



**FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y DEL COMPORTAMIENTO
HUMANO**

Trabajo de fin de Carrera titulado:

“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO POR INHALACIÓN
EN UN LABORATORIO QUÍMICO – ANALÍTICO AMBIENTAL EN EL
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”

Realizado por:

ELIANA MICHELLE MARTINEZ LIMA

Director del proyecto:

AIMEE VILARET SERPA

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

QUITO, 20 de agosto del 2021

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, ELIANA MICHELLE MARTINEZ LIMA, ecuatoriana, con Cédula de ciudadanía N°1726239591, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.

Eliana Michelle Martínez Lima

C.I.: 1726239591

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Mgs. Aimee Vilaret Serpa

Directora de tesis

LOS PROFESORES INFORMANTES:

DÁVILA RODRIGUEZ PABLO RAMIRO

HENRY PATRICIO CARDENAS CAHUEÑAS

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa
oral ante el tribunal examinador.



M. Sc. PABLO DÁVILA



Msc. HENRY CARDENAS

Quito, 20 de agosto del 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

ELIANA MICHELLE MARTINEZ LIMA

C.I.: 1726239591

DEDICATORIA

A mi familia quienes con su amor, confianza y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por sembrar en mí los valores necesarios para hacerme la persona que soy hoy en día.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito cada una de mis metas propuestas.

A mis padres y mi hermana quienes son mi motor y mi inspiración, que, a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino.

A mi pareja por ser el apoyo incondicional de mi vida

A la Universidad Internacional SEK por haberme permitido adquirir los conocimientos a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi tutora Aimee por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, a la empresa de la que formo parte, la cual me ha dado la oportunidad de aprender cada día y gracias a cada una de las personas que forman parte de ella por su ayuda incondicional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN 1

1.1 El problema de investigación	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.1.1 Diagnóstico.....	1
1.1.1.2 Pronóstico	2
1.1.1.3 Control Pronóstico.....	3
1.1.2 Objetivo general.....	3
1.1.3 Objetivos específicos.....	3
1.1.4 Justificación	3
1.2 Marco teórico.....	5
1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema.	5
1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica.....	11
CAPITULO II. MÉTODO	23
2.1 Tipo de estudio	23
2.2 Modalidad de investigación.....	23
2.3 Método.....	23
2.4 Población y muestra.....	23
2.5 Selección instrumentos investigación.....	23

CAPITULO III. RESULTADOS	27
3.1 Presentación y análisis de resultados.....	27
3.2 Aplicación práctica	50
CAPITULO IV. DISCUSIÓN	52
4.1 Conclusiones.....	52
4.2 Recomendaciones	54
BIBLIOGRAFIA.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Identificación de peligros	28
Tabla 3.2 Identificación de peligros mezclas comerciales	30
Tabla 3.3 Sustancias químicas con posibles efectos cancerígenos y mutagénicos	31
Tabla 3.4 Jerarquización de riesgos potenciales	33
Tabla 3.5 Suma y jerarquización de la puntuación del riesgo potencial	35
Tabla 3.6 Punto de ebullición sustancias químicas líquidas	36
Tabla 3.7 temperatura ambiente promedio	37
Tabla 3.8 Pulverulencia sustancias químicas sólidas	37
Tabla 3.9 Puntuación del riesgo por inhalación-prioridad de acción	39
Tabla 3.10 Puntuación del riesgo por inhalación por sustancia química	40
Tabla 3.11 Zonas de trabajo por proceso	41
Tabla 3.12 Puntuación del riesgo por inhalación por proceso	42
Tabla 3.13 Puntuación del riesgo por inhalación por proceso	43
Tabla 3.14 Caudales de ventilación sala de extracciones 1	44
Tabla 3.15 Tasa de renovación de aire sala de extracciones 1	45
Tabla 3.16 Caudales de ventilación sala de recuperaciones	45
Tabla 3.17 Tasa de renovación de aire sala de recuperaciones	46
Tabla 3.18 Caudales de ventilación sala de extracciones 2	47
Tabla 3.19 Tasa de renovación de aire sala de extracciones 2	47
Tabla 3.20 Caudales de ventilación laboratorio general 2	48
Tabla 3.21 Tasa de renovación de aire del laboratorio general 2	49

Tabla 3.22 Puntuación riesgo de inhalación reevaluación	51
---------------------------------------------------------------	----

Tabla 3.23 Matriz de EPP	56
--------------------------------	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ventilación natural, ventilación mecánica, ventilación mixta	14
------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 2. Factores de dilución (K)	26
------------------------------------------	----

Figura 3. Diagrama de ventilación sala de extracciones 1	54
----------------------------------------------------------------	----

Figura 4. Diagrama de buena situación del extractor	55
-----------------------------------------------------------	----

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar el riesgo químico por inhalación en un Laboratorio Químico-Analítico Ambiental que realiza análisis físico químicos, orgánicos, inorgánicos y microbiológicos ubicado en el Distrito Metropolitano de Quito.

Se empezó identificando los peligros de las sustancias químicas a los que están expuestos en el laboratorio, se realizó una entrevista a los analistas que trabajaban con cada sustancia, para obtener los datos de cantidad y frecuencia. Con las MSDS se pudo identificar su VLA y sus clases de peligro y con la observación se pudo constatar los datos sobre el procedimiento y protección colectiva con las que cuenta el laboratorio.

Después de tener identificado los peligros de todas estas sustancias, se procedió a obtener la muestra del estudio con el método de jerarquización de riesgos potenciales (NTP 1080).

Con la muestra de los agentes químicos, se efectuó el método semicuantitativo de la INRS (NTP 937) donde se obtuvo un nivel de riesgo bajo en la mayoría de las sustancias debido a sus procedimientos y su protección colectiva, por otro lado, en las que se obtuvo un nivel de riesgo elevado y moderado se puede disminuir el riesgo mediante medidas preventivas aplicando la gestión integral del riesgo desde la fuente, medio y por último en el trabajador.

Finalmente se continuó con el estudio básico donde se calculó el caudal de ventilación necesario para cada disolvente en cada sala de trabajo y se comparó con el caudal real de estas salas donde se pudo constatar que la ventilación natural o caudal real de cada sala cumple con el propósito de proporcionar una ventilación adecuada a los trabajadores ya que el caudal real supera al caudal efectivo.

PALABRAS CLAVE

Riesgo químico - Inhalación – Laboratorio Químico - Sustancias químicas – Estudio Inicial y básico – Ventilación - Caudal efectivo – Caudal Real

ABSTRACT

A study was conducted to evaluate the chemical risk to inhalation in an Environmental Chemical-Analytical Laboratory that performs chemical, organic, inorganic and microbiological physical analysis, located in the Metropolitan District of Quito.

It began by identifying the dangers of the chemicals to which they are exposed in the laboratory, an interview was conducted with the analysts who worked with each substance, to obtain the quantity and frequency data. With MSDS the VLA and its hazard classes were identified, and with the observation it was possible to verify the data on the procedure and collective protection that the laboratory has.

After having identified the dangers of all these substances, we proceeded to obtain the sample of the study with the method of hierarchy of potential risks (NTP 1080).

With the sample of chemical agents, the semi-quantitative method of the INRS (NTP 937) was used. A low level of risk was obtained in most of the substances due to their procedures and their collective protection, in which a high and moderate level of risk was obtained, the risk can be reduced through preventive measures applying the integral management of the risk from the source, medium and finally in the worker.

Finally, we continued with the basic study where the necessary ventilation flow was calculated for each solvent in each work room and compared with the actual flow of these rooms where it could be verified that the natural ventilation or actual flow of each room fulfills the purpose of providing adequate ventilation to the workers since the actual flow exceeds the effective flow.

KEYWORDS

Chemical risk - Inhalation - Chemical Laboratory - Chemicals - Initial and basic study -

Ventilation - Effective flow rate - Actual flow rate

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 El problema de investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

1.1.1.1 Diagnóstico

Trabajar en un laboratorio conlleva estar expuesto a diferentes agentes químicos ya sea principalmente por inhalación, vía dérmica o inclusive por vía digestiva o parenteral, afectando esto, a la salud de las personas. Esto convierte a los laboratorios en lugares donde el riesgo está siempre latente, causando en determinado momento accidentes de trabajo y/o enfermedades ocupacionales.

La inhalación de algunos gases y sustancias químicas puede originar una respuesta alérgica que conduce a una inflamación y, en algunos casos, a fibrosis dentro y fuera de los pequeños sacos de aire (alvéolos) y de los bronquiolos. Esta enfermedad se denomina neumonitis por hipersensibilidad. Otros gases inhalados pueden causar una intoxicación general (incluyendo dificultad para respirar), ya que son tóxicos para las células del organismo (como el cianuro) o porque desplazan el oxígeno de la sangre y, por lo tanto, limitan la cantidad de oxígeno que llega a los tejidos (como el metano o el monóxido de carbono). (Lara, 2020)

Las intoxicaciones son un problema importante de salud pública mundial de acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2004 aproximadamente 346 000 personas murieron de intoxicación no intencional en todo el mundo. (OMS, 2004)

Por lo antes indicado y basándonos en la vía de afectación principal se evaluará el riesgo químico por inhalación de un laboratorio Químico- Analítico

Ambiental que realiza análisis físico químicos, orgánicos, inorgánicos y microbiológicos, exponiéndose a diferentes agentes químicos entre los principales tenemos: hexano, diclorometano, ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido orto fosfórico, acetona, cloroformo, metanol, piridina, etanol, metanol, benceno.

Cada producto esta etiquetado con el sistema globalmente armonizado (SGA) también presenta frases H y P, las mismas que indican un peligro o una precaución respectivamente, y se encuentran a disposición de todo el personal en el laboratorio. Adicionalmente, en las zonas de trabajo donde utilizan estas sustancias químicas están colocadas la Hojas de seguridad (MSDS).

