciones primarias. Los agentes clasificados aquí puede ser el alcohol isopropílico, varios alcohólics, petróleos destilados, aceites, lubricantes, humos de soldadura.
SEVERO	4	Se le asigna un factor de 4 significa que puede ocasionar daño grave a menos que se tome una acción inmediata o se brinde un tratamiento médico luego de una exposición aguda. Ocasiona efectos crónicos cuando hay una exposición prolongada. Los agentes clasificados aquí son acidos, bases concentrados.
SEVERO	6	Se le asigna un factor 6 lo cual significa que son amenazantes a la vida, la simple o prolongada exposición puede causar daños mayores y/o permanentes. Los agentes clasificados aquí son el cianuro, ácido sulfuro concentrado, sulfuro de hidrogeno.
SEVERO CANCEROGENO	8	Se le asigna un factor 8 son amenazantes de la vida, su exposición debe ser controlada desde todas las vías de ingreso.










5.2.2. ÍNDICE DE EXPOSICIÓN


En el caso del Cloruro de Cloroacetilo, la exposición encontrada es 10 veces superior al Limite Permisible, por lo que se aplica un Factor 32, es decir, la concentración del Agente está Fuera de Control.

Categoría	Factor Índice de Ex.	Comentario
Ínfimo	0.5 (0,001+)	La concentración del agente es insignificante
Altamente controlado	1.0 (0,01,0,1+)	Los trabajadores tienen poco o ningún contacto
Bien controlado	2.0 (0,1,0,5+)	Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y rara vez contacto a altas concentraciones
Controlado	4.0 (0,5,1+)	Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y algunas veces a altas concentraciones
Potencialmente controlado	8.0 (1,5+)	Los trabajadores usualmente tienen contacto a altas concentraciones
No controlado	16.0 (5,10+)	Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a altas concentraciones
Fuera de Control	32.0 (10,+)	La concentración del contaminante supera en más de 10 veces al límite de exposición










En el caso del Metilacetileno, la exposición encontrada es la décima parte del Límite Permissible, por lo que se aplica un Factor 2, es decir, la concentración del Agente está **Bien Controlada**. Click en **OK**.

Categoría	Factor	Índice de Ex.	Comentario	
Ínfimo	0.5	[0,0.01+	La concentración del agente es insignificante	
Altamente controlado	1.0	[0.01,0.1+	Los trabajadores tienen poco o ningún contacto	
Bien controlado	2.0	[0.1,0.5+	Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y rara vez contacto a altas concentraciones	
Controlado	4.0	[0.5,1+	Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y algunas veces a altas concentraciones	
Potencialmente controlado	8.0	[1,5+	Los trabajadores usualmente tienen contacto a altas concentraciones	
No controlado	16.0	[5,10+	Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a altas concentraciones	
Fuera de Control	32.0	[10,+>	La concentración del contaminante supera en más de 10 veces el límite de exposición	

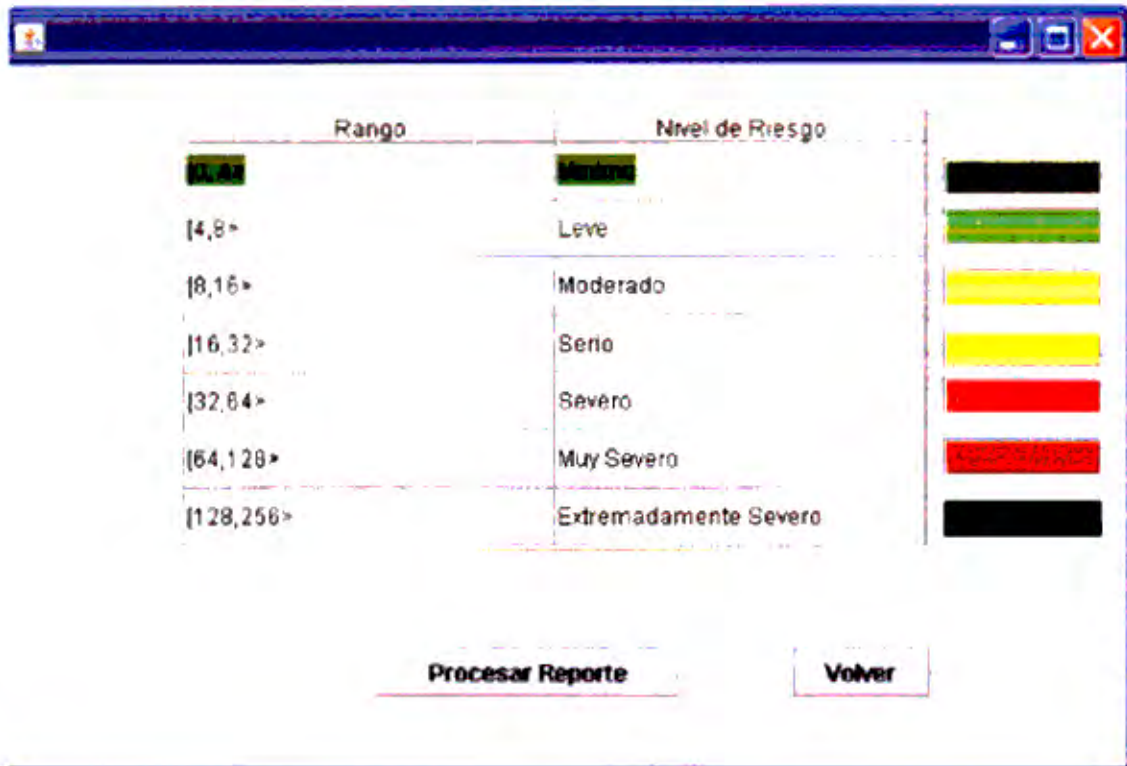


5.2.3. MATRIZ DE RIESGO

En el primer caso se ha encontrado un Nivel de Riesgo "Muy Severo".

Rango	Nivel de Riesgo	
[0,4>	Mínimo	
[4,8>	Leve	
[8,16>	Moderado	
[16,32>	Severo	
[32,64>	Severo	
[64,128>	Muy Severo	
[128,256>	Extremadamente Severo	

En el segundo caso se ha encontrado un Nivel de Riesgo "Mínimo".



Rango	Nivel de Riesgo	Color
[0, 4,8>	Mínimo	Black
[4,8, 8,16>	Leve	Green
[8,16, 16,32>	Moderado	Yellow
[16,32, 32,64>	Serio	Orange
[32,64, 64,128>	Severo	Red
[64,128, 128,256>	Muy Severo	Dark Red
[128,256, >	Extremadamente Severo	Black

Procesar Reporte **Volver**

5.3. REPORTES

Para el primer caso, el reporte impreso sería el siguiente:

HIGO 1.1

HIGO1.1 REPORTE DE EVALUACION DE RIESGO

EVALUADOR

Nombre : IDAN
Empresa : UNI - FIA
Fecha : 2009/12/08

AGENTE QUIMICO

Nombre : Cloruro de cloroacetilo
CAS : CAS del compuesto

EVALUACION

INDICE DE SALUD

Categoría : Leve
Comentario : Una exposición aguda al agente ocasiona daños menores y/o temporales

INDICE DE EXPOSICION

Categoría : Fuera de control
Comentario : La concentración del contaminante supera en mas
de 10 veces el límite de exposición

NIVEL DE RIESGO

Categoría : Riesgo Muy Severo
Recomendaciones : Daño inmediato a la salud humana.
Acciones a tomar:

- Controles de Ingeniería.
- Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica, ocular, auditiva).
- Validación de los equipo de protección.
- Vigilancia de la exposición.
- Vigilancia médica.

2009/12/08

5.5. FACTOR DE RIESGO

Esta aplicación nos sirve para el Índice de Exposición

Primero seleccionamos los agentes a estudiar. Click en Aceptar

Nombre:

Empresa:

Fecha:

Seleccionar por:

Por Nombre:

Por CAS:

Seleccionar Agentes:

Dioxido de carbono
Tetracloruro de carbono
Monoxido de carbono
Disulfuro de carbono
Tetrabromuro de carbono

Agregar>>

<<Quitar

Matrix Risko

Metodo Muestreo

Dioxido de carbono
Tetracloruro de carbono
Monoxido de carbono
Disulfuro de carbono
Tetrabromuro de carbono

Buscar

Aceptar

Obtenemos los Límites Permisibles para cada Agente.

File Edit

Compuesto/CAS	TWA ppm	STEL ppm	C ppm
Dioxido de carbono	5000.0	30000.0	..
Tetracloruro de carb	5.0	10.0	..
Monoxido de carbono	25.0
Disulfuro de carbono	1.0
Tetrabromuro de car...	0.1	0.3	..

Ingrese sus datos en esta tabla luego haga click en co...

Compuesto/CAS	TWAppm	STELppm	C ppm
Dioxido de carbono			
Tetracloruro de carb			
Monoxido de carbono			
Disulfuro de carbono			
Tetrabromuro de car			

Comparar

Ingresamos las concentraciones medidas.

Higo 1.1 Factor de Riesgo

File Edit

Compuesto/CAS	TWA ppm	STEL ppm	C ppm
Dioxido de carbono	5000.0	30000.0	--
Tetracloruro de carb...	5.0	10.0	--
Monoxido de carbono	25.0	--	--
Disulfuro de carbono	1.0	--	--
Tetrabromuro de car...	0.1	0.3	--

Ingrese sus datos en esta tabla luego haga click en co...

Compuesto/CAS	TWAppm	STELppm	C ppm
Dioxido de carbono	2000	40000	
Tetracloruro de carb...	4	15	
Monoxido de carbono	5		
Disulfuro de carbono	0.2		
Tetrabromuro de car...	0.4	0.6	

Comparar

Obtenemos los Factores de Riesgo o Índice de Exposición.

Higo 1.1 Factor de Riesgo

Compuesto/CAS	TWAppm	STELppm	C ppm
Dioxido de carbono	0.4	1.33333333333333	
Tetracloruro de carb...	0.3	1.5	
Monoxido de carbono	0.2		
Disulfuro de carbono	0.2		
Tetrabromuro de carb...	40	20	

Color Negro mucha diferencia

Color Rojo diferencia alertante

Color Verde dentro de las condiciones

Color Celeste las mejores condiciones

Guardar Comparar Centra

6. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN DE LA MATRIZ

6.1. OBJETIVO:

Aplicar la matriz para valorar el riesgo a la Salud Ocupacional debido a las exposiciones a Polvo Respirable de los trabajadores de la Empresa Minera Los Quenuales – Unidad Minera Yauliyacu. La cual es una de las minas de la Multinacional Suiza Glencore empresa en la cual estoy laborando.

6.2. ALCANCE:

Los monitoreos de polvo respirable se realizarán en todas las instalaciones de la Unidad Minera (Mina, Planta y Mantenimiento). En el presente capítulo, solo presentaré las mediciones obtenidas en Planta, específicamente en las Operaciones de Chancado Primario, Chancado Secundario y Molienda.

6.3. INTRODUCCIÓN:

La minería es una de las actividades más antiguas tanto de la historia de la humanidad como de nuestro país. Casi desde el principio de la edad de piedra, hace 2,5 millones de años o más, ha venido siendo la principal fuente de materiales para la fabricación de herramientas.

Todos los materiales empleados por la sociedad moderna son obtenidos mediante minería, o necesitan productos mineros para su fabricación. Incluso otras actividades como la agricultura, pesca, etc. no podrían llevarse a cabo sin herramientas y máquinas fabricadas con los productos de las minas.

Los métodos de minería se dividen en cuatro tipos básicos. En primer lugar, los materiales se pueden obtener en minas de superficie u explotaciones a cielo abierto. En segundo lugar, están las minas subterráneas, a las que se accede a través de galerías o túneles. El tercer método es la recuperación de minerales y combustibles a través de pozos de perforación. Por último, está la minería submarina o dragado, próximamente minería profunda de los océanos.

La minería siempre implica la extracción física de materiales de la corteza terrestre, con frecuencia en grandes cantidades para recuperar pequeños volúmenes del producto deseado. Por eso, algunos consideran que la minería es una de las causas más importantes de la degradación medioambiental provocada por los seres humanos. Sin embargo, una empresa minera responsable es capaz de limitar al máximo los daños y recuperar la zona una vez completada la explotación minera.

6.3.1. Unidad Minera Yauliyacu: Minería subterránea.

La extracción se realiza mediante perforación y voladura. Primero se realizan agujeros con perforadoras de aire comprimido o hidráulicas. A continuación se insertan barrenos en los agujeros y se hacen explotar, con lo que la roca se fractura y puede ser extraída. Después se emplean máquinas de carga especiales muchas veces con motores diesel y neumáticos para cargar la roca volada y transportarla hasta galerías especiales de gran inclinación. La roca cae por esas galerías y se recoge en el pozo de acceso, donde se carga en contenedores especiales denominados cucharones y se saca de la mina. Más tarde se transporta a la planta de procesado, si es mineral, o al vertedero, si es material de desecho.

Para poder acceder al yacimiento de mineral hay que excavar una red de galerías de acceso, que se suele extender por la roca de desecho que rodea el yacimiento. Este trabajo se denomina desarrollo; una mina de gran tamaño, como la mina surafricana de platino de Rustenberg, puede abrir hasta 4 km de túneles cada mes.

6.3.2. Seguridad Minera:

Todas las minas presentan potenciales fuentes de riesgo, pero se considera que las subterráneas son las más riesgosas. Debido a la naturaleza de la mina: una construcción de roca natural, no es un buen material de ingeniería. Estadísticamente, las minas subterráneas presentan más incidentes que las de superficie. Las causas principales de accidentes en la mayoría de las minas son los derrumbamientos de grandes rocas de las paredes de la mina.

La profundidad de las minas puede producir riesgos, ya que las tensiones a que están sometidas las galerías por el peso de las rocas situadas encima pueden superar la resistencia de la roca y hacer que ésta se derrumbe.



6.3.3. Salud Minera:

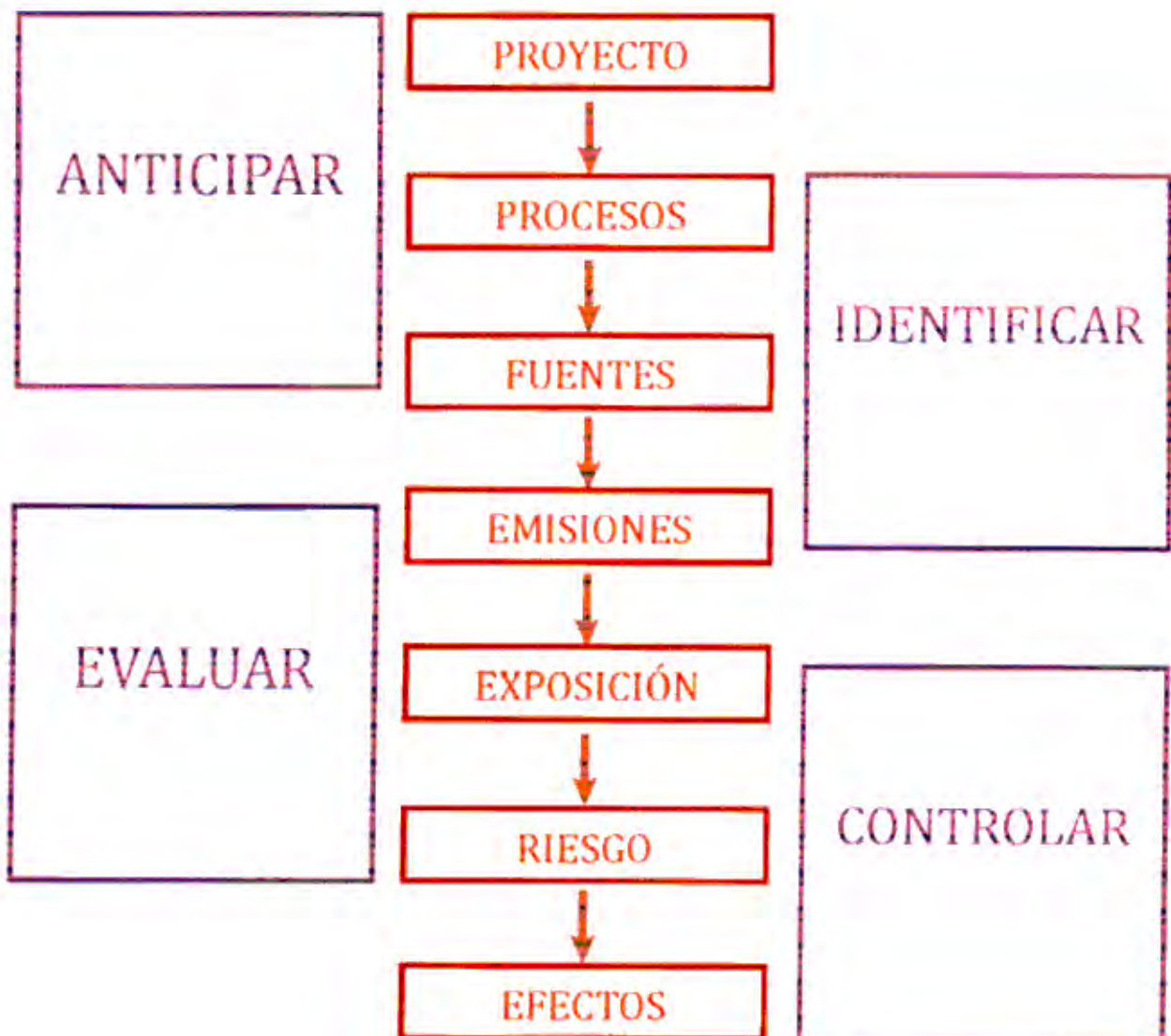
Además del riesgo de accidentes, los mineros pueden contraer una serie de enfermedades laborales. Esto ocurre sobre todo en las minas subterráneas. En todas las minas se produce polvo, y su inhalación puede causar diversas enfermedades de los pulmones, como la silicosis. Desde el punto de vista de la Salud Ocupacional, los dos agentes ambientales (o fuentes de riesgo) más agresivos son el Polvo Respirable (asociado al sílice) y el Ruido.