El laboratorio tiene 4 vitrinas de laboratorio de captación envolvente colocadas cada una respectivamente en las salas de extracciones, cada analista posee su equipo de protección personal (EPP) necesario para el trabajo efectuado. Cuando las instalaciones físicas no tienen una ventilación adecuada se debe utilizar un equipo respiratorio apropiado.

Hasta el momento no se ha realizado una evaluación de riesgos químicos por inhalación en el laboratorio ni un cálculo de los caudales de ventilación que se tiene en las salas de trabajo por lo que sería de gran importancia realizarlo.

1.1.1.2 Pronóstico

La exposición diaria por inhalación a diferentes agentes químicos en el laboratorio puede ocasionar afectaciones a la salud como accidentes y/o enfermedades a corto y largo plazo en los analistas que manipulan dichas sustancias.

1.1.1.3 Control Pronóstico

De realizarse esta evaluación de riesgo químico por inhalación nos permitirá minimizar los efectos negativos de la afectación de la salud a las personas que manipulan dichas sustancias con medidas de control efectivas.

1.1.2 Objetivo general

Evaluar el riesgo químico por inhalación en el laboratorio, mediante una evaluación cualitativa y simplificada para establecer medidas preventivas.

1.1.3 Objetivos específicos

- ❖ Identificar los peligros de los agentes químicos a los que están expuestos los analistas del laboratorio.
- ❖ Jerarquizar los agentes químicos a los que están expuestos los analistas para establecer la muestra con la que se realizará el estudio
- ❖ Evaluar el riesgo químico por inhalación mediante el estudio inicial y el estudio básico.
- ❖ Establecer medidas preventivas que permitan evitar la afectación a la salud de los analistas que trabajan en el laboratorio.

1.1.4 Justificación

La INSHT define la exposición por inhalación como: “La presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador” (2013). Este es uno de los factores de riesgos más frecuentes que se da al manipular químicos, que pueden provocar diferentes tipos de afectaciones a la salud y bienestar del trabajador.

En el laboratorio se encuentran expuestos a diferentes sustancias químicas entre ellas ácidos y solventes.

Al estar expuestos a solventes se puede provocar que las células nerviosas se dilaten, bloqueando así el flujo sanguíneo en los vasos delgados que aprovisionan a las células suministrándoles oxígeno y glucosa, dos elementos que aseguran el buen funcionamiento del sistema nervioso. Si privamos de oxígeno a la célula nerviosa durante más de dos minutos, pueden producirse daños irreversibles. Ciertas regiones del cerebro son muy sensibles a la falta de oxígeno, nos referimos a la corteza, el cerebelo y el hipocampo. Por tal motivo son afectados incluso cuando se trata de una mediana exposición a solventes, los efectos se manifiestan como perturbaciones en la memoria inmediata (afectación del hipocampo), de la memoria mediata (corteza), dificultad para ejecutar movimientos con precisión (regulados a partir de la corteza y coordinados por el cerebelo). Puede también ocurrir que, cuando los flujos de sangre se reducen los desechos tóxicos expulsados por las células nerviosas se acumulan en tal cantidad, dentro y alrededor de la célula que los mecanismos de defensa no pueden remediar esta situación. (Arbañil, 2006)

Entre los riesgos de la salud que pueden provocar los ácidos tenemos “que llegan a irritar el tracto respiratorio y las mucosas, dependiendo el grado de irritación de su concentración” (Hinkamp, 2012)

Hinkamp (2012) afirma: “Los vapores del ácido clorhídrico producen un efecto irritante en el tracto respiratorio, causando laringitis, edema de glotis, bronquitis, edema pulmonar y muerte”

El ácido nítrico produce quemaduras en la piel y sus vapores son muy irritantes para la piel y las mucosas. La inhalación de cantidades significativas de estos vapores puede causar intoxicación aguda y sobreaguda. La intoxicación sobreaguda es poco frecuente y produce la muerte rápidamente. La intoxicación aguda es más frecuente y generalmente consta de tres fases: la primera consiste en una irritación del tracto respira-

torio superior (irritación de la garganta, tos, sensación de ahogo) y de los ojos, con lagrimeo. La segunda fase es desconcertante, puesto que hay ausencia de sintomatología durante varias horas. En la tercera fase reaparecen los trastornos respiratorios, pudiendo desarrollarse rápidamente un edema pulmonar, muchas veces mortal. (Hinkamp, 2012)

La profundidad de estas lesiones depende de la concentración de las sustancias y de la duración del contacto. (Hinkamp, 2012)

Por lo que es de vital importancia proteger a los analistas que laboran con dichas sustancias para lograr evitar o minimizar las causas de los accidentes y las enfermedades laborales, de esa manera tener un ambiente de trabajo seguro con la correcta gestión de los riesgos laborales.

Como lo dice en el Art. 11 del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo DECISIÓN 584 se deberán tomar medidas tendientes a disminuir los riesgos laborales, donde las empresas deben identificar y evaluar los riesgos en forma inicial y periódicamente con la finalidad de establecer acciones preventivas, por eso es muy importante realizar esta investigación para establecer el nivel de riesgo al que se exponen los analistas del laboratorio para prevenir accidentes y/o enfermedades ocupacionales, ya que no se registra una evaluación del riesgo químico por inhalación antes hecho en la empresa y esto nos servirá de base para posteriores estudios de agentes químicos con un riesgo potencial que requieran un estudio detallado.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema.

La OIT (2013) afirma que: “los productos químicos pueden causar efectos en todos los sistemas del cuerpo humano” (p.5). Si un producto químico está presente en cantidades suficientes para alcanzar una dosis o cantidad de exposición determinada, dicha exposición puede tener muchas repercusiones. Los efectos agudos de las

exposiciones a productos químicos, tales como el envenenamiento o las fatalidades debidas a una sola exposición, han sido ampliamente reconocidos, en comparación con los resultados de las exposiciones a menores cantidades en forma repetida a lo largo del tiempo, debido a los síntomas inmediatos asociados. (OIT, 2013, p.5)

Por esto es necesario evaluar el riesgo químico por inhalación para reducir la posibilidad de que el trabajador sufra una enfermedad profesional o accidente de trabajo.

En una investigación realizada en Cuba en un laboratorio químico analítico-toxicológico se aplicó el método simplificado COSHH Essentials, con el cual se realizó una estimación del riesgo en el laboratorio. Se obtuvo un alto riesgo por la manipulación de sustancias químicas, correspondiendo el 81% de estas a los niveles de riesgo 1 y 2 y el 4% al nivel 3. Sin embargo, al nivel 4, que representa el de mayor riesgo, le correspondió el 15 %, ya que en este se encuentran las sustancias químicas de mayor peligrosidad, agrupadas en la categoría de E entre ellas el cianuro de potasio, cloroformo, dicromato de potasio y fenol. Marín, Montes de Oca y González (2017)

Se encontró una investigación donde se aplicó la metodología simplificada del riesgo químico por inhalación de la INRS en una empresa avícola de Perú, donde de una muestra de 170 trabajadores que están directamente expuestos a sustancias químicas peligrosas, entre ellos manejaban agentes químicos como irritantes, nocivos, inflamables, corrosivos, sensibilizantes. El nivel de riesgo por exposición a inhalación y contacto con agentes es de un 50 % alto, moderado 36% y 14% bajo; considerando que el personal está expuesto continuamente a agentes químicos por la labor que desempeñan lo que pueden causar efectos en todos los sistemas del cuerpo humano, por lo que la magnitud de riesgo se considera en situación crítica y es urgente su intervención. (Gutiérrez, 2018)

A nivel nacional se encontró una investigación que se centró en el análisis de la exposición a sustancias químicas del personal que labora en los espacios físicos de un laboratorio de análisis químico ambiental ubicado en la ciudad de Francisco de Orellana durante el período noviembre del 2017 a mayo del 2018. Donde se estimó y evaluó el riesgo químico por exposición a sustancias químicas peligrosas a través del método COSSH Essentials. En general existe riesgo leve por exposición a sustancias químicas peligrosas en las actividades del laboratorio de análisis químico ambiental, el 66% de las sustancias químicas se encuentran entre los niveles de riesgo más bajos de afectación a la salud del trabajador y casi todas las sustancias químicas son peligrosas al contacto con la piel y ojos. Aunque la mayor cantidad de sustancias que se manipulan en el laboratorio son muy tóxicas, el riesgo por manipulación de sustancias químicas peligrosas resulta leve para los trabajadores del laboratorio ya que las sustancias se manipulan en cantidades pequeñas y la mayoría presentan baja volatilidad a la temperatura ambiente del laboratorio o pulverulencia baja. (Guananga, 2019, p.80)

Además, a nivel nacional, se encontraron dos estudios que se enfocaron en evaluar el riesgo químico, pero en diferentes industrias una de ellas se realizó en el proceso de fabricación de lentes ópticos donde aplicaron el Método “COSHH Essentials del HSE”.

Hidalgo (2019) afirma que los productos químicos representan un peligro, que tienen características especiales, asociadas a sus propiedades intrínsecas (densidad, pH, temperatura de ebullición, etc.); estas características las hacen potencialmente dañinas para la salud de los trabajadores en cualquier tipo de empresa y en la línea de fabricación de lentes ópticos no es la excepción. El tiempo de exposición es mínima y la cantidad utilizada de los agentes químicos son pequeñas dando un nivel de riesgo 2 en el subproceso de afinado y pintado (Thinner y laca industrial); el nivel de riesgo 1 se

produce en el subprocesos de pulido y pintado (Pintura automotriz), por lo que el riesgo químico por inhalación se puede prevenir mediante controles de ingeniería mediante ventilación general en el laboratorio óptico y extracción localizada en los subprocesos de pintado, afinado y pulido, y/o el empleo de EPP para los subprocesos antes mencionados. (p.86)

En otra investigación donde se aplicó el método de la INRS se evaluó el nivel de riesgo químico por inhalación de solventes que componen la pintura y el thinner, en el área de preparación de color de pintura del edificio matriz de la empresa Pintulac S.A, para esto utilizaron los métodos de evaluación (NTP 1.080 y NTP 937), tanto para jerarquización y la caracterización del riesgo por inhalación por exposición de los solventes previamente identificados y un estudio básico (NTP741). En la cual se concluyó que los solventes con mayor riesgo por inhalación son: Solvente Glicol-Ester, Xileno y Metanol, ya que están expuestos sus 8 horas de trabajo a la preparación de color de pintura y se comprobó que su ventilación “natural” es suficiente para no llegar a los VLA de las sustancias químicas. (Quiñonez,2020)

Este tipo de métodos son útiles para realizar un diagnóstico inicial de la situación de riesgo químico, siendo posible finalizar la evaluación cuando el riesgo sea bajo. En el resto de los casos habrá que adoptar medidas correctoras o realizar una evaluación detallada, a veces con mediciones ambientales. Además, aportan como ventaja que el análisis de los factores de riesgo se puede realizar de una forma sistemática, lo que aumenta la posibilidad de que distintas personas lleguen a la misma conclusión del uso de metodologías simplificadas para evaluar el riesgo de exposición por inhalación a agentes químicos sin recurrir a costosas mediciones ambientales, en donde se ha contemplado este tipo de métodos para realizar una estimación inicial de la situación del riesgo químico. (Cava y Quintanilla, 2006, p.22)

El método COSHH Essentials realiza la evaluación valorando la peligrosidad intrínseca a partir de las frases R y H asignadas a cada agente, la tendencia a éste a pasar al ambiente y su cantidad. El método basado en el INRS, además de estas condiciones, valora también la frecuencia y el procedimiento de utilización del agente, la existencia de protección colectiva y un factor de corrección según el VLA. (Cava y Quintanilla, 2006, p.44)

Por lo cual se realizará nuestra investigación basándonos en el método simplificado de la INRS ya que contempla más variables y el estudio será más completo.

Decreto 2393 Reglamento de Seguridad y Salud De Los Trabajadores y Mejoramiento Del Medio Ambiente De trabajo

Art. 53 Condiciones generales ambientales: ventilación, temperatura y humedad

Art.63 Sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas. Precauciones generales.

Art 65. Sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas. Normas de control

- 1.- Normas Generales
- 2.- Cambio de sustancias
- 4.-Ventilación localizada
- 5.-Ventilación General
- 6.-Protección personal
- 7.- Regulación de períodos de exposición

Decisión 584 Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

Art 11 En todo lugar de trabajo se deberán tomar medidas tendientes a disminuir los riesgos laborales. Estas medidas deberán basarse, para el logro de este objetivo, en directrices sobre sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo y su entorno como responsabilidad social y empresarial.

b) Identificar y evaluar los riesgos, en forma inicial y periódicamente, con la finalidad de planificar adecuadamente las acciones preventivas, mediante sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional específicos u otros sistemas similares, basados en mapa de riesgos;

Art 18 Todos los trabajadores tienen derecho a desarrollar sus labores en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el pleno ejercicio de sus facultades físicas y mentales, que garanticen su salud, seguridad y bienestar.

Resolución 957 Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el trabajo

Art 1. Según lo dispuesto por el artículo 9 de la Decisión 584, los Países Miembros desarrollarán los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, para lo cual se podrán tener en cuenta los siguientes aspectos:

b) Gestión técnica:

1. Identificación de factores de riesgo
2. Evaluación de factores de riesgo
3. Control de factores de riesgo
4. Seguimiento de medidas de control

AM 142 Listado Nacional de Sustancias químicas peligrosas desechos peligrosos

ANEXO A

Listado nacional de sustancias químicas peligrosas

Listado no. 1: listado de sustancias químicas peligrosas prohibidas

Listado no. 2: listado de sustancias químicas peligrosas de toxicidad aguda

Listado no 3: listado nacional de sustancias químicas peligrosos de toxicidad crónica

NTE INEN 2266:2013, Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos.

1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica

Se puede encontrar ciertos métodos que evalúan los niveles del riesgo químico por inhalación de manera cualitativa simplificada, los cuales con las medidas preventivas que se establezcan nos ayudarán a minimizar los efectos negativos de la afectación de la salud a las personas.

Factor de Riesgo Químico

Toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que, durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas. (Hena Robledo, 2007)

Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED):

Es el valor de referencia para la exposición diaria (ED), es decir, el valor de referencia para la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada, de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real, y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias. De esta manera los VLA-ED representan condiciones a las que se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos. (INSST, s.f.)

Valor Límite Ambiental-Exposición Corta (VLA-EC):

Es el valor de referencia para la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada, para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior. Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de

naturaleza crónica, el VLA-EC constituye un complemento del VLA-ED y, por tanto, la exposición a estos agentes habrá de valorarse con ambos límites. En cambio, los agentes químicos de efectos principalmente agudos tan sólo se les asigna para su valoración un VLA-EC. (INSST, s.f.)

TLV (Valores Límite Umbral)

Expresan concentraciones en aire de diversas sustancias por debajo de las cuales la mayoría de los trabajadores pueden exponerse sin sufrir efectos adversos. Se admite que, dada la variabilidad de respuestas individuales, un porcentaje de trabajadores pueda experimentar ligeras molestias ante ciertas sustancias a estas concentraciones, o por debajo de ellas e, incluso en casos raros, puedan verse afectados por agravamiento de dolencias previas o por la aparición de enfermedades profesionales. Debido a los variados efectos que las sustancias químicas pueden provocar en las personas expuestas, se definen diferentes tipos de valores TLV. (Guardino y Bartual, 1980)

- TLV-TWA. Media ponderada en el tiempo. Concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada normal de 8 horas y 40 horas semanales. Este es el tipo más característico, al que se hace referencia habitualmente cuando se cita un valor TLV.
- TLV-C. Valor techo Concentración que no debería ser sobrepasada en ningún instante.
- TLV-STEL. Límites de exposición para cortos periodos de tiempo
(Guardino y Bartual, 1980)

Solventes.

Los solventes son uno de los grupos de productos químicos industriales de mayor uso, producidos y utilizados en grandes cantidades bajo una gran variedad de denominaciones comerciales y químicas en casi todas las industrias. La mayoría son

inflamables y prenden fuego fácilmente. Son muy volátiles pudiendo formar con gran rapidez una mezcla explosiva aire/vapor del disolvente. Algunos solventes pueden ser sumamente peligrosos para la salud y hasta mortales si se utilizan sin las precauciones adecuadas. El conocimiento de los riesgos constituye la mejor prevención y protección del trabajador contra esos riesgos. (Hena Robledo, 2007)

Ácido inorgánico

Es un compuesto de hidrógeno y uno o más elementos (a excepción del carbono) que, cuando se disuelve en agua u otro disolvente, se rompe o disocia, produciendo iones hidrógeno. La solución resultante tiene ciertas características, como la capacidad de neutralizar bases, tornar de color rojo el papel tornasol y producir determinados cambios de color cuando se combina con otros indicadores. A los ácidos inorgánicos se les denomina a menudo ácidos minerales. La forma anhidra puede ser gaseosa o sólida. (Hinkamp, 2012)

Agente químico

Todo elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no. (INSHT,2001)

Fichas de Seguridad

Las hojas de seguridad MSDS se conocen originalmente como “Material safety data sheet” o MSDS, por sus siglas en inglés, lo que se traduce al castellano por “Hoja de Datos de Seguridad de Materiales”. Son unos documentos que tienen una gran importancia porque informan, de forma muy completa, sobre los peligros que tiene el uso de los productos químicos. Tanto para el ser humano que va a manejarlos como para las diferentes infraestructuras sobre las que se van a aplicar. También aconsejan y

advertieren acerca de las necesarias precauciones y de las medidas que hay que tomar en situaciones de emergencia. (Fetasa, 2017)

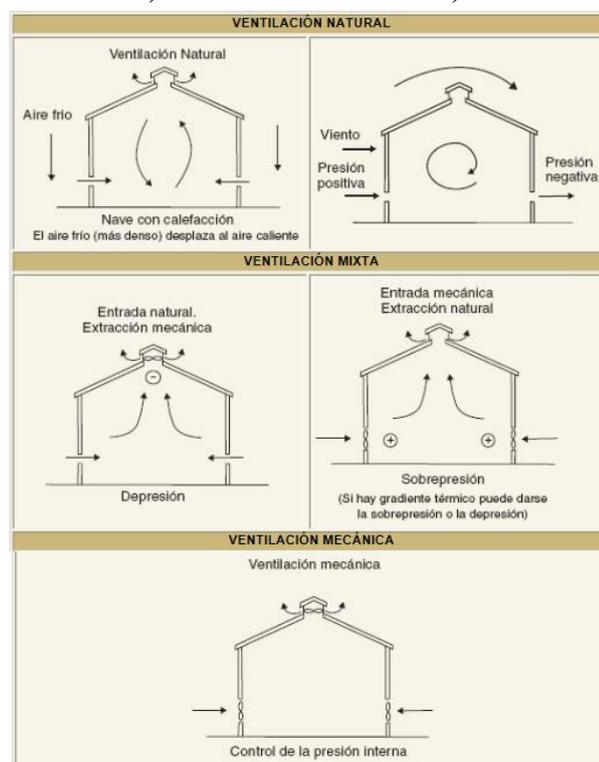
Ventilación general

Proporcionada por extractores, con entradas de aire, colocados de una forma uniforme; su caudal de extracción debe ser el adecuado en función de la cantidad de contaminante generado. Puede tenerse una ventilación localizada en aquellos puntos con mayor concentración o toxicidad media, como el tricloroetileno o tolueno. (Robledo, 2007).