Debido al carácter riesgoso de estos trabajos, los principales países mineros tienen leyes y normativas muy estrictas sobre la seguridad en las minas. Dichas normas cubren la calidad del aire, el entibado de las galerías, los explosivos, la iluminación, el ruido y todos los demás riesgos que pueden darse en las minas.

6.4. HIGIENE INDUSTRIAL – APLICACIÓN SECUENCIAL

A continuación la aplicación secuencial de las 4 etapas fundamentales de la Higiene Industrial.

Siendo los 3 primeros: **Anticipación, Identificación y Evaluación** la base del Análisis de Riesgo, y siendo el último, **Control** el objeto principal del Análisis de Riesgos, en el cual se cuantificará los riesgos aplicando la matriz propuesta y se establecerá las prioridades para las acciones preventivas y correctivas.

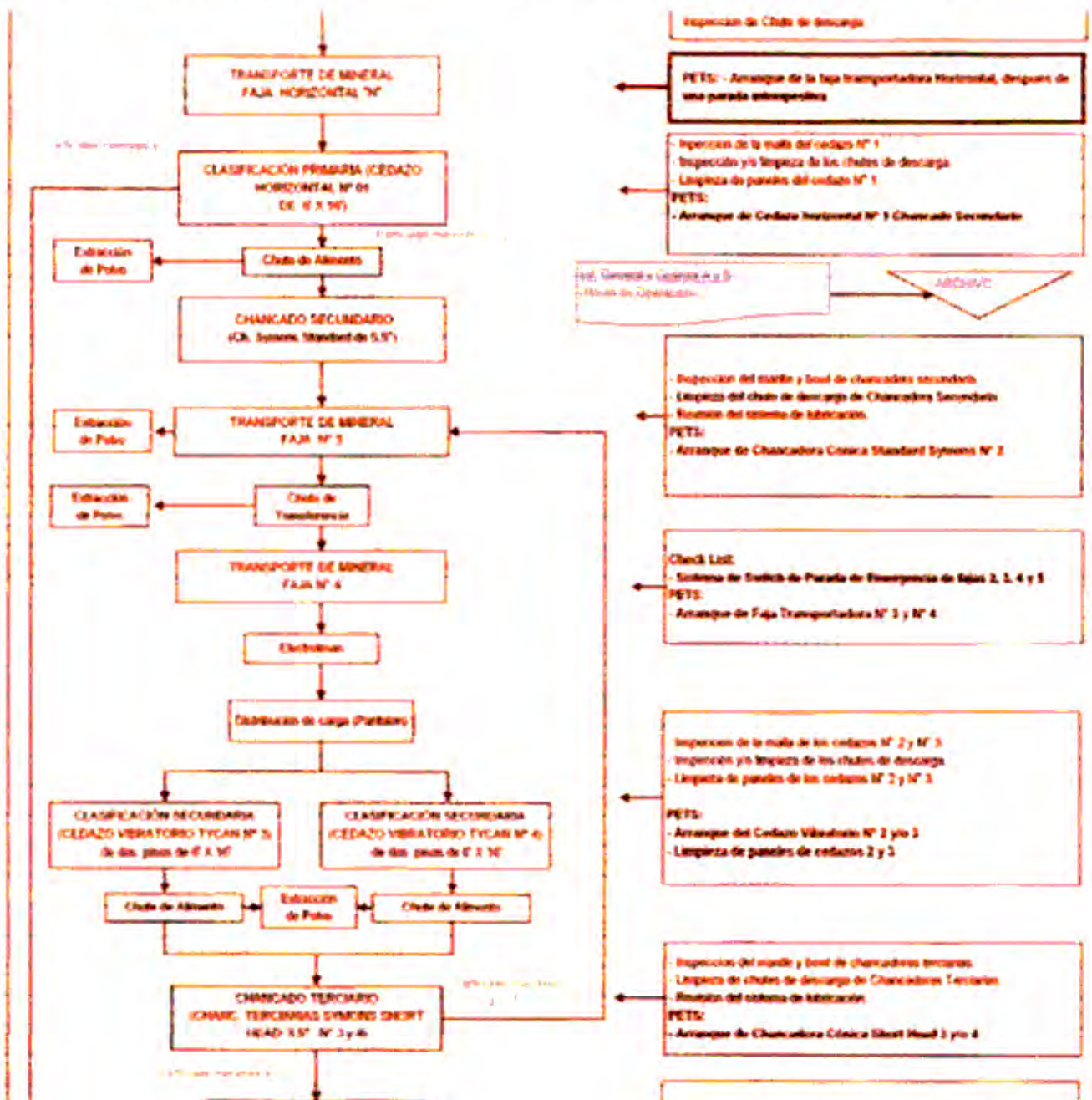


6.4.1. Anticipar:

En la anticipación, se prevén los peligros antes de la puesta en marcha de una actividad o proceso de fabricación.

Proyecto: No aplica, pues la Planta Concentradora ya estaba construida al momento de la Evaluación.

Proceso: Analizamos los Mapas de Proceso de la Planta Concentradora para estudiar los procesos y analizar las actividades involucradas en los mismos.



6.4.2. Identificar

Posiblemente sea la parte más difícil, pues depende de la experiencia, la perspicacia y espíritu de detective del higienista. El objetivo es la identificación de los peligros o fuentes de riesgos en los procesos, para lo cual usamos el IPER.

IPER: Identificación de las fuentes de riesgos asociadas a cada actividad, analizar las consecuencias de los riesgos y valorarlos. En base a ellos proponer los controles operacionales.

No.	O SERVICIO	Peligro o Aspecto Ambiental	Uso o Impacto Ambiental	SEGURIDAD			SALUD			AMBIENTE			PURO			FESICIAL						
				Grav	Prob	Ex	Cont	Grav	Prob	Ex	Cont	Grav	Prob	Ex	Cont	Gr	Se	Am	Gr	Se	Am	
OPERACIÓN DE CHANCADO PRIMARIO	Ruido: Producido por la Chancadora Primaria	Enfermedad irreversible: Hipoacusia	Contaminación sonora.					3	3	3	90%					3	340	3	0	220	3	
	Temperatura extremas (bajas): Del medio ambiente.	Enfermedad irreversible: Enfermedad de Raynaud, lesiones dermaticas.						4	32	4	90%					3	10	3	3	250	3	
	Materiales Explosivos: Recolección de galas	Lesión incapacitante permanente: Por explosión de tubos.	4	3	4	20%										30	3	0	300	3	0	
	Levanamiento y transporte manual de peso: Retiro de madera y rielos.	Lesión incapacitante temporal: Lombalgia, dorsalgia						3	3	4	20%					3	200	3	0	300	3	
	Polver: Descarga de Faja a Chancadora Primaria.	Enfermedad irreversible: Neumonosis						3	3	3	90%					3	340	3	0	200	3	
	Bombasión inadecuada: En intonsoz y chancado primario.	Lesión incapacitante temporal: Por caídas a falta de Bombasión	4	3	4	20%										200	3	3	100	3	0	
	Trabajos nocturnos: Guardia de Noche.	Enfermedad reversible: Fatiga crónica, alteraciones del sueño							3	32	3	10%					3	330	3	0	400	3
	Monotonía y repetitividad: Durante el retiro de derechos en la Faja 1	Lesión irreversible: monotonía del trabajo							3	3	3	10%					3	300	3	0	100	3
	Falta de Orden y Limpieza	Lesión incapacitante temporal: Por caída de personas	4	32	4	20%										30	3	3	200	3	0	
Equipos e instalaciones eléctricas energizadas: Tableros de control, Actuadores y Ejes de Pines	Fatalidad: Electrocutado	3	3	4	20%										30	3	3	300	3	0		
	Fatalidad: Por Arco eléctrico	3	3	4	20%										30	3	3	200	3	0		
OPERACIÓN TRANSPORTE DE MINERAL EN FAJAS	Ruido: Producido por la Chancadora Secundaria y Tercera	Enfermedad irreversible: Hipoacusia						3	3	3	90%					3	340	3	3	220	3	
	Temperatura extremas (bajas): Del medio ambiente.	Enfermedad irreversible: Enfermedad de Raynaud, lesiones dermaticas.						4	32	4	90%					3	10	3	3	250	3	
	Polver: Producido por Chancadora Primaria y Secundaria	Enfermedad irreversible: Neumonosis						3	3	3	90%					3	340	3	3	200	3	
	Bombasión inadecuada: En chancado secundario y terciario	Lesión incapacitante temporal: Por caídas a falta de Bombasión	4	3	4	20%										200	3	3	100	3	0	
	Procesos Inadecuados: Limpieza de Fajas transportadoras.	Lesión incapacitante temporal: Por lumbalgia						3	3	4	20%					3	200	3	0	300	3	
	Trabajos nocturnos: Guardia de Noche.	Enfermedad reversible: Fatiga crónica, alteraciones del sueño							3	32	3	10%					3	330	3	3	400	3
	Falta de Orden y Limpieza (por ausencia de operario)	Lesión incapacitante temporal: Por caída de personas	4	32	4	20%										30	3	3	300	3	0	
	Equipos e instalaciones eléctricas energizadas: Tableros de control, Actuadores.	Fatalidad: Electrocutado	3	3	4	20%										30	3	3	300	3	0	
		Fatalidad: Por Arco eléctrico	3	3	4	20%										30	3	3	300	3	0	

2 OPERACION DE CLASIFICACIÓN EN ZARANDAS Nros. 1, 2, Y 3

Huido: Producido por la Chancadora Secundaria y Terciaria.	Enfermedad irreversible: hipoacusia					16	4	3	90%						0	192	0	0	36	0		
Temperaturas extremas (hijas): Del medio ambiente.	Enfermedad reversible: Propias del clima loco					1	32	8	90%							0	32	0	0	256	0	
Pólvor: Producido por Chancadoras Secundaria, Terciaria y Zarandas.	Enfermedad irreversible: Neumoconiosis					10	0	5	90%							0	40	0	0	320	0	
	Contaminación del aire.									4	32	8	25%			0	0	32	0	0	32	0
Vibraciones: Por las zarandas N 1, 2 y 3	Afectación osteoarticular (codo, brazos)					16	4	5	25%							0	320	0	0	240	0	
Herramientas inadecuadas: Barretillas, lupas.	Lesión incapacitante temporal: Por golpes.	1	32	4	25%											72	0	0	384	0	0	
Trabajos nocturnos: Guardia de Noche.	Enfermedad reversible: Fatiga crónica, alteraciones del sueño					8	32	3	80%							0	768	0	0	68	0	
Falta de Orden y Limpieza: Por derrame de carga	Lesión incapacitante temporal: Por caída de personas.	4	32	4	25%											72	0	0	384	0	0	
Iluminación inadecuada: En Chancado y en Zona de Clasificación (zarandas).	Lesión incapacitante temporal: Por caídas a falta de iluminación	1	16	4	25%											28	0	0	80	1	0	
Proyección de partículas: Limpieza																						

3 OPERACION DE CHANCADO SECUNDARIO Y TERCIARIO

Vibraciones: Por las zarandas N 1, 2 y 3	Afectación osteoarticular (codo, brazos)					16	4	5	25%							0	320	0	0	240	0
Iluminación inadecuada: En chancado secundario.	Lesión incapacitante temporal: Por caídas a falta de iluminación	1	16	4	25%											28	0	0	80	0	0
Trabajos nocturnos: Guardia de Noche	Enfermedad reversible: Fatiga crónica, alteraciones del sueño					8	32	3	80%							0	768	0	0	67	0
Pólvor: En chute de descarga de chancadoras a Fajas	Enfermedad irreversible: Neumoconiosis					10	0	4	90%							0	72	0	0	256	0
Falta de Orden y Limpieza: Por derrame de carga	Lesión incapacitante temporal: Por caída de personas.	4	32	4	25%											72	0	0	384	0	0
Equipos e instalaciones eléctricas enarboladas: Tableros de control, Arrancadores.	Fatalidad Electrocutión	16	16	4	80%											3624	0	0	36	0	0
Herramientas inadecuadas: Barretillas, lupas.	Lesión incapacitante temporal: Por golpes.	1	32	4	25%											72	0	0	384	0	0
Equipos e maquinarias móviles: Chancadoras Cónicas Secundaria y Terciaria.	Lesión incapacitante permanente: Amputación por atrapamiento	0	16	4	25%											82	0	0	384	0	0
Partes rotativas ó móviles: Poleas, polvos volante de chancadora.	Lesión incapacitante permanente: Amputación por atrapamiento.	0	16	4	25%											82	0	0	384	0	0

El IPER nos permite dislumbrar, en primera instancia, cuales podrían ser las repercusiones potenciales sobre la salud del trabajador.

6.4.3. Evaluar

La evaluación del riesgo consta de dos etapas:

1. **Investigación:** Sobre los reglamento de los límites permisibles y la información relativa a la relación Dosis – Respuesta del o de los agentes a evaluar.
2. **Parte Técnica:** Comprende la determinación de la magnitud del peligro o fuente de riesgo, usualmente esta etapa es denominada **Monitoreo**.

Monitoreo de Polvo Respirable

Lugar: Chancadoras de la Planta Concentradora

Metodología: NIOSH 0600 (el método de muestreo lo recomienda el Software)

Técnica: Gravimetría

Pre - Secar los Filtros



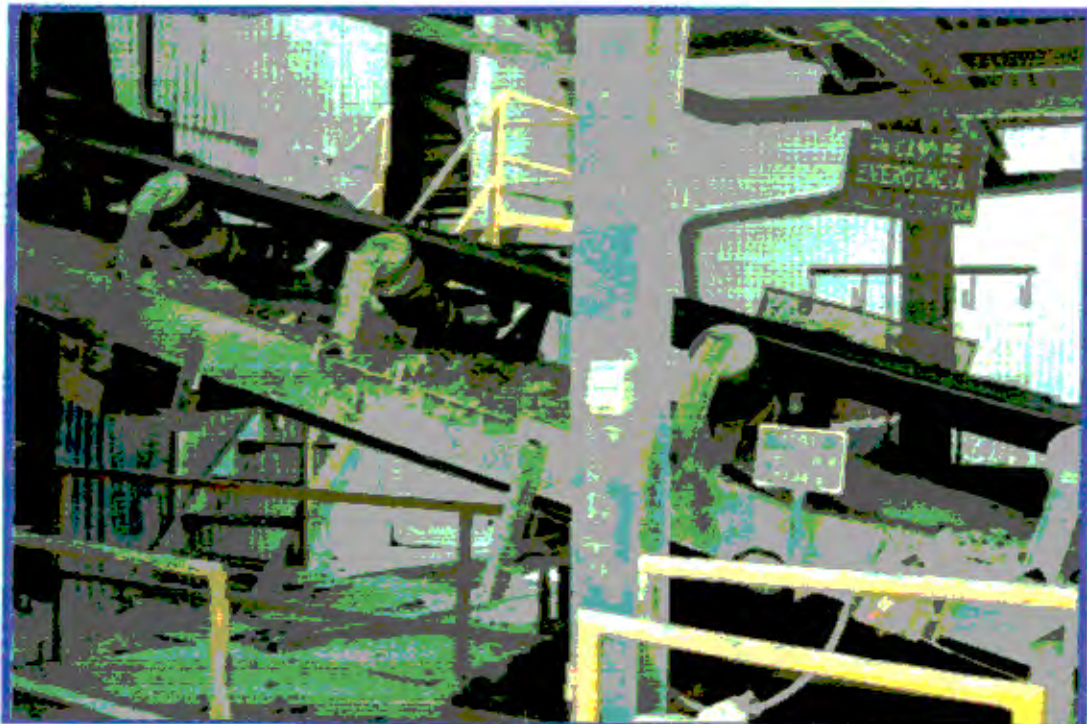
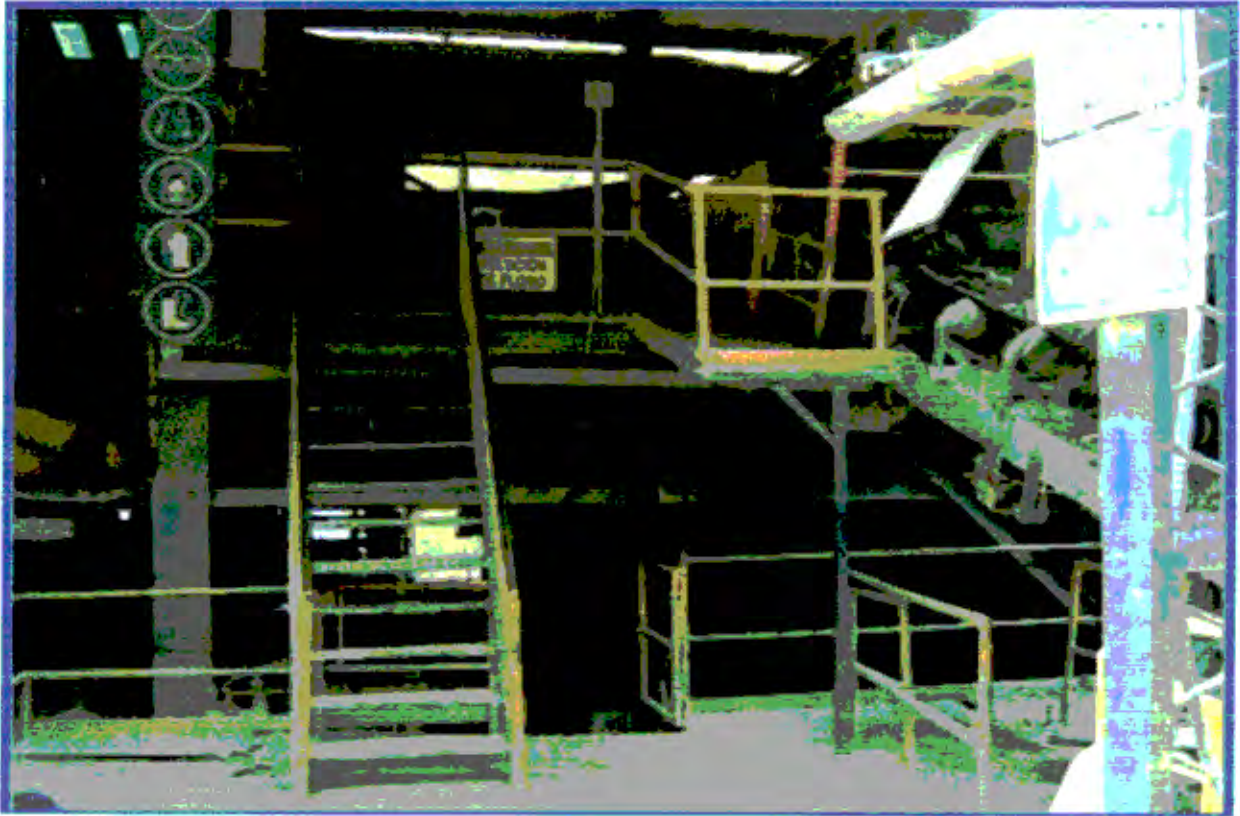
Pre- pesaje



Bombas de Muestreo usadas



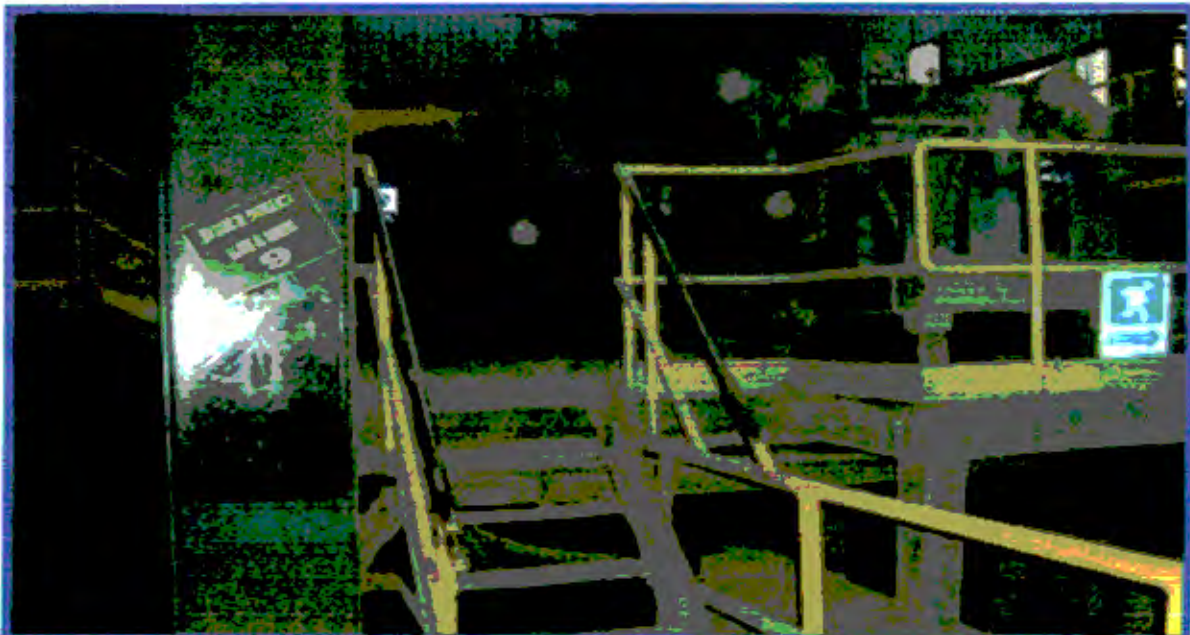
Chancado Primario



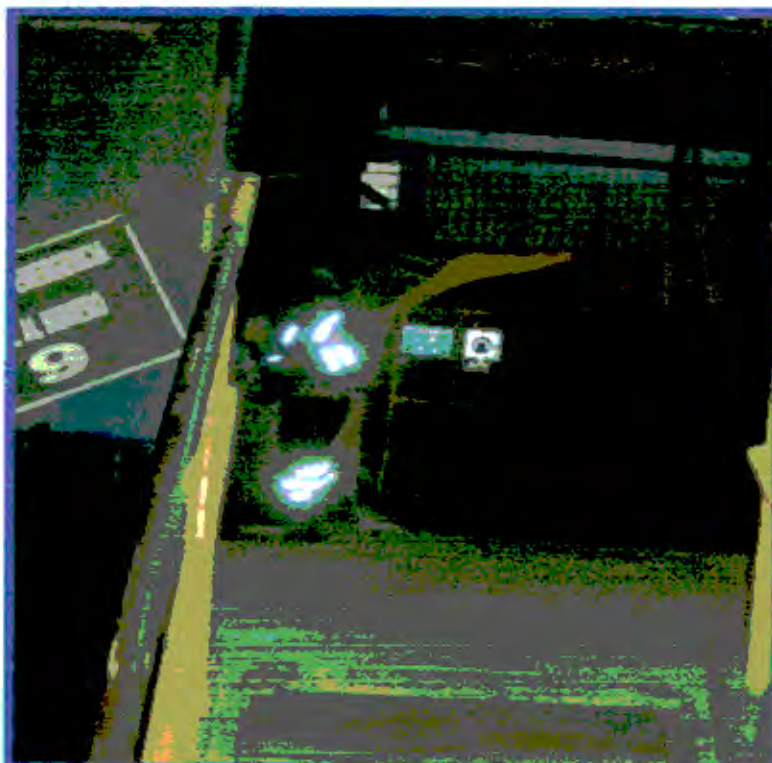
Monitoreo Chancado Primario



Chancado Secundario



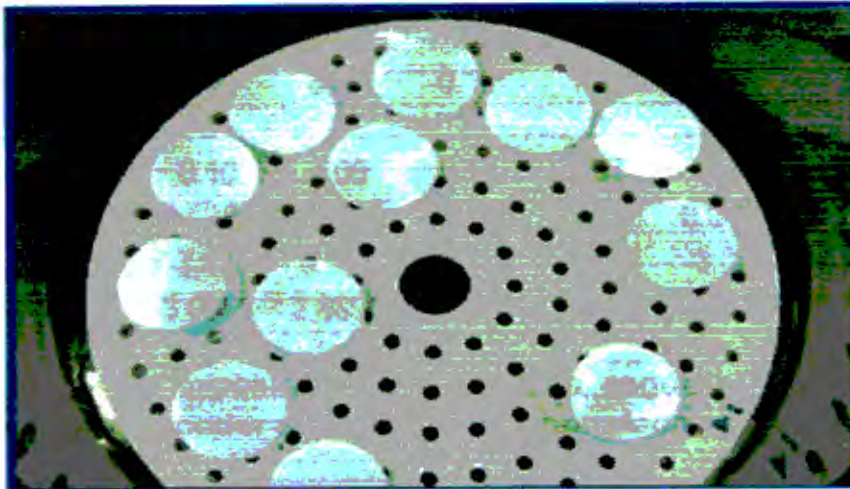
Monitoreo Chancado Secundario



Colocacion de Ciclon en la Zona Respiratoria



Secado y Pesaje de Filtros (Luego del Monitoreo)



Aplicando Manual de Estrategias de Muestreo para los Resultados: (Ver Apéndice B)

1. Obtener 6 o más Exposiciones Diarias, aleatorias dentro de un Grupo Homogeneo de Exposición
2. Calcular Factor de Exposición
3. Calcular el logaritmo natural del Factor de Exposición
4. Calcular media de la muestra y desviación típica muestral
5. Calcular Z
6. Encontrar probabilidad de sobreexposición:

$$\text{Si: } y_i = \ln ED \leq \ln OEL \rightarrow P = 1 - \text{Valor Tabla}$$

$$\text{Si: } y_i = \ln ED \leq \ln OEL \rightarrow P = 1 - \text{Valor Tabla}$$

7. Hallar Desviación Típica Geométrica, para ver la variabilidad de la concentración del agente químico:

$$DG = \text{antilog}(S)$$

$$\text{Si: } DG < 2 \rightarrow \text{Variabilidad Baja}$$

$$\text{Si: } DG \leq 3 \rightarrow \text{Variabilidad Moderada}$$

$$\text{Si: } DG > 3 \rightarrow \text{Variabilidad Elevada}$$

RESULTADOS OBTENIDOS

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4	Pto 5	Pto 6	X
Concentración	0.1	3.08	0.12	1.87	0.14	3.4	1.45167
T. Exposición	8	8	8	8	8	8	
Exposición Diaria	0.10	3.08	0.12	1.87	0.14	3.40	1.45
Factor Exposición	0.0333	1.0267	0.0400	0.6233	0.0467	1.1333	0.4839
$y = \ln(\text{F. Exposición})$	-3.401	0.026	-3.219	-0.473	-3.065	0.125	-1.668
$(y-Y)^2$	3.0051	2.8696	2.4063	1.4280	1.9518	3.2142	2.9750

Se obtuvo un factor de exposición de 0.4839, la según el Índice de Exposición propuesto, puede corresponder a un ambiente Controlado o Bien Controlado.

$$\ln(\text{OEL Polvo Respirable}) = \text{Log}(3) = 0.477$$

$$Y = \frac{(\sum y_i)}{n} = -1.67$$

$$S = \left(\frac{\sum (\ln x_i - \bar{X})^2}{n-1} \right)^{1/2} = 1.725$$

$$Z = \frac{0 - (-1.67)}{1.725} = 0.967$$

Valor de Z en tabla de distribución normal es 0.8340.

$P = 0.1660 > 0.05$ Exposición Inaceptable

DG = 5.6 - Variabilidad Alta

Sin embargo, hay incertidumbre en los resultados, principalmente a una alta variabilidad de la muestra.

TLV - TWA	3
Log (TLV)	0.477
Sn-1y	1.725
Z	0.96686
Según tabla	0.8708
Probabilidad	0.1292 Zona Roja
DG	5.6115 Variabilidad Elevada

7. APENDICE A: MODELAMIENTO MATEMÁTICO APLICADO A AGENTES QUÍMICOS

"Industrial hygienist is 'modelling' exposures".

John R. Mulhausen, Ph. D., CIH

Una de las funciones tradicionales del higienista industrial es estimar la exposición de los trabajadores a los agentes físicos y químicos. A la hora de conducir una evaluación de exposición para contaminante en el aire, los higienistas suelen preferir un monitoreo de aire en vez de un modelamiento matemático.

Sin embargo, hay trabajos científicos que fundamentan que bajo ciertas condiciones, mas adelante explicadas, es conveniente un modelamiento matemático. Entre los principales investigadores que sustentan los beneficios del modelamiento, tenemos al Dr. Mark Nicas de la Universidad de California, Berkeley y al Dr. Michael Jayjock de Rohm and Hass Corporation.

Las ciencias matemáticas sirven a muchas áreas del conocimiento humano, la Higiene Industrial no es la excepción, de acuerdo a mi breve aun pero productiva experiencia en este campo puedo mencionar algunos casos que requieren del modelamiento matemático:

- Exposición por inhalación en un ambiente de trabajo debido a la vaporización de un líquido.
- Variación de la concentración de un contaminante en un ambiente con ventilación.
- Estimaciones de la penetración dérmica debido a un agente químico.

Por ejemplo, en el caso de exposición por inhalación debido a la vaporización de un líquido, nosotros sabemos que es causada por diversos factores, tales como: Presión de vapor del líquido, área superficial de la interface aire / líquido y la

velocidad del aire sobre la superficie de dicha interface. También entendemos que la presión de vapor es dependiente de la temperatura del líquido.

Mulhausen y Damiano en "A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures", describen esta situación básica con este modelo matemático:

$$Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n$$

"Y" representa una variable dependiente de exposición, dicho de otra forma también podría describirse como la Concentración Ponderada en el Tiempo (TWA) medida en la zona de respiración del trabajador. La X_n representan todas las variables independientes y los coeficientes "an" son las intensidades o ponderaciones relativas de esas variable independientes en la variable dependiente.

Mediante los monitoreos nosotros podríamos obtener el "Y", lo que no tendríamos como menciona Jayjock es una cuantificación razonable o entendible de las variables que causan dicha exposición.

Por lo general, los encargados de Higiene Industrial de una empresa están enfocados en obtener este valor "Y", es por eso que se cuenta con abundantes bases de datos, pero carencia información de las variables causales.

MODELAMIENTO BASICO

Parámetros usados para aplicación a Higiene Ocupacional:

G: La tasa de generación del contaminante.

Q: Tasa de suministro / ventilación del contaminante en un cuarto.

V: Volumen del cuarto.

C_0 : Concentración asumida en el instante cero.

C_{in} : Concentración del contaminante en el aire que ingresa.

T: Periodo de tiempo de la simulación.

M_0 : Masa inicial del contaminante.

MW: Peso molecular del agente.

D_t : Constante de difusión turbulenta.

U: Velocidad de aire advectivo, usado en modelos cuando un flujo de aire pasa por la fuente del contaminante.

G_f : Factor geométrico, para modelos de difusión turbulenta de Eddy.

En un cuarto:

Los parámetros principales describen el tamaño del ambiente y los componentes que se necesitan para caracterizar como el aire y los contaminantes se comportan en el ambiente, en este caso, ambiente de trabajo.