Ventilación mecánica y ventilación natural

Un sistema de ventilación general puede ser completamente mecánico (entradas y salidas mecánicas), natural (entradas y salidas no forzadas) o bien mixto (entrada mecánica y salida natural y viceversa) como se observa en la figura 1. (Cavallé y Hernández, sf)

Figura 1. Ventilación natural, ventilación mecánica, ventilación mixta



Fuente: NTP 741, Ventilación general por dilución

Metodologías cualitativas

Se emplean para realizar una primera aproximación o diagnóstico sobre la situación higiénica derivada de la presencia de agentes químicos y sobre las medidas preventivas necesarias en cada situación. Son métodos destinados a ayudar en la evaluación de riesgos laborales y gestión del riesgo químico, llegando a una estimación del nivel de riesgo y del nivel de control acorde con la prioridad de acción. (INSHT, 2013)

Los principales métodos cualitativos son:

- **COSHH Essentials:** Es un método cualitativo de control banding enfocado a la gestión y control de riesgos, que permite determinar cuál es la medida de control más adecuada a cada operación y de este modo reducir el riesgo de exposición por inhalación a un nivel aceptable. (INSST, s.f.)
- **Método INRS:** Este método consiste en establecer, para cada variable, una serie de clases y una puntuación asociada para obtener, de este modo, un índice semicuantitativo que es el que indica el nivel de riesgo. El INRS propone además una etapa previa de jerarquización o establecimiento de prioridades que permite ordenar los riesgos en función de su importancia, aspecto importante sobre todo cuando están presentes un gran número de agentes químicos en el lugar de trabajo. (INSHT, 2013)

Su objetivo es hacer la evaluación más completa y versátil, calculando una puntuación del riesgo a partir de las puntuaciones obtenidas para cada clase de variable. NTP 937: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS. (INSST, s.f.)

- **Stoffenmanager:** Es un método desarrollado para la evaluación cualitativa del riesgo de exposición por inhalación durante la manipulación de líquidos (ya sean

volátiles o no) y de polvo. Es aplicable a mezclas y a sustancias puras. Tiene diferentes módulos, destacando su módulo “control banding” (para evaluaciones genéricas cualitativas del riesgo por exposición a agentes químicos por vía inhalatoria y dérmica) y su módulo “nano” (para la evaluación cualitativa del riesgo por exposición a nanobjetos manufacturados). (INSST, s.f.)

- **ILO-International Chemical Control Toolkit.** Este método se basa en los principios del COSHH Essentials. Está adaptado para ciertas sustancias comunes (acetona, tolueno, hexano). Tiene fichas de control para tareas desarrolladas con pesticidas. En castellano, está el COSHH Essentials sílice, con fichas para la exposición a sílice. (INSST, s.f.)

Metodologías cuantitativas

Cuando se plantea la necesidad de realizar mediciones de concentración ambiental se deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda. (INSHT, 2013)

Para ello implica un proceso que incluye para empezar la estrategia de muestreo donde viene a estar el número de muestras, tiempo de duración de cada una ellas, ubicación, momento de muestreo, número de trabajadores a muestrear, número de jornadas y periodicidad del muestreo. La toma de muestras tomará como variables la elección de la instrumentación y parámetros de muestreo adecuados. Se procederá al análisis químico de las muestras. Se continuará con el tratamiento de los datos y la comparación con los criterios de valoración. Se sacará conclusiones sobre el riesgo por exposición al agente químico. (INSST, s.f.)

Para las tomas de muestras de contaminantes químicos en aire al ser la vía inhalatoria la forma de entrada más habitual de los agentes químicos en el organismo, el parámetro más significativo para evaluar los riesgos debidos a la exposición de los trabajadores es la determinación de la concentración ambiental del agente. (INSST, s.f.)

Las mediciones dependen de donde se coloque el equipo de medida estos pueden ser de dos tipos: mediciones personales y mediciones ambientales. (INSST, s.f.)

- Las mediciones personales tienen como objetivo obtener valores de concentración a los que está expuesto el trabajador. El equipo de muestreo se coloca sobre el propio trabajador y se desplaza con él mientras realiza su trabajo. (INSST, s.f.)
- Las mediciones ambientales tienen como objetivo obtener la concentración en un área concreta del local de trabajo. El equipo de muestreo se mantiene fijo durante todo el tiempo que dura la medición. Son equipos fijos. (INSST, s.f.)

Pictogramas

Los pictogramas de peligro son composiciones gráficas que contienen un símbolo negro sobre un fondo blanco, con un marco rojo lo suficientemente ancho para ser claramente visible. Tienen forma de cuadrado apoyado en un vértice y sirven para transmitir la información específica sobre el peligro en cuestión. (Guardino, 2010)

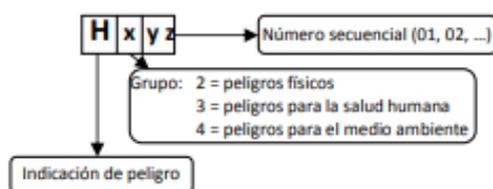
Frases R

Las llamadas Frases-R indican riesgos especiales que pueden surgir durante el manejo de sustancias o formulaciones peligrosas. La letra “R” es abreviatura de “Riesgo”. Según la “Ordenanza sobre Sustancias Peligrosas”, las Frases-R deben

seleccionarse según la clasificación de la sustancia y utilizarse para su etiquetado. La selección de las Frases-R debe seguir los mismos criterios que las guías para la asignación de los símbolos y descripciones de peligrosidad. (Yunta, 2018)

Frases H

Las indicaciones de peligro son frases que, asignadas a una clase o categoría de peligro, describen la naturaleza de los peligros de una sustancia o mezcla peligrosa, incluyendo, cuando proceda, el grado de peligro. Las indicaciones de peligro (equivalentes a las anteriores frases R), llamadas H (de Hazard, peligro), se agrupan según peligros físicos, peligros para la salud humana y peligros para el medio ambiente. (Guardino, 2010) Estructuradas de la siguiente manera:



Frases S

Las llamadas Frases-S proporcionan información de seguridad sobre una sustancia peligrosa. Deben permitir que el usuario evite los riesgos durante la manipulación de sustancias y formulaciones peligrosas, y tome medidas para evitar la emisión de tales sustancias, controle las consecuencias de los accidentes, y recomiende los primeros auxilios. La letra “S” es abreviatura de “Seguridad”. (Yunta, 2018)

Consejos de prudencia

Los consejos de prudencia son frases que describen la medida o medidas recomendadas para minimizar o evitar los efectos adversos causados por la exposición a una sustancia o mezcla peligrosa durante su uso o eliminación. (Guardino, 2010)

Etiquetado

Todo producto químico, sustancia o preparado, clasificado como peligroso debe incluir en su envase una etiqueta bien visible que es la primera información básica que recibe el usuario sobre los peligros inherentes al mismo y sobre las precauciones a tomar en su manipulación. (Berenguer, 2004)

Condiciones de operación:

Aguilar, Bernola, Galvez, Rams, Sánchez, Tanarro y Tejedor (2010) aseguran que, para caracterizar el riesgo químico, es necesario conocer también las condiciones en las que se manipulan o están presentes, para ello hay que revisar:

- Tareas.
- Ciclos y técnicas de trabajo.
- Procesos de producción.
- Configuración del lugar de trabajo.
- Medidas y procedimientos de seguridad.
- Instalaciones de ventilación y otras formas de control técnico.
- Fuentes de emisión.
- Periodos de exposición.
- Carga de trabajo.

- Etc.

Aguilar, Bernola, Galvez, Rams, Sánchez, Sousa, Tanarro y Tejedor (2010)

Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químico

Deben aplicarse siempre que se trabaja con agentes químicos peligrosos, independientemente de que la evaluación de riesgos indique la necesidad de aplicación de medidas de prevención o protección. Se concretan en la aplicación de unas técnicas que permiten la consecución de unos objetivos básicos para reducir los riesgos. (Aguilar et al, 2010)

Aguilar et al. (2010) refieren que sus principales objetivos son:

- Reducir al mínimo el número de trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- Reducir al mínimo la duración e intensidad de las exposiciones.
- Reducir las cantidades de agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo de que se trate.

Medios

- Concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo.

Aguilar et al. (2010) refieren los siguientes ejemplos:

- Ventilación adecuada.
- Planificar la distribución de puestos de trabajo y tareas de modo que el número de trabajadores expuestos y el tiempo de exposición sea lo más bajo posible.
- Limitar las cantidades en el lugar de trabajo a las estrictamente necesarias.
- Limitar o eliminar la manipulación manual.

- Confinar o aislar los lugares en donde se utilicen agentes químicos peligrosos.
- Selección e instalación de los equipos de trabajo.

Ejemplos:

- Deben ser herméticos en la medida de lo posible.

-Tener en cuenta la peligrosidad y características del agente y del entorno en donde se va a instalar.

- Establecimiento de procedimientos de trabajo adecuados.
- Medidas higiénicas adecuadas, tanto personales como de orden y limpieza.

(Aguilar et al, 2010)

- **Sustitución**

La medida prioritaria frente a los riesgos relacionados con los agentes químicos es la sustitución de dichos agentes. Para los cancerígenos y los mutágenos los requisitos de sustitución son incluso más estrictos y deben sustituirse siempre que sea posible desde el punto de vista técnico. (Aguilar et al, 2010)

1.1.1. Identificación y caracterización de variables

Variable independiente

- Riesgo potencial
 - Peligro
 - Exposición potencial
 - Frecuencia de Utilización
 - Cantidad de absoluta del producto
- Propiedades físico químicas (Pulverulencia o Volatilidad)

- Procedimiento de trabajo o forma de trabajo
- Medios de protección colectiva (Sistemas de ventilación)
- Un factor de corrección (FCVLA), cuando el valor límite ambiental (VLA) del agente químico sea muy pequeño, inferior a 0,1 mg/m³.

Variable dependiente

Riesgo por inhalación

- Riesgo probablemente muy elevado
- Riesgo moderado
- Riesgo a priori bajo

CAPITULO II. MÉTODO

2.1 Tipo de estudio

La presente investigación se corresponde con un estudio descriptivo transversal en la cual se evaluará el riesgo químico por inhalación a la que están expuestos los analistas que manipulan dichas sustancias.

2.2 Modalidad de investigación

La presente investigación es un estudio de campo ya que los datos para la evaluación del riesgo químico por inhalación serán recogidos directamente de Laboratorio de Química Analítica Ambiental ubicado en Cumbayá, donde están expuestos a dichas sustancias.

2.3 Método

Se utilizará el método Inductivo-deductivo caracterizando los peligros de los agentes químicos con los que trabajaban los analistas que pueden ocasionar afectaciones a la salud como accidentes y/o enfermedades a corto y largo plazo para así establecer las medidas preventivas que permitan evitar la afectación a la salud.

2.4 Población y muestra

Para esta investigación, se tomará como población a los agentes químicos que se manipulan en el laboratorio de química analítica ambiental. Una vez ejecutada la jerarquización del riesgo, la muestra serán los agentes químicos que salgan con un nivel de riesgo elevado y moderado en la puntuación del riesgo potencial los cuales necesitarán una actuación prioritaria.

2.5 Selección instrumentos investigación

- **Método jerarquización de riesgos potenciales basado en la NTP 1080 INSHT**

Con este método se clasifican los agentes químicos en función del riesgo potencial, partiendo de la clase de peligro y de la exposición potencial de dichos agentes. Es

necesario primero identificar los peligros de los agentes químicos a partir del nombre del producto químico, la etiqueta y la Ficha de Datos de Seguridad para determinar el riesgo potencial. Tanarro, Sousa, Bernaola y Tejedor (2008)

Para determinar este riesgo hay que conocer la exposición potencial. Para su cálculo se utilizan tres variables, la cantidad, la frecuencia de utilización de la sustancia y las frases H.

La jerarquización permite clasificar los agentes químicos peligrosos que necesitan una actuación prioritaria, se hace en función de parámetros que se pueden obtener fácilmente y constituye una buena ayuda para abordar la evaluación de forma planificada y centrada en los riesgos más importantes.

Tanarro, et al. (2008)

- **Estudio inicial: Método basado en el INRS. Evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación. NTP 937 INSHT**

Con este método se efectúa la estimación inicial del riesgo químico partiendo de cinco variables: riesgo potencial, propiedades físico químicas, el procedimiento de trabajo, las protecciones colectivas y el factor de corrección en función del VLA. Para cada una de estas variables se escoge una clase y una puntuación de acuerdo con los criterios que se asocian, una vez que se ha determinado un puntaje se calcula la puntuación del riesgo por inhalación (P_{inh}) aplicando la siguiente fórmula:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ pot} \cdot P_{volatilidad} \cdot P_{procedimiento} \cdot P_{protec.\ colec.} \cdot FC_{VLA}$$

- **Estudio Básico: Cálculo del caudal requerido para la prevención del riesgo para la salud de los trabajadores NTP 741 INSHT Ventilación general por dilución**

Se requiere mantener la concentración ambiental de una sustancia tóxica a un nivel aceptable para el bienestar del trabajador, esta puede calcularse si se determina la velocidad de generación.

La cantidad de líquido que se evapora por unidad de tiempo, la denominamos velocidad de evaporación del disolvente (E). La concentración que no se desea superar (C), se toma normalmente igual al valor límite o a un porcentaje de éste. Para disolventes líquidos, realizando las transformaciones anteriormente mencionadas, la velocidad de generación de vapor viene dada por la siguiente expresión:

$$G = \frac{24,0 \cdot d \cdot E}{M}$$

G: velocidad de generación del vapor, m³/h

D: densidad del disolvente líquido, kg/l E: velocidad de evaporación del disolvente, l/h

M: peso molecular del disolvente, g/mol y la cifra 24,0 corresponde al volumen molar del vapor en condiciones estándar de presión y temperatura (P = 1 atm, T = 20°C), (m³/kmol o l/mol).

Para posteriormente obtener el caudal efectivo de ventilación empleamos la siguiente formula:

$$Q' = \frac{24,0 \cdot 10^6 \cdot d \cdot E}{M \cdot C}$$

Donde:

C: concentración que no se desea superar,

El resto de magnitudes y unidades son las anteriormente definidas.

Para obtener el caudal real de ventilación se introduce un factor de seguridad en el cálculo del caudal de modo que:

$$Q = Q' K$$

Y, por último:

$$Q = (G/C) K$$

Donde:

Q: caudal real de ventilación, m³/h

Q': caudal efectivo de ventilación, m³/h

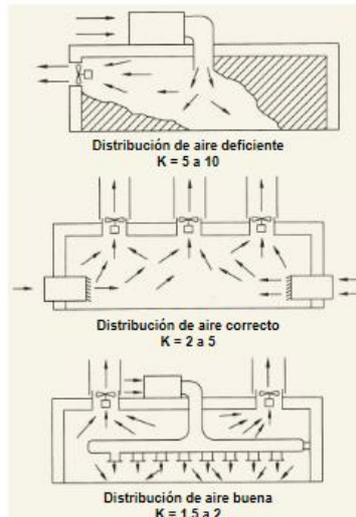
K: factor de seguridad para contemplar mezclas no completas

G: velocidad de generación, mg/h

C: concentración que no se desea superar, mg/m³

En la figura 1 se muestran las situaciones de distribución de aire y el factor K que comparta cada caso.

Figura 2. Factores de dilución (K)



Fuente: NTP 937, Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en INRS. 2012

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1 Presentación y análisis de resultados

Para esta investigación se procedió a identificar los peligros de las sustancias químicas a los que están expuestos en el laboratorio, se realizó una entrevista a los analistas que trabajaban con cada sustancia, para obtener los datos de cantidad y frecuencia. Y con la observación se pudo constatar los datos del procedimiento y protección colectiva con la que cuenta el laboratorio.

Partiendo de cada sustancia química se efectuó una matriz donde se identificó información importante de cada sustancia, como el proceso donde se la emplea, tipo de sustancia, sus valores límites ambientales VLA según la INSST , adicional con las fichas de seguridad que son dadas por los proveedores se obtuvo su respectivo N ° CAS, indicaciones de peligro (H), las cuales describen la naturaleza de los peligros de la sustancia, así como también los consejos de prudencia en cuanto a prevención y respuesta, se colocó también su palabra de advertencia y sus respectivos pictogramas de acuerdo al Sistema Globalmente Armonizado (SGA). Como se muestra en la tabla 3.1 a continuación:

Tabla 3.1 Identificación de peligros

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS									
SUSTANCIA QUÍMICA	PROCESO	SUSTANCIA ORGANICA / INORGANICA	N° CAS	VLA	INDICACIÓN DE PELIGRO	CONSEJOS DE PRUDENCIA		PICTOGRAMA	PALABRA DE ADVERTENCIA
						PREVENCIÓN	RESPUESTA		
Disodio tetraborato decahidratado	Tensoactivos	Inorgánico	1303-96-4	VLA-ED: 2 mg/m3	H319, H360FD	P202 P280	P303+P361+P353 P304+P340 P308+P313		PELIGRO
Acetato de zinc dihidratado	Cianuro	Orgánico	5970-45-6	-	H302, H318, H411	P273 P280	P301+P312 P305+P351+P338		PELIGRO
Saliciato de sodio	Amonio	Inorgánico	54-21-7	-	H302, H319, H361d	P280 P264	P305+P351+P338 P301+P312 P337+P313 P501		ATENCIÓN
Dicromato de potasio	Cromo	Orgánico	7778-50-9	VLA-ED: 0,05 mg/m3	H314, H317, H330. H334, H335, H372, H340, H350, H360FD, H372, H410	P202 P270	P302+P352 P304+P340 P305+P351+P338 P310		PELIGRO
Metanol	VOCS	Orgánico	67-56-1	VLA-ED: 266 mg/m3	H225, H301+H311+H331, H370	P210 P240 P280	P302+P352 P304+P340 P308+P310		PELIGRO
Hexano	A aceites y grasas, TPH, HAPS en agua y suelos, preparación de soluciones, Pesticidas y PCB en agua y suelos	Orgánico	110-54-3	VLA-ED: 72 mg/m3	H225, H304, H315, H336, H361F, H373, H411	P210 P240 P273	P301+P330+P331 P302+P352 P314		PELIGRO
Piridina	Cianuro	Orgánico	110-86-1	VLA-ED: 3 mg/m3	H225, H302, H312. H315, H318. H332 H373 H401 H335 H336	P210 P261 P270 P280	P304+P340 P332+P313 P305+P351+P338 P303+P361+P353		ATENCIÓN
Cloroformo	Gasificación	Orgánico	67-66-3	VLA-ED: 10 mg/m3	H302, H315, H351, H373	P281	P302+P352 P308+P313		ATENCIÓN
Acetona	HAPS Y TPH en suelos	Orgánico	67-64-1	VLA-ED: 1.210 mg/m3	H225, H319, H336	P210 P223 P240 P241 P242	P305+P351+P338		PELIGRO
Diclorometano	Pesticidas y PCB en agua	Orgánico	75-09-02	VLA-ED: 177 mg/m3	H315, H319, H336, H351	P201 P202 P261	P302+P352 P305+P351+P338 P308+P313		PELIGRO
Etanol	Tensoactivos	Orgánico	64-17-5	VLA-EC: 1.910 mg/m3	H225, H319	P210 P233	P305+P351+P338		PELIGRO

Tabla 3.1 (cont.)