Parámetros:

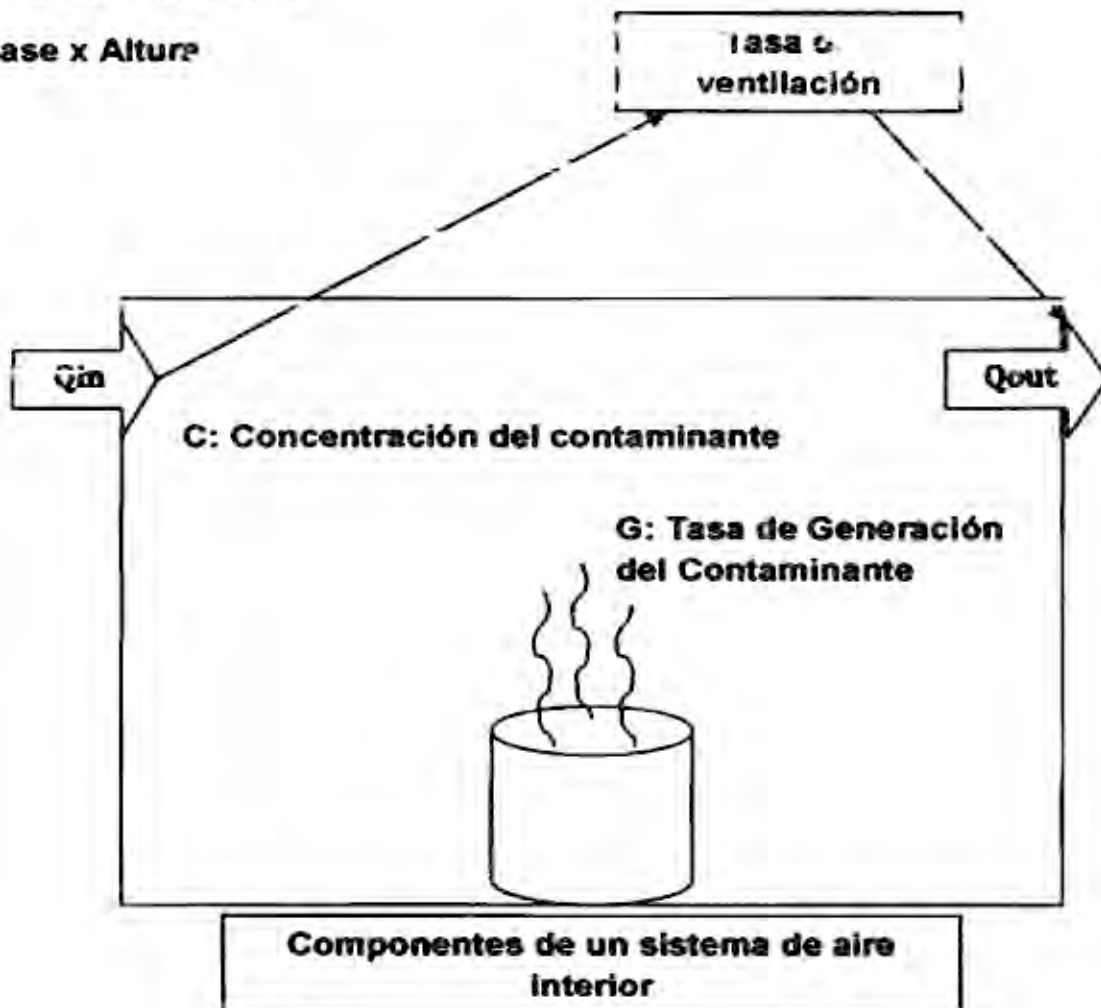
- a) Concentración del contaminante (mg/m^3 o ppm)
- b) Tasa de generación del contaminante (mg/min o m^3/min)
- c) Volumen del cuarto (m^3)
- d) Tasa de ventilación (m^3/min)
- e) Configuración de la ventilación
- f) Parámetros

Información más especializada puede ser encontrada en el libro de la ACGIH: "Industrial Ventilation – A Manual of Recommended Practice"

El profesor Charles Keil, ilustra de manera sencilla los componentes de un sistema de aire interior, en la literatura se encuentra como: Indoor Air System y es tema introductorio en libros de ventilación industrial.

Volumen del cuarto:

Base x Altura



Del sistema, hay dos tipos de masas: la masa de aire y la masa del contaminante. Keil denomina masa de aire al aire exterior relativamente limpio, es decir, con niveles de concentración mucho menores al C.

Ambas masas se conservan, (conservación de la masa) en el sistema, se tiene entonces la siguiente ecuación para el balance de la masa:

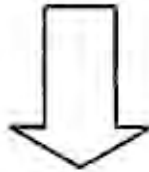
$$\text{Masa(Ingresa)} - \text{Masa(sale)} = \text{Masa(cambio)}$$

Esta conservación es aplicable solo para la masa de aire, sin embargo en muchos casos la presión y temperatura del aire no varían considerablemente. Por lo tanto, de acuerdo a la Ley general de los gases, si la temperatura y la presión son constantes, podemos asumir que el volumen de aire se conserva en el sistema.

Teniendo los siguientes valores para el aire que ingresa y sale

$$P(\text{ingresa}) \cdot V(\text{ingresa}) = n \cdot R \cdot T(\text{ingresa})$$

$$P(\text{sale}) \cdot V(\text{sale}) = n \cdot R \cdot T(\text{sale})$$



$$\frac{V(\text{sale})}{V(\text{ingresa})} = \frac{P(\text{ingresa}) \cdot T(\text{sale})}{P(\text{sale}) \cdot T(\text{ingresa})}$$

"Esta sencilla relación nos representa el incremento de volumen de aire por unidad de masa"

Ahora se preguntarán que pasa con la masa de contaminante, bueno, esta generalmente no es constante, puede decaer o aumentar, será más estudiada posteriormente en este y los siguientes capítulos.

Concentración:

Es fácil de definir y hallar, simplemente es la división entre la masa de contaminante en el aire del ambiente y el volumen del ambiente. Solo en casos ideales, es así de sencillo, pues estamos obviando otros parámetros tales como ventilación, mezcla, transporte del contaminante, variación de la concentración, etc.

Tasa de Ventilación:

Influye en la concentración en el ambiente, hay diferentes formas de calcularlo siendo la más práctica y sencilla, la siguiente: Se calculan la Velocidad y el Área de todos los ingresos y salidas de aire del ambiente, entonces el producto de dichas cantidades es el caudal (Q). Entonces el balance del volumen de aire sería así:

$$\sum Q(\text{ingresa}) = \sum Q(\text{sale})$$

Una regla práctica para determinar la presión de los cálculos es:

$$\frac{V(\text{sale})}{V(\text{ingresa})} = \frac{P(\text{ingresa}) \cdot T(\text{sale})}{P(\text{sale}) \cdot T(\text{ingresa})}$$

$$\frac{V(\text{sale})}{V(\text{ingresa})} = \frac{P(\text{ingresa}) \cdot T(\text{sale})}{P(\text{sale}) \cdot T(\text{ingresa})}$$

**Si la relación
Q (ingresa) y
Q (sale) está
dentro del:**

COMENTARIO

Menor al 10%

Es muy aceptable, pues está dentro los errores de mediciones de la mayoría de equipos.

10% - 25%

Es aceptable, promediar los dos Q para hallar el Q (del ambiente) puede ser válido.

Mayor al 25%

Hay demasiado error se, tiene que volver a realizar las mediciones.

Para tener una mejor comprensión del modelamiento es necesario también comprende algunas propiedades químicas, tales como la presión de vapor.

Modelos de saturación por presión de vapor:

En este sentido Patricia H. Reinke, considera el entendimiento de la presión de vapor un factor crítico, por dos razones principales. En primer lugar porque forma la base de los modelo de saturación por presión de vapor, más conocidos como SVP models. Como veremos más adelante, con el modelo SVP mas simple se puede estimar rápidamente la más desfavorable concentración de contaminante que hay en un ambiente de trabajo. En segundo lugar, la presión de vapor es un parámetro crítico en los modelos de transferencia de masa usados para predecir tasas de evaporación debido a superficie abiertas, debido al llenado de containers, etc.

Evaporación:

Es un proceso físico mediante el cual una sustancia en estado líquido pasa a estado gaseoso tras haber adquirido energía. Dicho en términos más "higienistas", evaporación es cuando debido a que una superficie líquida entra en contacto con aire (o con algún otro gas), un número de moléculas del líquido cerca de la superficie tienen la suficiente energía cinética para superar las fuerzas intermoleculares dentro del líquido y entrar en la fase gaseosa.

Estas partículas dejan el líquido, creando una mezcla líquido/vapor sobre la superficie líquida. Mientras el líquido y el gas sigan en contacto, las moléculas continuaran escapando del líquido, haciendo la fase gaseosa más concentrada con vapor.

Paralelamente en la fase gaseosa, algunas moléculas perderán energía, por lo que se condensarán a fase líquida. Entonces, luego de mucho tiempo la tasa de evaporación y condensación de las moléculas será igual, y será establecido un equilibrio entre las dos fases. La concentración de vapor en la fase gaseosa en el

equilibrio dependerá tanto de la temperatura de líquido como de su composición. Cuando un compuesto químico puro (no mezcla) está evaporando dentro de un gas ideal, la concentración del equilibrio es solo una función de la presión de vapor de la sustancia pura. Como sabrán, la presión de vapor es una variable altamente dependiente de la presión de vapor. Tanto los sólidos y líquidos tienen presión de vapor, siendo la de los sólidos mucho más baja.

Presión de vapor:

Se puede definir como la presión ejercida por un sólido o líquido puro cuando está en equilibrio con su propio vapor. En otras palabras, es la medida de la volatilidad de un sólido o líquido. En un gas ideal, por lo tanto, se pueden combinar los conceptos de presión de vapor con la Ley de Dalton, para estimar la concentración de las moléculas evaporadas de un líquido en la fase gaseosa en el equilibrio.

Ley de Dalton – Presiones Parciales:

“La presión total de una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones ejercidas por cada uno de los componentes de la mezcla”

$$P(\text{total}) = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + \dots + p_n$$

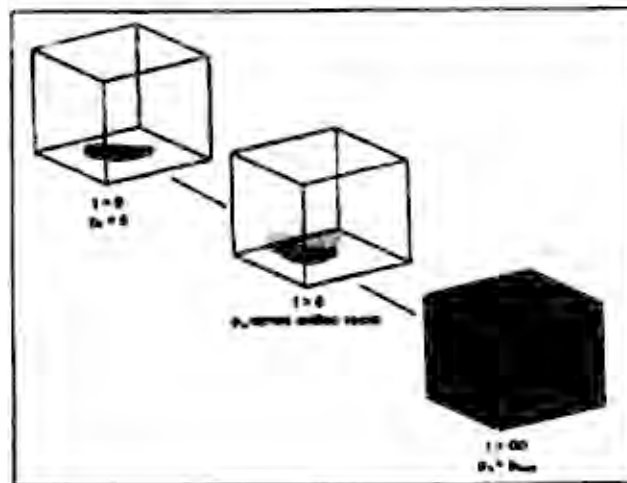
Ahora de acuerdo a ley de gas ideal, deducimos:

$$\frac{p_a}{P_{\text{total}}} = \frac{n_a}{n_{\text{total}}} = \text{fracción molar} = y_a$$

Entonces si la presión de vapor de un líquido puro en equilibrio con un gas ideal es conocida, podemos determinar la fracción molar de las moléculas de vapor en la fase gaseosa. Esta es la base de los modelos SVP (Reinke).

Modelo:

Imaginemos un líquido derramado sobre la superficie de un cuarto cerrado, este empieza a evaporarse.



En el grafico (Reinke), conforme avanza el tiempo la concentración de vapor (contaminante) en el aire aumenta. Este movimiento de moléculas es conocido como dispersión, y con la generación, es una de las dos consideraciones críticas para el modelamiento de aire interior.

La dispersión puede ocurrir por varios mecanismos tales como difusión molecular, advección y dispersión turbulenta (también llamada difusión turbulenta - Mark Nicas).

De la Ley de Dalton, cuando el sistema está en equilibrio ($t = \infty$), entonces las partes por millón del contaminante por volumen pueden ser escritas así:

$$\text{ppm}_v = y_v \times 10^6 = \frac{P_{\text{Avapor}}}{P_{\text{atm}}} \times 10^6$$

La ecuación arriba mostrada es el modelo básico de SVP.

Se dice básico, pues se han asumido ciertas condiciones: El cuarto está totalmente

cerrado, es decir no hay ventilación ni ingreso ni salida de aire; también se asume que hay suficiente líquido para alcanzar el equilibrio.

Como ya se dijo antes, este modelo representa una sobreestimación, el caso más desfavorable.

Al respecto, Jayjock dice que se debe tener en cuenta que el modelo SVP sobreestima la concentración en un orden de 1 a 4.

El modelo anterior, asume que existe suficiente líquido para saturar todo el aire del cuarto. En caso exista evaporación completa, este modelo puede ser aplicado:

$$\text{ppm}_a = \frac{V_{\text{Alíquido}} * \rho_{\text{Alíquidos}} * RT}{MW_a * P_{\text{atm}} * V_{\text{cuarto}}} \times 10^6$$

Donde:

$V_{\text{Alíquido}}$ = Volumen de líquido evaporado

$\rho_{\text{Alíquidos}}$ = Densidad del líquido

MW_a = Peso molecular del líquido

T = Temperatura absoluta

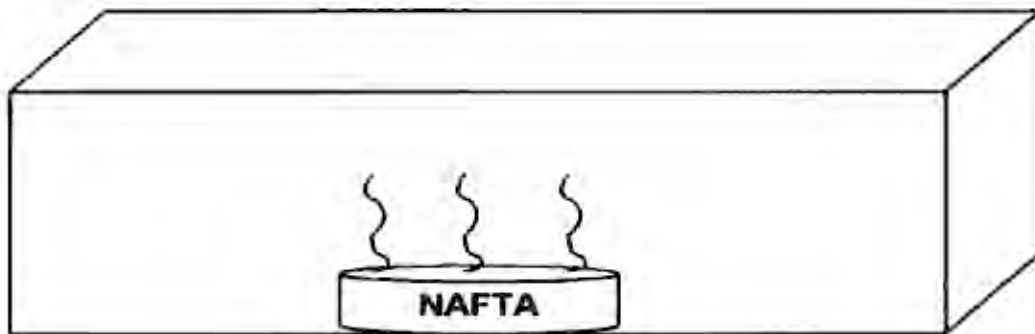
V_{cuarto} = Volumen del cuarto

P_{atm} = Presión atmosférica

R = Constante de los gases

CASO APLICATIVO: Benceno en un cuarto

Un recipiente con Nafta (CAS 8030-30-6), se deja descubierto. (1) Apliquemos el modelo SVP para estimar la concentración más desfavorable de Nafta en el aire del cuarto. La NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards considera la presión de vapor del benceno a 68°F (20°C) de menos de 5mmHg. Considerando que había 2 pies cúbicos de Nafta en un cuarto de 30 pies x 40 pies x 20 pies, la densidad del Nafta a dichas condiciones es de 58 lbm/pie³ y el peso molecular de 110. (2) Calcular la concentración de benceno si se evapora completamente de forma uniforme.



(1)

$$\begin{aligned} \text{ppm}_a &= \frac{P_{\text{Avapor}}}{P_{\text{atm}}} \times 10^6 \\ \text{ppm}_a &= \frac{5 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \times 10^6 \\ \text{ppm}_a &= 6580 \text{ ppm} \end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned} \text{ppm}_a &= \frac{V_{\text{Alíquido}} \cdot \rho_{\text{Alíquidos}} \cdot RT}{MW_a \cdot P_{\text{atm}} \cdot V_{\text{cuarto}}} \times 10^6 \\ \text{ppm}_a &= \frac{(2 \text{ pies}^3) \cdot \left(58.0 \frac{\text{lbm}}{\text{pies}^3}\right) \cdot \left(0.7302 \frac{\text{pies}^3 \cdot \text{atm}}{\text{lb. mol} \cdot R}\right) \cdot (68 + 460)R}{\left(110 \frac{\text{lb}}{\text{lb. mol}}\right) \cdot (1 \text{ atm}) \cdot (24000 \text{ pies}^3)} \times 10^6 \\ \text{ppm}_a &= 16941 \text{ ppm} \end{aligned}$$

8. APENDICE B: MANUAL DE ESTRATEGIAS DE MUESTREO PARA AGENTES QUÍMICOS

"L'évaluation des resultants ne doit pas se borner à une simple comparaison mathématique de 2 nombres, car ceux-ci sont entaché d'une large incertitude..."

Horacio Herrera, IST-Suisse

1. INTRODUCCIÓN:

La teoría de la probabilidad constituye la base matemática para la aplicación de la estadística inferencial en Higiene Industrial. El cálculo de probabilidades constituye una herramienta que permitirá hacer inferencia sobre distintos parámetros a partir de los resultados obtenidos en una muestra, y después tomar decisiones con el mínimo riesgo de equivocación en situaciones de incertidumbre.

Los datos obtenidos en cuanto a mediciones deberán ser descritos de la siguiente manera:

- Numero de muestras, valores máximos y mínimos.
- Rango, media, mediana, media geométrica y desviación estándar.

Una de las bases fundamentales del control estadístico de la calidad es la inferencia estadística. Por ello, la determinación del tipo de distribución correspondiente a un conjunto de datos provenientes del estudio es absolutamente necesaria. Las pruebas de ajuste permiten probar el ajuste de los resultados de un experimento a una distribución de probabilidad teórica sujeto a un error α nivel de confianza.

En cada uno de los escenarios de muestreo se deberá considerar la variabilidad de la muestra. En el caso de Agentes químicos consideramos una distribución logaritmico – normal o log normal, esto quiere decir que son los logaritmos de las concentraciones los que se distribuyen normalmente.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO:

2.1. Agente Químico

- Sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética
- Polvo, humos, gas o vapor
- Irritante, corrosivo, asfixiante o tóxico
- Probabilidad de lesionar la salud de las personas

2.2. Forma en las que se presenta:

AEROSOLE: Dispersiones de partículas sólidas o líquidas, de tamaño inferior a 100 micras en un medio gaseoso.

- Polvo (Dust): Suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño (entre 0,1 y 25 micras).
- Nieblas (Mist): Suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido (0,01 – 10 micras) (Condensado gaseoso o desintegración de un líquido).
- Bruma (Fog): Suspensión en el aire de gotas líquidas (entre 2 y 60 micras) (Condensación de estado gaseoso).
- Humo (Smoke): Suspensión en el aire de partículas sólidas (<0,1 micras) de procesos de combustión incompleta.
- Humo metálico (Fume): Suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas de condensación de estado gaseoso.