Fenol	Fenoles en agua	Orgánico	108-95-2	VLA-ED: 8 mg/m ³	H301+H311+H331, H314, H341, H373, H411	P270 P280	P302+P352 P304+P340 P305+P351+P338 P310		PELIGRO
Acido clorhídrico	Digestión suelos y agua	Inorganico	7647-01-0	VLA-ED: 7,6 mg/m ³	H290, H314, H318, H335	P390 P234	-		ATENCIÓN
Ácido nítrico	Digestión suelos y agua	Inorganico	7697-37-2	VLA-EC: 2,6 mg/m ³	H272, H290, H314, H331	P280	P301+P330+P331 P304+P340 P305+P351+P338 P308+P310		PELIGRO
Ácido sulfúrico	Tensoactivos y preservación de muestras	Inorganico	7664-93-9	VLA-ED: 0,05 mg/m ³	H290, H314	P280	P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310		PELIGRO
Ácido ortofosfórico	Fenoles en agua y preservación de muestras	Inorganico	7664-38-2	VLA-ED: 1 mg/m ³	H290, H302, H314	P234 P260 P280	P301+P312 P303+P361+P353 P305+P351+P338		PELIGRO
Benceno	Tensoactivos	Orgánico	71-43-2	VLA-ED: 3,25 mg/m ³	H225, H304, H315, H319, H340, H350, H372	P202 P210 P280	P302+P32 P305+P351+P338 P308+P313		PELIGRO
Sulfato de sodio nanohidratado	Demanda química de oxígeno	Inorgánico	1313-84-1	-	H290, H311, H302, H314, H400	P280	P305+P351+P338 P310 P301+P330+P331 P303+P363+P353		PELIGRO

Fuente: Datos extraídos de las MSDS proveedores

Elaborado por el autor

Para las siguientes sustancias químicas, que eran mezclas comerciales se colocó la composición de cada componente lo cual nos proporcionó las MSDS, así como los valores permisibles en el ambiente de trabajo TLV según la ACGIH, dada su concentración media ponderada para 8 horas y 40 horas semanales TLV-TWA.

Tabla 3.2 Identificación de peligros mezclas comerciales

SUSTANCIA QUÍMICA		PROCESO	SUSTANCIA ORGANICA / INORGANICA	N° CAS	TLV	INDICACIÓN DE PELIGRO	CONSEJOS DE PRUDENCIA		PICTOGRAMA	PALABRA DE ADVERTENCIA		
							PREVENCIÓN	RESPUESTA				
COD Solution A	Mercury (II) Sulphate >=10-<20%	Demanda química de oxígeno	Inorgánico	7783-35-9	-	H290, H301, H315, H319, H373, H410	P234 P273	P301+P310 P30+P352 P305+P351+P338		PELIGRO		
	Ácido sulfúrico >=10-<15%			7664-93-9	-							
COD Solution B	Ácido Sulfúrico >=70-<90%			7664-93-9	-	H290, H314, H317, H332, H334, H340, H350, H360FD, H373, H410	P201 P273 P280	P303 + P361 + P353 P304 + P340 + P310 P305 + P351 + P338				PELIGRO
	Dicromato de potasio >=1-<2,5			778-50-9	-							
Reactivo de Nesler	Hidroxido de sodio 10-20%	Amonio	Inorgánico	1310-73-2	-	H290, H301, H310, H314, H331, H373, H410	P270 P301 P405 P501 P262	P302+P352 P310 P271 P304+P340 P403+P233		PELIGRO		
	Mercuric iodide 5-10%			774-29-0	TWA:0.05 mg/m3							
	Sodium iodide 3-7%			7681-82-5	-							
Reactivo de Sulfuro 2	Dicromato de potasio <1%	Sulfuro	Inorganico	7778-50-9	TWA: 0,05 mg/m3	H317, H334, H340, H350, H360, H412	P261, P284, P201, P280	P304+P340 P342+P311 P333+P313		PELIGRO		
Solución de digestión para DQO Rango alto	Acido sulfurico 80 - 90%	Demanda química de oxígeno	Inorganico	7664-93-9	TWA: 0.2 mg/m3	H290, H302, H311, H314, H317, H332, H340, H350, H361, H410	P271, P260, P280, P310, P261, P272, P363, P201, P405, P273, P391, P234	P303+P361+P353 P304+P340 P305+P351+P338 P310 P501		PELIGRO		
	Sulfuric acid, mercury(2+) salt <1%			7783-35-9	TWA: 0.025 mg/m3 Hg S*							
	Sulfuric acid, disilver(1+) salt <1%			10294-26-5	TWA: 0.01 mg/m3 Ag							
	Chromic acid (H2CrO4) <1%			7738-94-5	-							
Solución de digestión para DQO Rango bajo	Acido sulfurico 80 - 90%	Demanda química de oxígeno	Inorganico	7664-93-9	TWA: 0.2 mg/m3	H290 H302 H311 H314 H410	P405 P501 P260 P280 P391 P270	P301+P330+P331 P303+P330+P331 P304+P340 P305+P351+P338 P310 P273 P391		PELIGRO		
	Sulfuric acid, mercury(2+) salt <1%			7783-35-9	TWA: 0.025 mg/m3 Hg S*							
	Sulfuric acid, disilver(1+) salt <1%			10294-26-5	TWA: 0.01 mg/m3 Ag							
	Chromic acid (H2CrO4) <0,1%			7738-94-5	-							

Fuente: Datos extraídos de las MSDS proveedores

Elaborado por el autor

Se pudo constatar que los siguientes agentes químicos son sustancias posiblemente cancerígenas y mutagénicas según el Reglamento 1272/2008 del Parlamento Europeo ya que tienen las siguientes frases H:

- H350 Puede causar cáncer
- H340 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias
- H351 Posibles efectos cancerígenos
- H341 Posibilidad de efectos irreversibles

Las cuales por su peligrosidad necesitan estar presentes en toda la evaluación del riesgo químico desde el estudio inicial, básico y detallado

Tabla 3.3 Sustancias químicas con posibles efectos cancerígenos y mutagénicos

SUSTANCIA QUÍMICA	FRASES H
Dicromato de potasio	H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel H330: Mortal en caso de inhalación H334: Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación H335: Puede irritar las vías respiratorias H372: Provoca daños en los órganos H340: Puede provocar defectos genéticos H350: Puede provocar cáncer H360FD: Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto H372: Provoca daños en los órganos H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duradero
Cloroformo	H302: Mortal en contacto con la piel H315: Provoca irritación cutánea H351: Se sospecha que provoca cáncer H373: Puede provocar daños en los órganos.
Diclorometano	H315: Provoca irritación cutánea H319: Provoca irritación ocular grave H336: Puede provocar somnolencia o vértigo H351: Se sospecha que provoca cáncer.
Fenol	H301: Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratoria H311: tóxico en contacto con la piel H331: tóxico en caso de inhalación H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves H341: Se sospecha que provoca defectos genéticos H373: Puede provocar daños en los órganos H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

Benceno	H225: Líquido y vapores muy inflamables H304: mortal en caso de ingestión, tóxico en caso de ingestión, nocivo en caso de ingestión H315: Provoca irritación cutánea H319: provoca irritación ocular grave H340: Puede provocar defectos genéticos H350: puede provocar cáncer H372: Provoca daños en los órganos
COD Solution B	H290: Puede ser corrosivo para los metales H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel H332: nocivo en caso de inhalación H334: Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación H340: Puede provocar defectos genéticos H350: Puede provocar cáncer H360FD: puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto H373: puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duradero
Reactivo de Sulfuro 2	H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel H334: puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación H340: Puede provocar defectos genéticos H350: Puede provocar cáncer H360: Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto H412: Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos
Solución de digestión para DQO Rango alto	H290: Puede ser corrosivo para los metales H302: Mortal en contacto con la piel H311: Tóxico en contacto con la piel H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel, H332: Nocivo en caso de inhalación H340: Puede provocar defectos genéticos H350: puede provocar cáncer por inhalación H351: Se sospecha que provoca cáncer H361: se sospecha que perjudica la fertilidad o daña al feto H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Fuente: Datos extraídos de las MSDS proveedores

Elaborado por el autor

Después de tener identificado los peligros de todas estas sustancias se procedió a jerarquizar los agentes químicos a los que están expuestos los analistas, para establecer la muestra con la que se realizará el estudio, para esto se utilizó la cantidad usada por proceso, definiendo su frecuencia a la semana o en ciertos casos al mes, y las frases H de cada sustancia. Como se puede ver en la Tabla 3.4, para los líquidos se utilizó la densidad para transformar a todas las sustancias a gramos. Y así calcular la clase de cantidad uniformemente. Obteniendo los siguientes resultados como vemos a continuación:

Tabla 3.4 Jerarquización de riesgos potenciales

SUSTANCIA QUÍMICA	PROCESO	CLASE DE PELIGRO	CANTIDAD	DENSIDAD g/ml	CANTIDAD Gramos	Q1/Qmax	CLASE DE CANTIDAD	FRECUENCIA SEMANA	CLASE DE FRECUENCIA	CLASE DE EXPOSICIÓN POTENCIAL	PUNTUACIÓN RIESGO POTENCIAL	PRIORIDAD
Disodio tetraborato decahidratado	Tensoactivos	4	1,583 g	N/A	1,583	0,014694143	1	10 min a la semana	1	1	1000	MEDIA
Acetato de zinc dihidratado	Cianuro	1	13,07 g	N/A	13,07	0,121321823	1	15 min cada 2 semanas	1	1	1	BAJA
Saliciato de sodio	Amonio	3	32 g	N/A	32	0,297038894	1	10 min cada semana	1	1	100	MEDIA
Dicromato de potasio	Cromo	5	0,0141g	N/A	0,0141	0,000130883	1	20 min cada 3 meses	1	1	10 000	MEDIA
Metanol	VOCS	4	300 ml	0,792 g/ml	237,6	2,205513784	2	2 veces por semana (20 min)	1	2	3 000	MEDIA
Hexano	Aceites y grasas	3	3000 ml	0,66 g/ml	1980	18,37928154	4	10 horas a la semana	3	4	3 000	MEDIA
	TPH, HAPS AGUA		3600 ml	0,66 g/ml	2376	22,05513784	4	10 horas a la semana	3	4	3 000	MEDIA
	TPH, HAPS SUELOS		1000 ml	0,66 g/ml	660	6,126427179	3	10 horas a la semana	3	3	1 000	MEDIA
	Preparación de soluciones		5000 ml	0,66 g/ml	3300	30,6321359	4	115 minutos a la semana	2	4	3 000	MEDIA
	Pesticidas y PCB AGUA		900 ml	0,66 g/ml	594	5,513784461	3	10 horas a la semana	3	3	1 000	MEDIA
	Pesticidas y PCB SUELOS		900 ml	0,66 g/ml	594	5,513784461	3	10 horas a la semana	3	3	1000	MEDIA
Piridina	Cianuro	3	150 ml	0,978 g/ml	146,7	1,361737678	2	20 min por semana	1	2	300	MEDIA
Cloroformo	Gasificación	4	1800 ml	1,48 g/ml	2664	24,72848789	4	2 veces por semana (20 min)	1	3	10 000	MEDIA
Acetona	TPH, HAPS SUELOS	2	750 ml	0,79 g/ml	592,5	5,499860763	3	25 minutos a la semana	1	3	100	MEDIA
Diclorometano	Pesticidas y PCB en agua	4	8100 ml	1,33 g/ml	10773	100	5	10 horas a la semana	3	5	100 000	ELEVADA
Etanol	Tensoactivos	3	150 ml	0,79 g/ml	118,5	1,099972153	2	2 veces a la semana (15 min)	1	2	300	MEDIA
Fenol	Fenoles en agua	4	0,1 g	1,07 g/ml	0,107	0,000993224	1	1vez cada 3 meses	1	1	1000	MEDIA
Acido clorhídrico	Digestión suelos y agua	2	1200 ml	1,19 g/ml	1428	13,25536062	4	150 minutos a la semana	2	4	300	MEDIA
Ácido nítrico	Digestión suelos y agua	4	1560 ml	1,39 g/ml	2168,4	20,12809802	4	150 minutos a la semana	2	4	30 000	ELEVADA

Tabla 3.4 (cont.)

Ácido sulfúrico	Tensoactivos	5	6,8 ml	1,84 g/ml	12,512	0,116142207	1	2 veces a la semana 15 minutos	1	1	10 000	MEDIA
	Preservación de muestras		250 ml	1,84 g/ml	460	4,269934094	2	1 vez cada 2 meses (10 min)	1	2	30 000	ELEVADA
Ácido ortofosfórico	Fenoles en agua	3	150 ml	1,685 g/ml	252,75	2,346143136	2	2 veces a la semana (15 min)	1	2	300	MEDIA
	Preservación de muestras		300 ml	1,685 g/ml	505,5	4,692286271	2	1 min cada 2 meses	1	2	300	MEDIA
Benceno	Tensoactivos	5	150 ml	0,876 g/ml	131,4	1,219715957	2	1 vez al mes (30 min)	1	2	30 000	ELEVADA
Sulfato de sodio nanohidratado	Demanda química de oxígeno	1	3 g	1 g/ml	3	0,027847396	1	15 minutos a la semana	1	1	1	BAJA
COD Solution A	Demanda química de oxígeno	3	150 ml	1,82 g/ml	273	2,53411306	2	3 veces (2 min) a la semana	1	2	300	MEDIA
COD Solution B	Demanda química de oxígeno	5	600 ml	1,83 g/ml	1098	10,19214703	3	3 veces (2 min) a la semana	1	3	100 000	ELEVADA
Reactivo de Nesler	Amonio	4	10 ml	1,16 g/ml	11,6	0,107676599	1	5 min a la semana	1	1	1000	MEDIA
Reactivo de Sulfuro 2	Sulfuro	5	150 ml	1,37 g/ml	205,5	1,907546644	2	4 horas a la semana	2	2	30 000	ELEVADA
Solución de digestión para DQO Rango alto	Demanda química de oxígeno	5	30 ml	1,76 g/ml	52,8	0,490114174	1	10 minutos a la semana	1	1	10 000	MEDIA
Solución de digestión para DQO Rango bajo	Demanda química de oxígeno	1	180 ml	1,76 g/ml	316,8	2,940685046	2	50 min a la semana	1	2	3	BAJA

Fuente: Datos obtenidos del Laboratorio de Química Analítica Ambiental

NTP 1.080, Agentes químico: jerarquización de riesgo potenciales

Elaborado por el autor

Se puede observar que los solventes como el benceno y el diclorometano tienen una prioridad elevada, así como los ácidos nítrico y sulfúrico en el proceso de preservación de muestras, también las mezclas comerciales: COD SOLUTION B y el Reactivo de Sulfuro 2.

Las sustancias que tienen una prioridad baja las cuales quedan fuera de la muestra son únicamente tres sustancias entre ellas el acetato de zinc dihidratado, el sulfato de sodio nanohidratado y la solución de digestión para DQO rango bajo.

Las demás sustancias tienen una prioridad media por lo entran en la muestra de nuestro estudio.

Como se puede observar en la Tabla 3.4 algunas sustancias químicas son empleadas en varios procesos, por lo que para obtener la puntuación del riesgo potencial por sustancia química se efectuó una suma de la puntuación del riesgo potencial, dándonos también el hexano con prioridad elevada. De esta manera queda establecida la muestra del presente estudio:

Tabla 3.5 Suma y jerarquización de la puntuación del riesgo potencial

SUSTANCIA QUÍMICA	PUNTUACIÓN RIESGO POTENCIAL	PRIORIDAD
Diclorometano	100 000	ELEVADA
COD Solution B	100 000	ELEVADA
Ácido sulfurico	40 000	ELEVADA
Benceno	30 000	ELEVADA
Reactivo de Sulfuro 2	30 000	ELEVADA
Ácido nítrico	30 000	ELEVADA
Hexano	12000	ELEVADA
Dicromato de potasio	10 000	MEDIA
Cloroformo	10 000	MEDIA
Solución de digestión para DQO Rango alto	10 000	MEDIA
Metanol	3 000	MEDIA
Reactivo de Nesler	1000	MEDIA
Fenol	1000	MEDIA
Disodio tetraborato decahidratado	1000	MEDIA
Ácido ortofosfórico	600	MEDIA
Piridina	300	MEDIA
Etanol	300	MEDIA
Acido clorhídrico	300	MEDIA
COD Solution A	300	MEDIA
Saliciato de sodio	100	MEDIA
Acetona	100	MEDIA

Fuente: Tabla N.º 3.3 de este documento

Elaborado por el autor

Para obtener la puntuación del riesgo por inhalación se utilizó el método semicuantitativo basado en el INRS de la NTP 937, para empezar con el estudio debemos conocer el estado de las sustancias químicas, para establecer la clase de su volatilidad o pulverulencia.

Para las sustancias químicas líquidas necesitamos obtener la volatilidad por lo que necesitamos el punto de ebullición como se muestra en la tabla 3.5 y la temperatura ambiente promedio de las salas en la tabla 3.6

Tabla 3.6 Punto de ebullición sustancias químicas líquidas

VOLATILIDAD	
SUSTANCIA QUÍMICA	PUNTO DE EBULLICIÓN °C
Metanol	64.7 °C
Hexano	68 – 69 °C
Piridina	115 °C
Cloroformo	61 °c
Acetona	6,0 °C
Diclorometano	39 °C
Acido clorhídrico	100 °C
Ácido nítrico	121 °C
Ácido sulfúrico	335° C
Ácido ortofosférico	296,5 °c
Benceno	80,09 °C
Etanol	78,29 °C
COD Solution A	124°C
COD Solution B	280 °c
Reactivo de Nesler	110 °C
Reactivo de Sulfuro 2	110 °C
Tubos DQO Rango Alto	100 °C

Fuente: Datos extraídos de las MSDS proveedores

Elaborado por el autor

Tabla 3.7 Temperatura ambiente promedio

SALAS	TEMPERATURA
LABORATORIO GENERAL 1	22°C
LABORATORIO GENERAL 2	18°C
SALA DE EXTRACCIONES 1	20°C
SALA DE EXTRACCIONES 2	19°C
SALA DE BALANZAS	21°C
SALA DE SKALAR	22,5°C
CROMATOGRAFIA	23°C

Fuente: Datos obtenidos del Laboratorio de Química Analítica Ambiental

Elaborado por el autor

Para las sustancias químicas en estado sólido se determinó la clase de pulverulencia basándonos en la descripción del material sólido que nos da la NTP 937.