GASES: Estado físico normal de una sustancia a 20 ° C y 760 mmHg de presión. Son fluidos amorfos que ocupan el espacio que los contiene. Son de tamaño molecular.

VAPOR: Fase gaseosa de una sustancia ordinariamente sólida o líquida a 20 ° C y 760 mmHg de presión. Es de tamaño molecular.

2.3. Efectos: Enfermedades Profesionales

Listado de Enfermedades Profesionales

- Resolución Ministerial N° 480-2008/MINSA "Norma Técnica de Salud que establece el Listado de Enfermedades Profesionales".
- NTS 068- MINSA/DGSP-V1 "Norma Técnica de Salud que establece el listado de enfermedades profesionales"

3. RECONOCIMIENTO (Identificación del Agente Contaminante Presente)

- Identificar los riesgos potenciales a la salud y la toxicidad o efectos a la salud asociados.
- Analizar hojas de seguridad (MSDS) y/o documentación técnica relacionada.
- ¿Qué? Se definen que agentes se deben estudiar.

3. EVALUACIÓN HIGIÉNICA

Objetivo: Valoración de Riesgos a la Salud Ocupacional debido a Agentes Químicos. (Tomado de la TESIS – Idan Cabello 2010)

- La determinación se basa en la comparación entre los Límites Permisibles y los datos obtenidos por medición.
- Para la evaluación higiénica se realiza mediante medición, se tiene que estimar el Factor de Exposición. (Ver Índice de Exposición – Tesis página 57)
- Para ello necesitamos disponer de procedimientos necesarios para establecer la estrategia de muestreo adecuado.
- Tener en cuenta que no existe estrategia óptima para todos los casos.

3.1. Planificación del Muestreo

Consideraciones previas:

- Disponibilidad y costos de equipos y personal
- Fluctuaciones de las concentraciones (diarias e interdiarias)
- Precisión y exactitud de los métodos de evaluación
- N° de muestras requerido (ver GHE)

Consideraciones para la evaluación:

- Valores estandarizados para exposiciones diarias (EC o TLV - TWA), de corta duración (EC ó TLV – STEL) u instantáneas (TLV – Ceiling)
- Número de muestras que definan la exposición laboral
- Duración del muestreo
- Periodos de la jornada a efectuar el muestreo
- Incertidumbres aleatorias del método de evaluación

Objetivo: Evaluación representativa de la exposición real.

- **¿Dónde?**
Diferentes tareas, condiciones de exposición, agentes químicos.
- **¿Cuándo?**
Según las variaciones de concentración (intradíarias, interdiarias).
- **¿Cómo?**
Método de muestreo y análisis (incertidumbres, separación de los agentes, interferencias, etc.).
- **¿Con qué?**
Equipos calibrados (limitaciones según agentes, errores, incertidumbres).
- **¿A quiénes?**
Ver grupos homogéneo de exposición (Tesis página 55).

3.2. Estrategia de muestreo

A. Elección del método de muestreo:

- Tipo de contaminante
- Dispositivo de captación
- Volumen de aire a muestrear
- Caudal de muestreo
- Cantidad mínima de muestra a recoger
- Límite de detección del método

B. Selección de los puestos de trabajo / Número de personas a muestrear:

- Proximidad al foco del contaminante
- Recorrido de las corrientes de aire natural o forzada (usar anemómetro)
- Duración de la jornada de trabajo
- Determinar Grupos Homogéneos de Exposición

C. Número de muestras a tomar y duración:

- Muestras consecutivas en período completo
- Muestra única en período completo o parcial
- Muestra completa en período parcial
- Muestras puntuales

Criterios de Valoración:

- Valores límite permisible
- Límites de desviación

4. EVALUACIÓN POR GRUPO DE EXPOSICIÓN HOMOGÉNEA

- Definición y determinación de grupos homogéneos de exposición (GHE)
- Número de trabajadores a muestrear por GHE
- Tipo de muestreo, número de muestras y tiempo de duración

4.1. Grupo homogéneo de exposición (GHE)

Viene definido por la asociación entre una función de trabajo y un agente químico (o varios), en un ambiente dado.

- A nivel cualitativo: Grupo de trabajadores que realizan tareas correspondientes a una misma exposición.
- A nivel cuantitativo: Grupo de trabajadores expuestos a una concentración que esté comprendida entre $0.5 \times$ Concentración Media del GHE y $2 \times$ Concentración Media del GHE.

4.2. Nº de trabajadores a muestrear por GHE

En el capítulo 3, mencioné acerca de los GHE (Grupos Homogéneos de Exposición), al respecto la norma UNE-EN 689 considera una distribución logarítmico-normal, así mismo, recomienda elegir como mínimo 1 trabajador por cada 10 que constituyan un GHE.

Sin embargo, considero más riguroso, el método de la NIOSH (Leidel, Busch, Lynch), pero no utiliza los principios de distribución lognormal sino la hipergeométrica.

Siendo la hipótesis (H):

H: En el grupo muestreado al azar se encuentra al menos uno de los trabajadores de exposición más alta.

$$p = \frac{\binom{N_0}{x} \binom{N-N_0}{n-x}}{\binom{N}{n}} \quad ; \text{ donde: } \binom{N}{n} = \frac{N!}{n!(N-n)!}$$

n: Número de trabajadores que se muestrean.

N₀: El número de trabajadores de mayor exposición dentro del GHE.

N: Es el número de trabajadores en el GHE.

p: Es la probabilidad de que, entre los n muestreados, se incluyan x de los N₀ de mayor exposición.

La tabla abajo mostrada, es un extracto del Occupational Exposure Sampling Strategy, 1977.

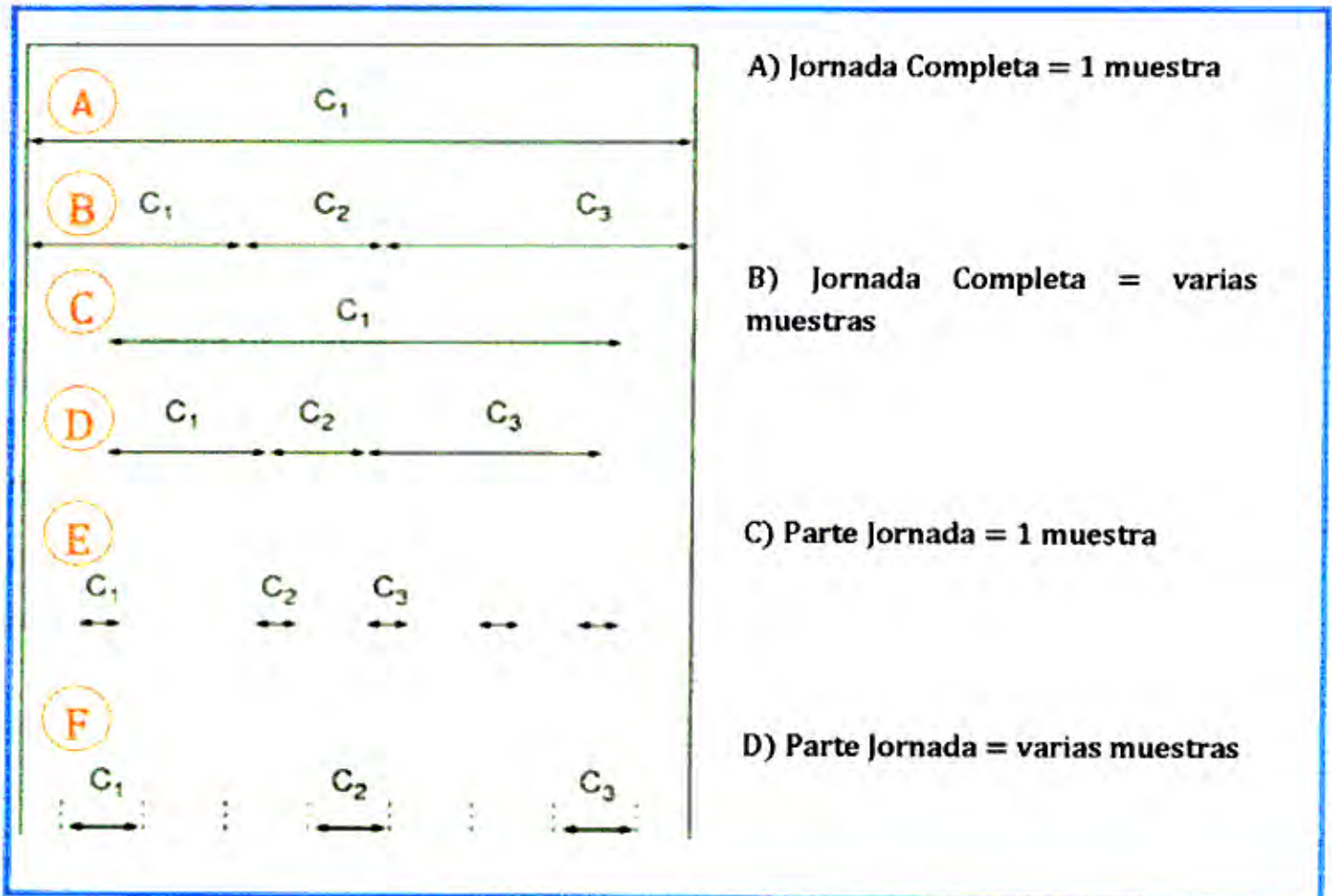
N	8	9	10	11	13	15	18	21	25	30	38	50	>5	N₀=0.1
				-	-	-	-	-	-	-	-		0	N
				12	14	17	20	24	29	37	49			
n	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22	P=0.1

Se entiende así, si de un GHE de 30 trabajadores (N=30), se eligen al azar 16 para realizar las mediciones, la probabilidad de muestrear al menos 1 de los 3 (N₀=0.1N=3) de máxima exposición es del 90% (1-p=0.90).

Dicho de otra forma, se deben muestrear 16 trabajadores (n=16) de un GHE de 30 (N=30) si se pretende tener una probabilidad del 10% (p=0.1) de que entre los 16 no se encuentre ninguno correspondiente al 10% de mayor exposición (N₀=0.1N=3).

4.4. N° de Muestras

4.4.1. Tipo de Muestreo



Los modelos de muestreo A, B, C y D suponen obtener la exposición diaria mediante muestras representativas.

- En los casos A y B de la totalidad de la jornada.
- En los casos C y D de una parte de la jornada (70% - 80% de la misma, extrapolable al resto de la jornada)

El número de muestras debe equivaler al menos al 25% del tiempo de un periodo homogéneo de exposición

4.4.2. N° mínimo de muestras a tomar según duración de la muestra:

Duración de la muestra	N° mínimo de muestras
10 seg (ej: lectura directa)	30
1 min (ej. Colorimétricos)	20
5 min (ej: colorimétricos)	12
15 min (ej: tubos sorbentes)	4
30 min (ej: tubos sorbentes)	3
1 hora (ej: filtros)	2
>2 horas (ej: filtros)	1

4.5. Tiempo de duración de las muestras

4.5.1. Tiempo mínimo de duración de una muestra: (Para una jornada de 8 horas)

$$\text{Tiempo de muestra (minutos)} = \frac{\text{Límite de Detección } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{muestra}}\right)}{\text{TLV} - \text{TWA} \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}\right) * \text{Caudal (lpm)}}$$

Ojo: Tener en cuenta que el Límite de Detección está establecido en el método analítico.

4.5.2. Para valorar exposiciones de corta duración: (exposiciones cortas de 15 minutos)

$$\text{Límite de Detección} \leq \text{TLV} - \text{STEL} * \text{Caudal} * 15$$

Ojo: Considerar que el tiempo máximo de duración de la muestra también está limitado por el método analítico.

4.6. Resultados de las Mediciones (Ver 4.4.1.)

$$\text{TIPO A: } ED = C_1$$

$$\text{TIPO B: } ED = C_1 = (\sum C_i * t_i / \sum t_i)$$

$$\text{TIPO C: } ED = C_1 * T/8$$

$$\text{TIPO D: } ED = (\sum C_i * t_i) * (T/8) / (\sum t_i)$$

- Si los datos corresponden a una sola jornada de trabajo deben considerarse los errores aleatorios en la analítica e instrumentos de muestreo. (Ver 5.3)
- Si se dispone de datos de más de una jornada, el tratamiento estadístico engloba a los errores del muestreo y del análisis de las muestras. (Ver 5.4)

5. EVALUACIÓN INICIAL

5.1. Evaluación exposición diaria ED

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para jornada laboral real, y referida a una jornada estándar de 8 horas. El agente químico deberá tener TLV-TWA o equivalente.

Etapa 1.- División de la jornada en períodos de exposición uniforme:

- Tareas
- Comprobar concentración entre 0,5 y 2 veces (GHE)

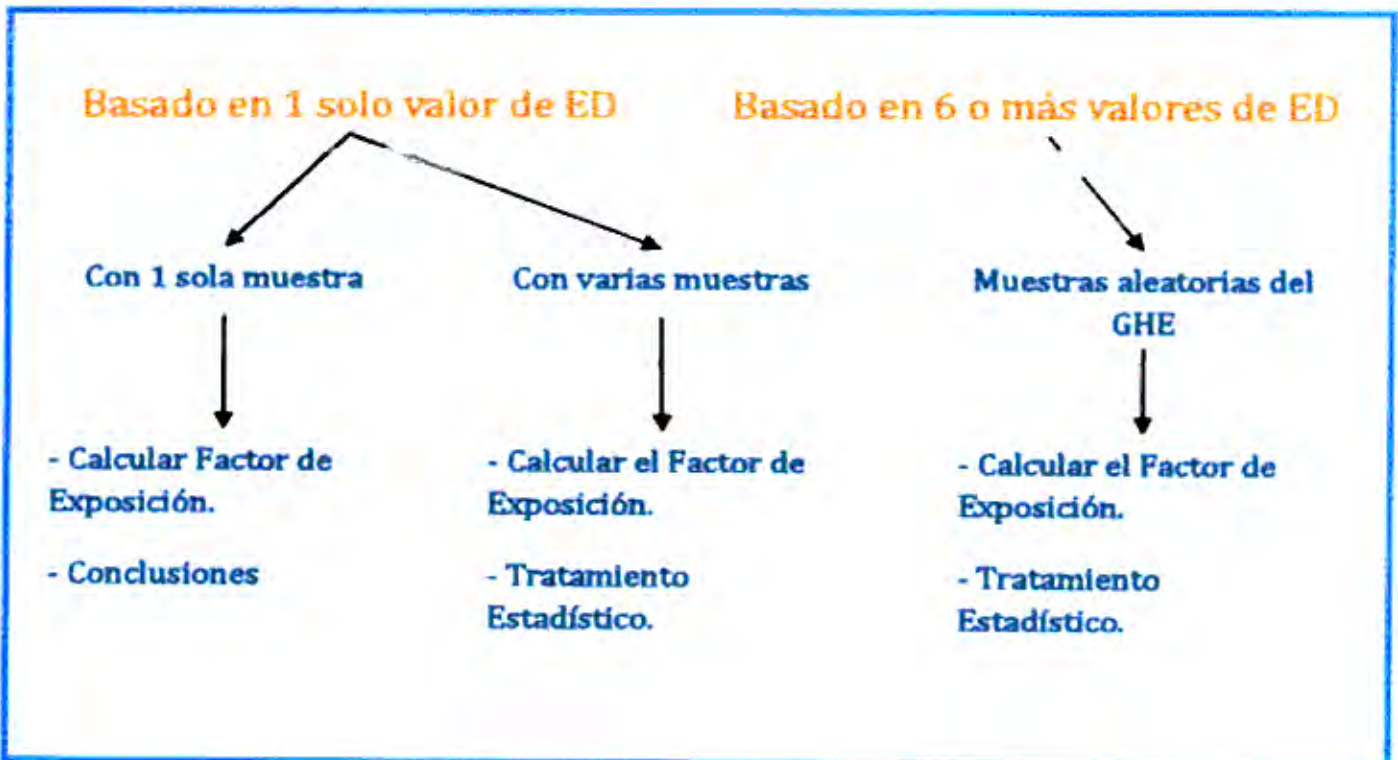
Etapa 2.- Muestreo y cálculo de la concentración media de cada período de exposición uniforme:

- Período completo – muestra única
- Período completo – muestras consecutivas
- Período parcial – muestra única
- Período parcial – varias muestras
- Muestreo puntual aleatorio
- Muestreo de ciclos

Etapa 3.- Cálculo de la ED de la jornada

$$ED = \sum C_i * t_i / 8$$

5.2. Valoración de la ED a largo plazo



5.3. Valoración de la ED, basado en un solo valor

5.3.1. Para un agente:

- Obtener el valor de ED
- Calcular el Factor de Exposición I (ver Capítulo 4 de la Tesis)
- Conclusiones

$I \leq 0.1$ Exposición **ACEPTABLE**

$I > 1$ Exposición **INACEPTABLE**

$0.1 < I \leq 1$ **INDETERMINACIÓN(*)**

(*) En caso haya indeterminación:

Obtener 2 datos más (para que sean 3) de jornadas diferentes pero que no varien de condiciones de trabajo, las cuales deben ser no consecutivas y elegidas al azar.

$$I_1, I_2, I_3 \quad MG = (I_1 * I_2 * I_3)^{1/3}$$

$I_1, I_2 \text{ o } I_3 > \text{Exposición Inaceptable}$

$I_1, I_2 \text{ o } I_3 < 0.25 \text{ o } MG \leq 0.5 \text{ Exposición Aceptable}$

$MG > 0.5 \text{ Indeterminación}$

Tratamiento Estadístico para exposición estadística en caso de Indeterminación

Se calcula el logaritmo natural de las concentraciones y la desviación típica de la función.

$$S = \left(\left(\sum \ln x - X \right)^2 / n - 1 \right)^{1/2}$$

$$Z = (Y - \ln x) / S \text{ siendo } Y = \ln (\text{OEL corregido})$$

El valor de Z en las tablas de distribución normal es N

$$P = 1 - N$$

$P < 0.005$ *Exposición Aceptable*

$P \geq 0.01$ *Exposición Inaceptable*

$0.005 \leq P < 0.01$ *Indeterminación*

Ejemplo Práctico 1: Polvo Total en Planta Concentradora

Se han tomado cuatro muestras a la exposición de Polvo durante un periodo de 8 horas, obteniendo los siguientes resultados:

Concentración (mg/m ³)	Tiempo de Muestreo (horas)
5.0	1.5
6.6	2.5
7.8	1.0
6.0	2.0

Límite permisible Polvo Total = 10 mg/m³

6. Mediciones Periódicas de Exposición

Cuando los resultados de la evaluación inicial no permiten una conclusión aceptable o inaceptable y no se estima justificado tomar medidas adicionales de control, por el momento, o no es posible introducirlas. Es una situación tolerable, no se supera el valor límite, pero presente un riesgo de deriva.

Las mediciones periódicas deben cumplir:

- a) Establecer la tendencia de la exposición. Medidas correctoras antes de superar el TLV.
- b) Ajustar de modo flexible la frecuencia de las mismas a la exposición real.

MEDICIONES PERIODICAS

1. Frecuencia Inicial: 16 semanas (*)

2. Frecuencias sucesivas (**)

$I \leq 0.25 \rightarrow$ nueva medicion luego de 64 semanas

$0.25 < I \leq 0.50 \rightarrow$ medicion luego de 32 semanas

$I > 0.50 \rightarrow$ medicion a las 16 semanas

Si en alguna medicion: $I > 1 \rightarrow$ Exp. Inaceptable

Si en mediciones sucesivas: $I \leq 0.1 \rightarrow$ Exp. Aceptable

(*) Siguietes a la evaluación inicial

(**) Respecto a la anterior medición periódica

9. APÉNDICE C: CÓDIGO DEL SOFTWARE HIGO 1.1.

```

/*
 * Higo22.java
 *
 * Created on 5 de junio de 2009, 13:09
 */

package ProyectoHigo;

import java.awt.event.KeyEvent;
import java.io.File;
import java.io.FileWriter;
import java.io.IOException;
import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.SQLException;
import java.sql.Statement;
import java.util.*;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;
import javax.accessibility.AccessibleContext;
import javax.swing.*;
import java.text.*;
//import java.util.Timer;
import javax.swing.text.BadLocationException;

/**
 *
 * @author Administrador
 */
public class Higo22 extends javax.swing.JFrame {

    /** Creates new form Higo22 */

    public Higo22() {
        initComponents();
        modNombres1=new DefaultListModel();
        jList1.setModel(modNombres1);
        modNombres2=new DefaultListModel();
        jList2.setModel(modNombres2);
        Date tiempo=new Date();
        //String tmp="";

        SimpleDateFormat tmp=new SimpleDateFormat("yyyy/MM/dd");
        // tmp.valueOf(tiempo.getTime());
        jTextField3.setText(tmp.format(tiempo));
        //jTextField3.setText();
    }

    public void conexion(){
        try {
            String url = "jdbc:odbc:MS Access Database;DBQ="+Higo1.RutaBD;
            Class.forName("sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver");
            con = DriverManager.getConnection(url, "", "");
            System.out.println("Conexion exitosa");
        }
    }
}

```

```

    //Statement sentencia = con.createStatement();
} catch (SQLException ex) {
    Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
} catch (ClassNotFoundException ex) {
    Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
}
//Statement sentencia = con.createStatement();
}

/** This method is called from within the constructor to
 * initialize the form.
 * WARNING: Do NOT modify this code. The content of this method is
 * always regenerated by the Form Editor.
 */
// <editor-fold defaultstate="collapsed" desc="Generated Code">
private void initComponents() {

    jScrollPane1 = new javax.swing.JScrollPane();
    jList1 = new javax.swing.JList();
    jScrollPane2 = new javax.swing.JScrollPane();
    jList2 = new javax.swing.JList();
    jLabel1 = new javax.swing.JLabel();
    jLabel2 = new javax.swing.JLabel();
    jLabel3 = new javax.swing.JLabel();
    jButton1 = new javax.swing.JButton();
    jButton2 = new javax.swing.JButton();
    jButton3 = new javax.swing.JButton();
    jLabel4 = new javax.swing.JLabel();
    jLabel5 = new javax.swing.JLabel();
    jButton4 = new javax.swing.JButton();
    jTextField1 = new javax.swing.JTextField();
    jTextField2 = new javax.swing.JTextField();
    jTextField3 = new javax.swing.JTextField();
    jTextField4 = new javax.swing.JTextField();
    jTextField5 = new javax.swing.JTextField();
    jLabel6 = new javax.swing.JLabel();
    jButton5 = new javax.swing.JButton();
    jLabel7 = new javax.swing.JLabel();
    jButton6 = new javax.swing.JButton();
    jButton7 = new javax.swing.JButton();
    jMenuBar1 = new javax.swing.JMenuBar();
    jMenu1 = new javax.swing.JMenu();
    jMenuItem1 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenuItem3 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenuItem7 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenuItem4 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenu2 = new javax.swing.JMenu();
    jMenuItem5 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenuItem6 = new javax.swing.JMenuItem();

    setDefaultCloseOperation(javax.swing.WindowConstants.EXIT_ON_CLOSE);
    setTitle("Bienvenidos a HIGO 1.1 ");
    setResizable(false);
    addWindowListener(new java.awt.event.WindowAdapter() {
        public void windowClosed(java.awt.event.WindowEvent evt) {
            formWindowClosed(evt);
        }
    });

    jList1.setModel(new javax.swing.AbstractListModel() {
        String[] strings = { "Item 1", "Item 2", "Item 3", "Item 4", "Item 5" };
        public int getSize() { return strings.length; }
        public Object getElementAt(int i) { return strings[i]; }
    });

```

```

));
jList1.addKeyListener(new java.awt.event.KeyAdapter() {
    public void keyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
        jList1KeyPressed(evt);
    }
    public void keyTyped(java.awt.event.KeyEvent evt) {
        jList1KeyTyped(evt);
    }
});
jScrollPane1.setViewportViewView(jList1);

jList2.setModel(new javax.swing.AbstractListModel() {
    String[] strings = { "Item 1", "Item 2", "Item 3", "Item 4", "Item 5" };
    public int getSize() { return strings.length; }
    public Object getElementAt(int i) { return strings[i]; }
});
jScrollPane2.setViewportViewView(jList2);

jLabel1.setText("Nombre");

jLabel2.setText("Empresa");

jLabel3.setText("Fecha");

jButton1.setText("Agregar>>");
jButton1.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jButton1ActionPerformed(evt);
    }
});
jButton1.addKeyListener(new java.awt.event.KeyAdapter() {
    public void keyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
        jButton1KeyPressed(evt);
    }
});

jButton2.setText("<<Quitar");
jButton2.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jButton2ActionPerformed(evt);
    }
});

jButton3.setText("Aceptar");
jButton3.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {
    public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
        jButton3MouseClicked(evt);
    }
});
jButton3.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jButton3ActionPerformed(evt);
    }
});

jLabel4.setText("Por Nombre");

jLabel5.setText("Por CAS");

jButton4.setText("Buscar");
jButton4.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jButton4ActionPerformed(evt);
    }
});

```



```

));

jTextField1.setText("Ingrese su nombre");
jTextField1.addFocusListener(new java.awt.event.FocusAdapter() {
    public void focusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
        jTextField1FocusGained(evt);
    }
});

jTextField2.setText("Ingrese el nombre de su empresa");
jTextField2.addFocusListener(new java.awt.event.FocusAdapter() {
    public void focusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
        jTextField2FocusGained(evt);
    }
});

jTextField3.setBackground(new java.awt.Color(102, 102, 102));
jTextField3.setEditable(false);
jTextField3.setText("Fecha actual");
jTextField3.addFocusListener(new java.awt.event.FocusAdapter() {
    public void focusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
        jTextField3FocusGained(evt);
    }
});

jTextField4.setText("Nombre del compuesto");
jTextField4.addFocusListener(new java.awt.event.FocusAdapter() {
    public void focusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
        jTextField4FocusGained(evt);
    }
});
jTextField4.addKeyListener(new java.awt.event.KeyAdapter() {
    public void keyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
        jTextField4KeyPressed(evt);
    }
});

jTextField5.setText("CAS del compuesto");
jTextField5.addFocusListener(new java.awt.event.FocusAdapter() {
    public void focusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
        jTextField5FocusGained(evt);
    }
    public void focusLost(java.awt.event.FocusEvent evt) {
        jTextField5FocusLost(evt);
    }
});
jTextField5.addKeyListener(new java.awt.event.KeyAdapter() {
    public void keyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
        jTextField5KeyPressed(evt);
    }
});

jLabel6.setText("Seleccionar por");

jButton5.setText("Matriz Riesgo");
jButton5.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {
    public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
        jButton5MouseClicked(evt);
    }
});

jLabel7.setText("Seleccionar Agentes");

jButton6.setText("Metodo Muestreo");

```

```

jButton6.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {
    public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
        jButton6MouseClicked(evt);
    }
});

jButton7.setEnabled(false);
jButton7.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {
    public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
        jButton7MouseClicked(evt);
    }
});

jMenu1.setMnemonic('M');
jMenu1.setText("Menu");

jMenuItem1.setAccelerator(javax.swing.KeyStroke.getKeyStroke(java.awt.event.KeyEvent.VK_N,
java.awt.event.InputEvent.CTRL_MASK));
jMenuItem1.setText("Nuevo");
jMenuItem1.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jMenuItem1ActionPerformed(evt);
    }
});
jMenu1.add(jMenuItem1);

jMenuItem3.setAccelerator(javax.swing.KeyStroke.getKeyStroke(java.awt.event.KeyEvent.VK_G,
java.awt.event.InputEvent.CTRL_MASK));
jMenuItem3.setText("Guardar");
jMenuItem3.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jMenuItem3ActionPerformed(evt);
    }
});
jMenu1.add(jMenuItem3);

jMenuItem7.setAccelerator(javax.swing.KeyStroke.getKeyStroke(java.awt.event.KeyEvent.VK_P,
java.awt.event.InputEvent.CTRL_MASK));
jMenuItem7.setText("Imprimir Reporte");
jMenuItem7.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {
    public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
        jMenuItem7MouseClicked(evt);
    }
});
jMenuItem7.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jMenuItem7ActionPerformed(evt);
    }
});
jMenu1.add(jMenuItem7);

jMenuItem4.setAccelerator(javax.swing.KeyStroke.getKeyStroke(java.awt.event.KeyEvent.VK_S,
java.awt.event.InputEvent.CTRL_MASK));
jMenuItem4.setText("Salir");
jMenuItem4.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jMenuItem4ActionPerformed(evt);
    }
});
jMenu1.add(jMenuItem4);

jMenuBar1.add(jMenu1);

jMenu2.setMnemonic('A');

```



```

        addGap(12, 12, 12))
        addGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING
layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING)
        .addComponent(jButton2, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
        .addComponent(jButton1, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 97,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))))
        .addComponent(jLabel7, javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING))
        .addGap(18, 18, 18)
        addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
        .addComponent(jButton7, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 182, Short.MAX_VALUE)
        .addComponent(jButton6, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 182, Short.MAX_VALUE)
        .addComponent(jScrollPane2, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 182, Short.MAX_VALUE)
        .addComponent(jButton5, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 182, Short.MAX_VALUE))
        .addGap(108, 108, 108))
        addGroup(layout.createSequentialGroup()
        .addGap(165, 165, 165)
        .addComponent(jButton4)
        .addContainerGap(803, Short.MAX_VALUE))
    );
    layout.setVerticalGroup(
    layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
    .addGroup(layout.createSequentialGroup()
        .addGap(32, 32, 32)
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING)
        .addGroup(layout.createSequentialGroup()
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE)
        .addComponent(jTextField1, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
        .addComponent(jLabel1, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 23,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
        .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.UNRELATED)
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE)
        .addComponent(jTextField2, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
        .addComponent(jLabel2)))
        .addComponent(jButton5, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 34,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
        .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
        .addGroup(layout.createSequentialGroup()
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
        .addGroup(layout.createSequentialGroup()
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
        .addGroup(layout.createSequentialGroup()
        .addGap(26, 26, 26)
        .addComponent(jLabel7)
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING)
        .addGroup(layout.createSequentialGroup()
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING)
        .addGap(35, 35, 35)
        .addComponent(jLabel6)
        .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.UNRELATED)
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE)
        .addComponent(jLabel4)
        .addComponent(jTextField4, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
        .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED, 50,
Short.MAX_VALUE)
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE)
        .addComponent(jLabel5)
        .addComponent(jTextField5, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
        .addGap(58, 58, 58))
        .addGroup(layout.createSequentialGroup()
        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
        .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
        .addComponent(jButton1)
        .addGap(18, 18, 18)

```

```

        .addComponent(jButton2)
        .addGap(66, 66, 66)))
    .addGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING, layout.createSequentialGroup()
    .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
    .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE)
    .addComponent(jTextField3, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
    .addComponent(jLabel3))
    .addComponent(jButton6, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
    .addGap(10, 10, 10)
    .addComponent(jButton7, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.UNRELATED)
    .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
    .addComponent(jScrollPane2, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
    .addComponent(jScrollPane1, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)))
    .addGap(14, 14, 14)
    .addComponent(jButton4)
    .addContainerGap()
    .addGroup(layout.createSequentialGroup()
    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED,
Short.MAX_VALUE)
    .addComponent(jButton3)
    .addGap(33, 33, 33)))
    );

    pack();
} // </editor-fold>

private void jButton2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:

    modNombres2.removeElement(jList2.getSelectedValue());
}

private void jButton3ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jMenuItem1ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:

    alfa1=false;
    alfa2=false;
    alfa3=false;
    alfa4=false;
    alfa5=false;
    jTextField1.setText("Ingrese su Nombre");
    jTextField2.setText("Ingrese el nombre de su Empresa");
    jTextField4.setText("Nombre del compuesto");
    jTextField5.setText("CAS del compuesto");

    modNombres1.removeAllElements();
    modNombres2.removeAllElements();
}

private void jButton3MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

```

```

new Higo3().setVisible(true);
//new Higo9().setVisible(false);
AccessibleContext cadenas = jList2.getAccessibleContext();
try {
    // TODO add your handling code here:

    String url = "jdbc:odbc:MS Access Database:DBQ="+Higo1.RutaBD;
    Class.forName("sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver");
    Connection con1 = DriverManager.getConnection(url, "", "");
    System.out.println("Conexion exitosa");
    Statement sentencia = con1.createStatement();

    Higo3.jTable1.updateUI();

    for(int i=0;i<modNombres2.getSize();i++){
        Higo3.jTable1.setValueAt(modNombres2.get(i), i, 0);
        Higo3.jTable2.setValueAt(modNombres2.get(i), i, 0);
    }

    for(int i=0;i<=modNombres2.size()-1;i++){
        ResultSet rs2 = sentencia.executeQuery("SELECT TWAppm FROM CAS WHERE CAS LIKE
*"+modNombres2.get(i).toString().substring(0,modNombres2.get(i).toString().length()-2)+" OR NOMBRE LIKE
*"+modNombres2.get(i).toString().substring(0,modNombres2.get(i).toString().length()-2)+"");

        while (rs2.next()) {
            String res = rs2.getString("TWAppm");
            if(res==null)
                res=" -";
            System.out.println("mirar xD!!== " + res);
            Higo3.jTable1.setValueAt(res, i, 1);
        }
    }

    for(int i=0;i<=modNombres2.size()-1;i++){
        ResultSet rs2 = sentencia.executeQuery("SELECT STELppm FROM CAS WHERE CAS LIKE
*"+modNombres2.get(i).toString().substring(0,modNombres2.get(i).toString().length()-2)+" OR NOMBRE LIKE
*"+modNombres2.get(i).toString().substring(0,modNombres2.get(i).toString().length()-2)+"");

        while (rs2.next()) {
            String res = rs2.getString("STELppm");
            //modNombres1.addElement(res);
            if(res==null)
            {
                res=" -";
            }
            Higo3.jTable1.setValueAt(res, i, 2);
            //Higo9.jTable1.setValueAt(res, i, 2);
        }
    }

    for(int i=0;i<=modNombres2.size()-1;i++){
        ResultSet rs2 = sentencia.executeQuery("SELECT Cppm FROM CAS WHERE CAS LIKE
*"+modNombres2.get(i).toString().substring(0,modNombres2.get(i).toString().length()-2)+" OR NOMBRE LIKE
*"+modNombres2.get(i).toString().substring(0,modNombres2.get(i).toString().length()-2)+"");

        while (rs2.next()) {

```



```

        String res = rs2.getString("Cppm");
        //modNombres1.addElement(res);
        if(res==null)
        {
            res="  -";
        }
        Higo3.JTable1.setValueAt(res, i, 3);
        //Higo9.JTable1.setValueAt(res, i, 2);
    }

    //Higo3.JTable1.setEditingColumn(1);
    Higo3.JTable1.setEditingColumn(2);
    Higo3.JTable1.setEditingColumn(3);

    // con.close();
}
// catch (BadLocationException ex) {
//     Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
// }
// catch (SQLException ex) {
//     Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
//     System.out.println("no funciona1");
// }
// catch (ClassNotFoundException ex) {
//     Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
//     System.out.println("no funciona2");
// }

//Higo3.JList3(cadena);

//conexion();
//mostrar();
}

private void jTextField1FocusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
    if(!alfa1){
        jTextField1.setText("");
        alfa1=true;
    }
}

private void jTextField2FocusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
    if(!alfa2){
        jTextField2.setText("");
        alfa2=true;
    }
}

private void jTextField3FocusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
    if(!alfa3){
        jTextField3.setText("");
        alfa3=true;
    }
}

private void jTextField4FocusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:

```

```

if(!alfa4){
jTextField4.setText("");
alfa4=true;
}
nombreComp=true;
indep=true;
}

private void jTextField5FocusGained(java.awt.event.FocusEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
if(!alfa5){
jTextField5.setText("");
alfa5=true;
}
CAS=true;
indep=false;
}

private void jMenuItem3ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
String N,E,F,NQ,CASG,IS1="",IS2="",IE1="",IE2="",NR1="",NR2="";
N=jTextField1.getText();
E=jTextField2.getText();
NQ=Compuesto;
CASG=jTextField5.getText();

java.util.Date fecha = new Date();
String FechaM=fecha.toString().substring(4,7);
String FechaD=fecha.toString().substring(8,10);
String FechaA=fecha.toString().substring(30,34);
String Hora=fecha.toString().substring(11,13);
String Minutos=fecha.toString().substring(14,16);
String Seg=fecha.toString().substring(17,19);
double NR=indice*Higo7.IE;
if(Higo7.IE==0.5)
{
IE1="Infirmo";
IE2="La concentración del agente es insignificante";
}
if(Higo7.IE==1)
{
IE1="Altamente controlado";
IE2="Los trabajadores tienen poco o ningún contacto";
}
if(Higo7.IE==2)
{
IE1="Bien controlado";
IE2="Los trabajadores frecuentemente tienen contacto\n
vez contacto a altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==4)
{
IE1="Controlado";
IE2="Los trabajadores frecuentemente tienen contacto\n
veces a altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==8)
{
IE1="Pobremente controlado";
IE2="Los trabajadores usualmente tienen contacto a\n
altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==16)
{
IE1="No controlado";
}

```

```

    IE2="Los trabajadores frecuentemente tienen contacto\n
}
if(Higo7.IE==32)
{
    IE1="Fuera de control";
    IE2="La concentración del contaminante supera en mas\n
}
if(NR<4&&NR>=0)
{
    NR1="Riesgo Mínimo";
    NR2="No se requiere monitoreos. Re-evaluación en caso\n
recomienda un monitoreo como mínimo cada 1 o 2 años.";
}
if(NR<8&&NR>=4)
{
    NR1="Riesgo Leve";
    NR2="Se requiere un monitoreo inicial para establecer\n
caso cambien las condiciones, se debe monitorear cada 2 años como mínimo.Acclón a tomar. COMUNICACION
SOBRE EL PELIGRO.";
}
if(NR<16&&NR>=8)
{
    NR1="Riesgo Moderado";
    NR2="Monitorear 1 vez al año. Re-evaluar en caso \n
tomar.\n"+
" * Controles de Ingeniería.\n"+
" * Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica,\n
" * Validación de los equipo de protección.\n"+
" * Vigilancia de la exposición.\n"+
" * Vigilancia médica.";
}
if(NR<32&&NR>=16)
{
    NR1="Riesgo Serio";
    NR2="Monitorear cada 6 meses y si las condiciones \n
Acciones a tomar:\n"+
" * Controles de Ingeniería.\n"+
" * Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica)\n
" * Validación de los equipo de protección.\n"+
" * Vigilancia de la exposición.\n"+
" * Vigilancia médica.";
}
if(NR<64&&NR>=32)
{
    NR1="Riesgo Severo";
    NR2="Monitorear cada 3 meses y si las condiciones\n
Acciones a tomar:\n"+
" * Controles de Ingeniería.\n"+
" * Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica)\n
" * Validación de los equipo de protección.\n"+
" * Vigilancia de la exposición.\n"+
" * Vigilancia médica.";
}
if(NR<128&&NR>=64)
{
    NR1="Riesgo Muy Severo";
    NR2="Daño inmediato a la salud humana.\n"+
Acciones a tomar:\n"+
" * Controles de Ingeniería.\n"+
" * Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica)\n
" * Validación de los equipo de protección.\n"+
" * Vigilancia de la exposición.\n"+
" * Vigilancia médica.";
}

```

a altas concentraciones";

de 10 veces el límite de exposición";

cambien las condiciones, se \n

una línea base. Re-evaluación en \n

cambian las condiciones.Acciones a

ocular, auditiva).\n"+

cambian.\n"+

, ocular, auditiva).\n"+

cambian.\n"+

, ocular, auditiva).\n"+

ocular, auditiva).\n"+


```

if(NR<256&&NR>=128)
{
  NR1="Riesgo Extremadamente Severo";
  NR2="Paralizar las actividades inmediatamente.";
}

if(indice==0)
{
  IS1="Infimo";
  IS2="No existe riesgo significativo para la salud";
}
if(indice==1)
{
  IS1="Minimo";
  IS2="Existe daño menor reversible o insignificante para la salud";
}
if(indice==2)
{
  IS1="Leve";
  IS2="Una exposición aguda al agente ocasiona daños menores y/o temporales";
}
if(indice==3)
{
  IS1="Moderado";
  IS2="Puede ocasionar daño grave a menos que se tome una acción inmediata";
}
if(indice==4)
{
  IS1="Serio";
  IS2="La exposición prolongada puede causar daños mayores y/o permanentes";
}
if(indice==6)
{
  IS1="Severo";
  IS2="A largo plazo pueden ser carcinógenos";
}
if(indice==8)
{
  IS1="Extremadamente Severo";
  IS2="Son smenazantes a la vida, su exposición debe ser controlada desde todas sus vías de
ingreso";
}
//System.out.println(fecha);
if(Higo81.reporteVal.equals("SI"))
{
  File TextFile =
File(Higo1.RutaEval+"/"+N+"_"+E+"_"+FechaM+"_"+FechaD+"_"+FechaA+"_"+Hora+"_"+Minutns+"_"+Seg+" doc");
  try {
    FileWriter TextOut = new FileWriter(TextFile, true);
    TextOut.write( " HIGO 1.1\n" +
"
"
"          HIGO1.1  \n" +
"          REPORTE DE EVALUACION DE RIESGO  \n" +
"\n" +
"  EVALUADOR\n\n" +
"  Nombre :"+N+"\n" +
"  Empresa :"+E+"\n" +
"  Fecha  :"+jTextField3.getText()+"\n" +
"\n" +
"  AGENTE QUIMICO\n\n" +
"  Nombre :"+NQ+"\n" +

```



```

        // Higo3.jTextArea1.append(res);
    }
    // new Higo3().setVisible(true);
    //jList1.setListData(listData);
    /* ResultSet rs = sentencia.executeQuery("SELECT CAS FROM CAS WHERE NOMBRE LIKE
+""+buscaCas+"%");
    while (rs.next()) {
        String res1 = rs.getInt("CAS") + "\n";

        jTextArea1.append(res1);

        //System.out.println(res);
    }
}

}
catch (SQLException ex) {
    Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
} catch (ClassNotFoundException ex) {
    Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
}

}

private void jTextField5KeyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jButton5MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jButton6MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jButton7MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jList1KeyTyped(java.awt.event.KeyEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jButton1KeyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jList1KeyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jMenuItem7MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jMenuItem7ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

private void jMenuItem4ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}

```

```

}

private void jMenuItem5ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
}

private void jMenuItem8ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
}

}

private void jMenuItem4ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
System.exit(0);
}

private void jMenuItem6ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
HyperLinker.displayURL(Higo1.RutaFT);
System.out.println("Hola5");
}

private void jMenuItem5ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
HyperLinker.displayURL(Higo1.RutaManual);
System.out.println("hola 5");
}

private void jMenuItem7ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
Impresora imp=new Impresora();
//String cadena="hola";
System.out.println("hola");
//imp.imprimir("11", "111", "11123", "123", "12", "124124", "21", cadena, cadena, cadena, cadena);
//If(variable final tiene resultado) hacemos esto
String N=jTextField1.getText(),E=jTextField2.getText(),F=jTextField3.getText();
String Q=Compuesto;
String CAS1="";
String IS1="6.1",IS2="6.1",IE1="7",IE2="7",NR1="de 6 y 7",NR2="de 6 y 7";
double NR=indice*Higo7.IE;
if(indice==0)
{
IS1="Infimo";
IS2="No existe riesgo significativo para la salud";
}
if(indice==1)
{
IS1="Minimo";
IS2="Existe daño menor reversible o insignificante para la salud";
}
if(indice==2)
{
IS1="Leve";
IS2="Una exposición aguda al agente ocasiona daños menores y/o temporales";
}
if(indice==3)
{
IS1="Moderado";
IS2="Puede ocasionar daño grave a menos que se tome una acción inmediata";
}
if(indice==4)
{
IS1="Serio";
IS2="La exposición prolongada puede causar daños mayores y/o permanentes";
}
if(indice==5)

```

```

{
  IS1="Severo";
  IS2="A largo plazo pueden ser carcinógenos";
}
if(indice==6)
{
  IS1="Extremadamente Severo";
  IS2="Son amenazantes a la vida, su exposición debe ser controlada desde todas sus vías de ingreso";
}
//String IS1="6.1",IS2="6.1",IE1="7",IE2="7",NR1="de 6 y 7",NR2="de 6 y 7";
if(Higo7.IE==0.5)
{
  IE1="Ínfimo";
  IE2="La concentración del agente es insignificante";
}
if(Higo7.IE==1)
{
  IE1="Altamente controlado";
  IE2="Los trabajadores tienen poco o ningún contacto";
}
if(Higo7.IE==2)
{
  IE1="Bien controlado";
  IE2="Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y rara vez contacto a altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==4)
{
  IE1="Controlado";
  IE2="Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y algunas veces a altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==6)
{
  IE1="Pobremente controlado";
  IE2="Los trabajadores usualmente tienen contacto a altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==16)
{
  IE1="No controlado";
  IE2="Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==32)
{
  IE1="Fuera de control";
  IE2="La concentración del contaminante supera en más de 10 veces el límite de exposición";
}
if(NR<4&&NR>=0)
{
  NR1="Riesgo Mínimo";
  NR2="No se requiere monitoreos. Re-evaluación en caso cambien las condiciones, se recomienda un monitoreo como mínimo cada 1 o 2 años.";
}
if(NR<8&&NR>=4)
{
  NR1="Riesgo Leve";
  NR2="Se requiere un monitoreo inicial para establecer una línea base. Re-evaluación en caso cambien las condiciones, se debe monitorear cada 2 años como mínimo. Acción a tomar: COMUNICACIÓN SOBRE EL PELIGRO.";
}
if(NR<16&&NR>=8)
{
  NR1="Riesgo Moderado";
  NR2="Monitorear 1 vez al año. Re-evaluar en caso cambien las condiciones. Acciones a tomar:";
}

```



```

-.*      Controles de Ingeniería."+
-.*      Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica, ocular, auditiva)."+
-.*      Validación de los equipo de protección."+
-.*      Vigilancia de la exposición."+
-.*      Vigilancia médica.";
    }
    if(NR<32&&NR>=16)
    {
        NR1="Riesgo Serio";
        NR2="Monitorear cada 6 meses y si las condiciones cambian."+
"Acciones a tomar:"+
-.*      Controles de Ingeniería."+
-.*      Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica, ocular, auditiva)."+
-.*      Validación de los equipo de protección."+
-.*      Vigilancia de la exposición."+
-.*      Vigilancia médica.";
    }
    if(NR<64&&NR>=32)
    {
        NR1="Riesgo Severo";
        NR2="Monitorear cada 3 meses y si las condiciones cambian."+
"Acciones a tomar:"+
-.*      Controles de Ingeniería."+
-.*      Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica, ocular, auditiva)."+
-.*      Validación de los equipo de protección."+
-.*      Vigilancia de la exposición."+
-.*      Vigilancia médica.";
    }
    if(NR<128&&NR>=64)
    {
        NR1="Riesgo Muy Severo";
        NR2="Daño inmediato a la salud humana."+
"Acciones a tomar:"+
-.*      Controles de Ingeniería."+
-.*      Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica, ocular, auditiva)."+
-.*      Validación de los equipo de protección."+
-.*      Vigilancia de la exposición."+
-.*      Vigilancia médica.";
    }
    if(NR<256&&NR>=128)
    {
        NR1="Riesgo Extremadamente Severo";
        NR2="Paralizar las actividades inmediatamente.";
    }
}

imp.imprimir(N, E, F, Q, CAS1, IS1, IS2, IE1, IE2, NR1, NR2);

}
private void jMenuItem7MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
Impresora imp=new Impresora();
//String cadena="hola";
System.out.println("hola");
//imp.imprimir("11", "111", "11123", "123", "12", "124124", "21", cadena, cadena, cadena, cadena);
//if(variable final tiene resultado) hacemos esto
String N=jTextField1.getText(),E=jTextField2.getText(),F=jTextField3.getText();
//String NQ="";
String IS1="6.1",IS2="6.1",IE1="7",IE2="7",NR1*"de 6 y 7",NR2="de 6 y 7";
double NR=indice*Higo7.IE;
if(indice==0)

```

```

{
  IS1="Infimo";
  IS2="No existe riesgo significativo para la salud";
}
if(indice==1)
{
  IS1="Minimo";
  IS2="Existe daño menor reversible o insignificante para la salud";
}
if(indice==2)
{
  IS1="Leve";
  IS2="Una exposición aguda al agente ocasiona daños menores y/o temporales";
}
if(indice==3)
{
  IS1="Moderado";
  IS2="Puede ocasionar daño grave a menos que se tome una acción inmediata";
}
if(indice==4)
{
  IS1="Serio";
  IS2="La exposición prolongada puede causar daños mayores y/o permanentes";
}
if(indice==5)
{
  IS1="Severo";
  IS2="A largo plazo pueden ser carcinógenos";
}
if(indice==6)
{
  IS1="Extremadamente Severo";
  IS2="Son amenazantes a la vida, su exposición debe ser controlada desde todas sus vías de ingreso";
}
//String IS1="6.1",IS2="6.1",IE1="7",IE2="7",NR1="de 6 y 7",NR2="de 6 y 7";
if(Higo7.IE==0.5)
{
  IE1="Infimo";
  IE2="La concentración del agente es insignificante";
}
if(Higo7.IE==1)
{
  IE1="Altamente controlado";
  IE2="Los trabajadores tienen poco o ningún contacto";
}
if(Higo7.IE==2)
{
  IE1="Bien controlado";
  IE2="Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y rara vez contacto a altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==4)
{
  IE1="Controlado";
  IE2="Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a bajas concentraciones y algunas veces a altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==8)
{
  IE1="Pobrementemente controlado";
  IE2="Los trabajadores usualmente tienen contacto a altas concentraciones";
}
if(Higo7.IE==16)
{

```

```

    IE1="No controlado";
    IE2="Los trabajadores frecuentemente tienen contacto a altas concentraciones";
  }
  if((Higo7.IE==32))
  {
    IE1="Fuera de control";
    IE2="La concentración del contaminante supera en más de 10 veces el límite de exposición";
  }
  if((NR<48&&NR>=0))
  {
    NR1="Riesgo Mínimo";
    NR2="No se requiere monitoreos. Re-evaluación en caso cambien las condiciones, se recomienda un
monitoreo como mínimo cada 1 o 2 años.";
  }
  if((NR<85&&NR>=4))
  {
    NR1="Riesgo Leve";
    NR2="Se requiere un monitoreo inicial para establecer una línea base. Re-evaluación en caso cambien las
condiciones, se debe monitorear cada 2 años como mínimo. Acción a tomar: COMUNICACIÓN SOBRE EL
PELIGRO.";
  }
  if((NR<165&&NR>=8))
  {
    NR1="Riesgo Moderado";
    NR2="Monitorear 1 vez al año. Re-evaluar en caso cambien las condiciones. Acciones a tomar:"
    "Controles de Ingeniería."
    "Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica, ocular, auditiva)."
    "Validación de los equipo de protección."
    "Vigilancia de la exposición."
    "Vigilancia médica.";
  }
  if((NR<325&&NR>=16))
  {
    NR1="Riesgo Serio";
    NR2="Monitorear cada 6 meses y si las condiciones cambian."
    "Acciones a tomar:"
    "Controles de Ingeniería."
    "Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica, ocular, auditiva)."
    "Validación de los equipo de protección."
    "Vigilancia de la exposición."
    "Vigilancia médica.";
  }
  if((NR<645&&NR>=32))
  {
    NR1="Riesgo Severo";
    NR2="Monitorear cada 3 meses y si las condiciones cambian."
    "Acciones a tomar:"
    "Controles de Ingeniería."
    "Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica, ocular, auditiva)."
    "Validación de los equipo de protección."
    "Vigilancia de la exposición."
    "Vigilancia médica.";
  }
  if((NR<1285&&NR>=64))
  {
    NR1="Riesgo Muy Severo";
    NR2="Daño inmediato a la salud humana."
    "Acciones a tomar:"
    "Controles de Ingeniería."
    "Equipos de protección personal (respiratoria, dérmica, ocular, auditiva)."
    "Validación de los equipo de protección."
    "Vigilancia de la exposición."
    "Vigilancia médica.";
  }
}

```



```

if(NR<256&&NR>=128)
{
    NR1="Riesgo Extremadamente Severo";
    NR2="Paralizar las actividades inmediatamente.";
}

imp imprimir(N, E, F, N, NR2, IS1, IS2, IE1, IE2, NR1, NR2);
}

private void jList1KeyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
if(evt.getKeyCode()==KeyEvent.VK_A)
    modNombres2.addElement(jList1.getSelectedValue());
}

private void jButton1KeyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
// TODO add your handling code here:evt
if(evt.getKeyCode()==KeyEvent.VK_A)
    modNombres2.addElement(jList1.getSelectedValue());
}

@SuppressWarnings("static-access")
private void jList1KeyTyped(java.awt.event.KeyEvent evt) {
// TODO add your handling code here:

if(evt.getKeyChar()=='A')
    modNombres2.addElement(jList1.getSelectedValue());
}

private void jButton6MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
try {
// TODO add your handling code here:
new Higo10().setVisible(true);
for (int i = 0; i < Higo22.modNombres2.getSize(); i++) {
    Higo10.jTable1.setValueAt(modNombres2.get(i), i, 0);
}

String url = "jdbc:odbc:MS Access Database;DBQ="+Higo1.RutaBD;
Class.forName("sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver");
Connection con1 = DriverManager.getConnection(url, "", "");
System.out.println("Conexion exitosa");
Statement sentencia = con1.createStatement();
for(int i=0;i<=modNombres2.size()-1;i++){
    ResultSet rs2 = sentencia.executeQuery("SELECT METNIOASH FROM Nioash WHERE CAS LIKE
*"+modNombres2.get(i).toString().substring(0,modNombres2.get(i).toString().length()-2)+"");

while (rs2.next()) {
String res = rs2.getString("METNIOASH")+"\n";
//modNombres1.addElement(res)
Higo10.jTable1.setValueAt(res, i, 1);
//Higo9.jTable1.setValueAt(res, i, 1);
}
}

for(int j=2;j<15;j++){
for(int i=0;i<=modNombres2.size()-1;i++){
ResultSet rs2 = sentencia.executeQuery("SELECT METNIOASH*"+j+" FROM Nioash WHERE CAS LIKE

```

```

"+modNombres2.get(i).toString().substring(0,modNombres2.get(i).toString().length()-2)+"");

    while (rs2.next()) {
        String res = rs2.getString("METNIOSH"+j)+"\n";

        //modNombres1.addElement(res);
        System.out.println(""+res.substring(0, 4)+"");
        if(res.substring(0, 4).equals("null"))
            res="";

        Higo10.JTable1.setValueAt(res, i, j);

        //Higo9.JTable1.setValueAt(res, i, 1);
    }
}

} catch (SQLException ex) {
    Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
} catch (ClassNotFoundException ex) {
    Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
}
}

private void jButton7MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
    new Higo11().setVisible(true);
    for(int i=0;i<Higo22.modNombres2.getSize();i++)
    {

        Higo11.JTable1.setValueAt(modNombres2.get(i), i, 0);
    }
}

private void jButton5MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
// TODO add your handling code here:
    if(!jList2.isSelectionEmpty()){
        try {
            //int indice = 0;
            String url = "jdbc:odbc:MS Access Database;DBQ="+Higo1.RutaBD;
            Class.forName("sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver");
            Connection con= DriverManager.getConnection(url,"","");
            Statement sentencia=con.createStatement();
            ResultSet rs1=sentencia.executeQuery("SELECT INDICE FROM INDSALUD WHERE NOMBRE LIKE
"+modNombres2.get(jList2.getSelectedIndex()).toString().substring(0,modNombres2.get(jList2.getSelectedIndex
()).toString().length()-2)+"");

            while(rs1.next()){
                indice=rs1.getInt("INDICE");
            }

            Compuesto=modNombres2.get(jList2.getSelectedIndex()).toString().substring(0,modNombres2.get(jList2.getSelect
edIndex()).toString().length()-2);
            System.out.println("este es el "+indice);
            System.out.println("Este es el compuesto"+Compuesto);

            new Higo6().setVisible(true);
            String colorTabla[]=new String[7];
            for(int i=0;i<7;i++){
                colorTabla[i]="";
            }
            colorTabla[indice]="<body bgcolor=\"YELLOW\">";

```

```

Higo6.jTable1.getColumnModel().getColumn(0).setMaxWidth(100);
Higo6.jTable1.getColumnModel().getColumn(1).setMaxWidth(60);
//Higo6.jTable1.getColumnModel().getColumn(2).setMaxWidth(720);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[0]+"INFIMO</html>", 0, 0);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[1]+"MINIMO</html>", 1, 0);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[2]+"LEVE</html>", 2, 0);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[3]+"MODERADO</html>", 3, 0);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[4]+"SERIO</html>", 4, 0);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[5]+"SEVERO</html>", 5, 0);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[6]+"SEVERO <br>CANCERIGENO</html>", 6, 0);

Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[0]+"0</html>", 0, 1);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[5]+"6</html>", 5, 1);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[6]+"8</html>", 6, 1);

for (int i = 1; i <= 4; ++i)
{
    Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[i]+" "+ i + " ", i, 1);
}

Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[0]+" "" +
    " Se le asigna un factor 0, significa que no existe riesgo signficante para la salud. Los" +
    " agentes que estan clasificados aqui son \"No sospechosos como carcinogeno en humanos
(A5) \"
    "+ son asfixiantes simples y no cuentan con limite permisible . Estos agentes no ocasionan
sensibilizacion, "+
    " ni son absorbidos via cutanea", 0, 2);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[1]+
    "<html><body> Se le asigna un factor 1,significa que no existe signficante riesgo para la salud." +
    " Los agentes que pueden ser clasificados en esta<br> categoria son el agua,materiales " +
    " inertes,asfixiantes simples(propano y metano, pero segun la ACGIH: acetileno,argón,helio,"
    " hidrogeno,neon,nitrogeno) ", 1, 2);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[2]+" "" +
    " Se le agina un factor de 2,significa que el agente ocasiona irritacion o algun otro " +
    " daño menor reversible.Los agentes clasificados<br en esta categoria son el cloruro de
calcio" +
    " ,la acetona,acidos/base con pH neutro.", 2, 2);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[3]+" "" +
    " Se le asigna un factor de 3,significa que una exposicion aguda al agente ocasiona daños
menores " +
    " y/o temporales tales como irritaciones primarias. Los agentes clasificados aqui puede ser "
    " el alcohol isopropilico,varios alcoholes,petroleos destilados,aceites,lubricantes,humos de
soldura" +
    " (aluminio,acero),gasolina. ", 3, 2);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[4]+" "" +
    " Se le asigna un factor de 4,significa que puede ocasionar daño grave a menos que se
lome" +
    " una accion inmediata o se brinde un tratamiento medico luego de una exposicion
aguda.Ocasionan" +
    " efectos cronicos cuando hay una exposicion prolongada. Los agentes clasificados aqui son
acidos/base," +
    " concentrados, oxido de etileno, solventes organicos, carcinogenos, sensibilizantes, " +
    " humos de soldura(acero inoxidable), cloruro de metileno, isocianatos y aquellos que
ocasionan daños " +
    " al higado, riñon, sistema nervioso central o al sistema reproductor", 4, 2);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html><BACKGROUND=\\\"YELLOW\\\">"+colortabla[5]+" "" +
    " Se le asigna un factor 6,lo cual significa que son amenazantes a la vida, la simple" +
    " o prolongada exposicion puede causar daños mayores y/o permanentes. Los agentes " +
    " clasificados aqui son el cianuro, acido sulfurico concentrado, sulfuro de hidrogeno.", 5, 2);
// Higo6.jTable1.setValueAt("<html><BACKGROUND=\\\"YELLOW\\\">"+colortabla[6]+" "" +
// " fila 6 ", 6, 2);
Higo6.jTable1.setValueAt("<html>"+colortabla[5]+

```



```

        "Se le asigna un factor 8, son amenazantes de la vida, su exposicion debe ser controlada" +
        "desde todas las vias de ingreso.", 6, 2);
//Higo6 jTable1 setValueAt(url, WIDTH, click5);

} catch (SQLException ex) {
    Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
} catch (ClassNotFoundException ex) {
    Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
}
}
//Higo6 jTable1.setValueAt("hola 1 1", 1, 1);
}
private void jTextField5KeyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:

    if(evt.getKeyCode()==KeyEvent.VK_ENTER)
    {
        String buscaCAS = jTextField5.getText();
        modNombres1.removeAllElements();
        try {
            // TODO add your handling code here:

            String url = "jdbc:odbc:MS Access Database;DBQ="+Higo1.RutaBD;
            Class.forName("sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver");
            Connection con = DriverManager.getConnection(url, "", "");
            System.out.println("Conexion exitosa");
            //Statement sentencia = con.createStatement();
            Statement sentencia1 = con.createStatement();

            ResultSet rs1 = sentencia1.executeQuery("SELECT CAS FROM CAS WHERE CAS LIKE
*+""+buscaCAS+""");
            while (rs1.next()) {
                String res = rs1.getString("CAS") + "\n";
                modNombres1.addElement(res);
            }
            //jList1.setListData(listData);
            //ResultSet rs = sentencia.executeQuery("SELECT CAS FROM CAS WHERE NOMBRE LIKE
*+""+buscaCas+""");
            while (rs.next()) {
                String res1 = rs.getInt("CAS") + "\n";

                jTextArea1.append(res1);

                //System.out.println(res);
            }
            con.close();

        }
        catch (SQLException ex) {
            Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
        } catch (ClassNotFoundException ex) {
            Logger.getLogger(Higo22.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
        }
    }
}
/**
 * @param args the command line arguments
 */
public static void main(String args[]) {
    java.awt.EventQueue.invokeLater(new Runnable() {
        public void run() {

```

10. CONCLUSIONES:

- a. La cuantificación de riesgos en Higiene Industrial es un proceso de gran importancia para que la Higiene Industrial, como ciencia, devenga más necesaria. Esta valoración debe ser aplicable en los Sistemas de Prevención de Riesgos, en los cuales además de una política clara, se requiere de objetivos precisos y sobre todo cuantificables para la medición del desempeño; en este caso, de la Prevención de Riesgos en Higiene Industrial.
- b. Una Evaluación de Riesgo en Higiene Industrial sin estrategia de muestreo, carece de sustento científico y desvirtúa el objetivo de esta ciencia. Las estrategias de muestreo nos permite lidiar contra la incertidumbre que está presente en todos los escenarios de muestreo, así como también definir las preguntas básicas ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Cómo?, ¿Con qué? y ¿A quienes medir?.
- c. El Modelamiento matemático es una herramienta poderosa (y aclaro, solamente una herramienta) que nos permite además de predecir exposiciones, visualizar tendencias y reducir costos de monitoreo.

10. BIBLIOGRAFIA:

- TITULO:** Occupational Exposure Sampling Strategy
AUTOR: NIOSH
AÑO: 1977
- TITULO:** Introduction a l'Hygiène du Travail
AUTOR: IST - OMS
AÑO: 2007
- TITULO:** Mathematical Models for Estimating Occupational Exposure to Chemicals
AUTOR: American Industrial Hygiene Association
AÑO: 2000
- TITULO:** Industrial Hygiene and Safety Auditing: A Manual for Practice, Second Edition
AUTOR: Craig Hollenbeck
AÑO: 2007
- TITULO:** Guidance for Conducting Control Banding Analyses
AUTOR: American Industrial Hygiene Association
AÑO: 2007
- TITULO:** Evaluation of Source Model Coupled Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulation of the Dispersion of Airborne Contaminants in a Work Environment
AUTOR: S.M. Salim, Shekar Viswanathan, Madhumita Bhowmick Ray
AÑO: 2006
- TITULO:** TLVs® and BEIs®
AUTOR: American Conference of Governmental Industrial Hygienist
AÑO: 2008

- TITULO:** Predicting Worker Exposure - The Effect of Ventilation Velocity
AUTOR: Jun Li, Ibrahim Yavuz, Ismail Celik, Steve Guffey
AÑO: 2007
- TITULO:** TLVs® and BEIs®
AUTOR: American Conference of Governmental Industrial Hygienist
AÑO: 2009
- TITULO:** Risk – Benefit Analysis
AUTOR: Richard Wilson and Edmund Crouch
AÑO: 2001
- TITULO:** Decision Analysis
 A Bayesian Approach
AUTOR: J.Q. Smith
AÑO: 1988
- TITULO:** A Bayesian Approach to Retrospective Exposure Assessment
AUTOR: Gurumurthy Ramachandran, James Vincent
AÑO: 1999
- TITULO:** The Value of EHS Software
AUTOR: William J. Daniels, Stan Salisbury; Column Editors
 Reported by Robert J. Seguy
 Applied Occupational and Environmental Hygiene
AÑO: 2002
- TITULO:** Computer Implementation of Mathematical Exposure Modelling
AUTOR: Mark Nicas, Thomas W. Armstrong
 Applied Occupational and Environmental Hygiene
AÑO: 2003
- TITULO:** I – BEAM – An Innovative Building Air Quality Software Tool
AUTOR: William J. Daniels, Stan Salisbury; Column Editors
 Reported by William Daniels and Aubrey Miller
 Applied Occupational and Environmental Hygiene
AÑO: 2002

- TITULO:** Software Review: OHS MSDS on Disk
AUTOR: Constance Wrench
AIHA Journal
AÑO: 1994
- TITULO:** Calculation of Time – Weighted Average Concentrations: A Computer Mapping Application
AUTOR: B. Jones, R.L. Harris
University of North Carolina
AÑO: 1983
- TITULO:** A Software Application for Implementing an Effective Industrial Hygiene Program, Assisting with Exposure Assessment, and Validating Management Indicators and Performance Metrics.
AUTOR: William J. Daniels, Stan Salisbury; Column Editors
Reported by Dennis A. Morgan
Applied Occupational and Environmental Hygiene
AÑO: 2001
- TITULO:** Predicting Benzene Vapor Concentrations with a Near Field - Far Field Model
AUTOR: Mark Nicas, John Neuhaus
- TITULO:** Modeling of Occupant-Generated CO₂ Dynamics in Naturally Ventilated Classrooms
AUTOR: Karem H. Barlett, Mark Martinez, Joel Bert
- TITULO:** Characterizing Historical Industrial Hygiene Data: A Case Study Involving Benzene Exposures at a Chemical Manufacturing Facility
AUTOR: Pamela Williams, Dennis Paustenbach
- TITULO:** A Proposed Methodology for Setting Occupational Exposure Limits for Hydrocarbon Solvents
AUTOR: Richard McKee, Arlean Medeiros, Wayne Daughtrey

- TITULO: Predicting Gaseous Pollutant Dispersion Around a Workplace
AUTOR: Davide Guerra, Laurent Ricciardi, Jean-Claude Laborde
- TITULO: Using a Spreadsheet to Compute Contaminant Exposure Concentrations Given a Variable Emission Rate
AUTOR: Mark Nicas, Thomas Armstrong
- TITULO: UNE-EN 689. Atmósferas en el Lugar de Trabajo
AUTOR: Unión Europea
- TITULO: Usel Effects des conditions de travail défavorables sur la santé des travailleurs et leur conséquences économiques
AUTOR: Conne-Perreard
AÑO: 2001