Tabla 3.8 Pulverulencia sustancias químicas sólidas

PULVERULENCIA			
SUSTANCIA QUÍMICA	ESTADO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL SÓLIDO	CLASE DE PULVERULENCIA
Disodio tetraborato decahidratado	SOLIDO	Polvo fino *	3
Salicilato de sodio	SOLIDO	Polvo fino *	3
Dicromato de potasio	SOLIDO	En grano *	2
Fenol	SOLIDO	Escamas *	1

FUENTE: NTP 937, Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en INRS. 2012

*Datos obtenidos por observación de las sustancias en el laboratorio

Elaborado por el autor

Se evaluó el riesgo químico por cada sustancia química ya que la presencia de estas en cada uno de los procesos se realiza con características diferentes en cuanto a zonas de trabajo por ende diferentes protecciones colectivas. Al obtener todos los datos de las variables como la volatilidad/pulverulencia, el procedimiento y la protección colectiva se procede a evaluar el riesgo químico basándonos en cada una de las sustancias mediante una matriz donde se aplica el método de la NTP 937 donde se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3.9 Puntuación del riesgo por inhalación-prioridad de acción

PROCESO	SUSTANCIA QUÍMICA	CLASE DE CANTIDAD	CLASE DE FRECUENCIA	CLASE DE EXPOSICIÓN POTENCIAL	CLASE DE PELIGRO	CLASE DE RIESGO POTENCIAL	PUNTAJÓN RIESGO POTENCIAL	CLASES VOLATILIDAD O PULVERULENCIA	PUNTAJÓN VOLATILIDAD O PULVERULENCIA	CLASE DE PROCEDIMIENTO	PUNTAJÓN PROCEDIMIENTO	CLASE DE PROTECCIÓN COLECTIVA	PUNTAJÓN DE PROTECCIÓN COLECTIVA	FCVLA	PUNTAJÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN	PRIORIDAD DE ACCIÓN
Tensoactivos	Disodio tetraborato decahidratado	1	1	1	4	3	100	3	100	2	0,05	4	1	1	500	RIESGO MODERADO
Amonio	Salciato de sodio	1	1	1	3	2	10	3	100	2	0,05	4	1	1	50	RIESGO A PRIORI BAJO
Cromo	Dicromato de potasio	1	1	1	5	4	1000	2	10	2	0,05	4	1	10	5000	RIESGO PROBABLEMENTE MUY ELEVADO
VOCS	Metanol	1	1	1	4	3	100	3	100	2	0,05	4	1	1	500	RIESGO MODERADO
Aceites y grasas	Hexano	2	3	2	3	2	10	3	100	2	0,05	3	0,7	1	35	RIESGO A PRIORI BAJO
TPH, HAPS AGUA		2	3	2		2	10			2	0,05	3	0,7		35	RIESGO A PRIORI BAJO
TPH, HAPS SUELOS		2	3	2		2	10			2	0,05	4	1		50	RIESGO A PRIORI BAJO
Preparación de soluciones		2	2	2		2	10			2	0,05	3	0,7		35	RIESGO A PRIORI BAJO
Pesticidas y PCB AGUA		2	3	2		2	10			2	0,05	3	0,7		35	RIESGO A PRIORI BAJO
Pesticidas y PCB SUELOS		2	3	2		2	10			2	0,05	4	1		50	RIESGO A PRIORI BAJO
Cianuro	Piridina	1	1	1	3	2	10	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,005	RIESGO A PRIORI BAJO
Gasificación	Cloroformo	2	1	2	4	3	100	3	100	4	1	1	0,001	1	10	RIESGO A PRIORI BAJO
TPH, HAPS SUELOS	Acetona	2	1	2	2	1	1	3	100	2	0,05	4	1	1	5	RIESGO A PRIORI BAJO
Pesticidas y PCB en aguas	Diclorometano	2	3	2	4	3	100	3	100	2	0,05	3	0,7	1	350	RIESGO MODERADO
Digestión suelos y agua	Acido clorhídrico	2	2	2	2	1	1	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,0005	RIESGO A PRIORI BAJO
Digestión suelos y agua	Ácido nítrico	2	2	2	4	3	100	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,05	RIESGO A PRIORI BAJO
Tensoactivos	Ácido sulfúrico	1	1	1	5	4	1000	1	1	2	0,05	1	0,001	10	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Preservación de muestras		1	1	1		4	1000			2	0,05	1	0,001		0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Fenoles en agua	Ácido ortofosfórico	1	1	1	3	2	10	1	1	2	0,05	1	0,001	1	0,0005	RIESGO A PRIORI BAJO
Preservación de muestras		1	1	1		2	10			2	0,05	1	0,001		0,0005	RIESGO A PRIORI BAJO
Fenoles en agua	Fenol	1	1	1	4	3	100	1	1	2	0,05	4	1	1	5	RIESGO A PRIORI BAJO
Tensoactivos	Benceno	1	1	1	5	4	1000	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Tensoactivos	Etanol	1	1	1	3	2	10	3	100	2	0,05	3	0,7	1	35	RIESGO A PRIORI BAJO
Demanda química de oxígeno	COD Solution A	2	1	2	3	2	10	2	10	2	0,05	4	1	1	5	RIESGO A PRIORI BAJO
	COD Solution B	2	1	2	5	4	1000	1	1	2	0,05	4	1	1	50	RIESGO A PRIORI BAJO
Amonio	Reactivo de Nesler	1	1	1	4	3	100	2	10	2	0,05	4	1	1	50	RIESGO A PRIORI BAJO
Sulfuro	Reactivo de Sulfuro 2	1	2	1	5	4	1000	2	10	2	0,05	4	1	1	500	RIESGO MODERADO
Demanda química de oxígeno	Solución de digestión para DQO Rango alto	1	1	1	5	4	1000	2	10	2	0,05	4	1	1	500	RIESGO MODERADO

Fuente: Datos obtenidos del Laboratorio de Química Analítica Ambiental

NTP 937, Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación

(III). Método basado en INRS. 2012

Elaborado por el autor

Después de haber realizado la evaluación de cada una de las variables, se obtiene una puntuación del riesgo por inhalación de cada sustancia, la cual se resume en la tabla 3.10 también se le incluyó al hexano debido a que se emplea en varios procesos y se buscaba tener la puntuación del riesgo por sustancia por lo que en este caso se realizó una suma de la puntuación de riesgo para obtener la caracterización del riesgo por inhalación.

Tabla 3.10 Puntuación del riesgo por inhalación por sustancia química

Sustancia química	Suma de puntuación del riesgo por inhalación	Caracterización del riesgo
Dicromato de potasio	5 000	RIESGO PROBLABLEMENTE MUY ELEVADO
Metanol	500	RIESGO MODERADO
Disodio tetraborato decahidratado	500	RIESGO MODERADO
Reactivo de Sulfuro 2	500	RIESGO MODERADO
Solución de digestión para DQO Rango alto	500	RIESGO MODERADO
Diclorometano	350	RIESGO MODERADO
Hexano	240	RIESGO MODERADO

FUENTE: Tabla 3.9 de este documento

Elaborado por el autor

Después de haber evaluado cada una de las sustancias químicas de la muestra, se obtiene como resultado que el dicromato de potasio tiene una puntuación de riesgo de 5000 es decir que el riesgo es probablemente muy elevado, por otro lado, las siguientes sustancias: metanol, fenol, reactivo de sulfuro 2, solución de digestión para DQO Rango alto, diclorometano y hexano tienen una puntuación del riesgo alrededor de 200 a 500 por lo que significa que el riesgo es moderado. Las demás sustancias tuvieron un resultado de Riesgo a Priori Bajo por lo que no necesitan un estudio minucioso ya que cumple con los principios de la prevención.

Se analizó también la puntuación del riesgo por inhalación por proceso, a continuación, se encuentra detallado las salas de trabajo por proceso en la tabla 3.8

Tabla 3.11 Zonas de trabajo por proceso

SUSTANCIA QUÍMICA	PROCESO	SALA DE TRABAJO
Disodio tetraborato decahidratado	Tensoactivos	LABORATORIO GENERAL 1
Ácido sulfúrico		VITRINA DE LABORATORIO SALA DE EXTRACCION 1
Benceno		SALA DE EXTRACCIONES 1
Etanol		
Ácido orto fosfórico	Fenoles en agua	VITRINA DE LABORATORIO SALA DE EXTRACCION 1
Fenol		SALA DE BALANZAS
Ácido sulfúrico	Preservación de muestras	VITRINA DE LABORATORIO SALA DE EXTRACCION 1
Ácido orto fosfórico		
Ácido clorhídrico	Digestión suelos y agua	VITRINA DE LABORATORIO SALA DE EXTRACCION 2
Ácido nítrico		
Solución de digestión para DQO Rango alto	Demanda química de oxígeno	LABORATORIO GENERAL 1
COD Solution A		SALA DE SKALAR
COD Solution B		
Salicilato de sodio	Amonio	LABORATORIO GENERAL 1
Reactivo de Nesler	Cromo	SALA DE BALANZAS
Dicromato de potasio		
Metanol	VOCS	LABORATORIO GENERAL 2
Reactivo de Sulfuro 2	Sulfuro	LABORATORIO GENERAL 1
Piridina	Cianuro	SALA DE EXTRACCIONES 1
Cloroformo	Gasificación	SALA DE EXTRACCIONES 2
Diclorometano	Pesticidas y PCB en agua	SALA DE EXTRACCIONES 1
Hexano		
Hexano	Pesticidas y PCB en suelos	LABORATORIO GENERAL 2
Hexano	Aceites y grasas	SALA DE EXTRACCIONES 1
Hexano	Preparación de soluciones	SALA DE EXTRACCIONES 1
Hexano	TPH, HAPS AGUA	SALA DE EXTRACCIONES 1
Hexano	TPH, HAPS SUELOS	LABORATORIO GENERAL 2
Acetona		

Fuente: Obtenidas del Laboratorio de Química Analítica Ambiental

Elaborado en el autor

Se realizó una suma de la puntuación del riesgo potencial para obtener la caracterización del riesgo químico por proceso en la cual se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 3.12 Puntuación del riesgo por inhalación por proceso

SUSTANCIA QUÍMICA	PROCESO	PUNTUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN	PUNTUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN POR TAREA	CARACTERIZACION DEL RIESGO
Disodio tetraborato decahidratado	Tensoactivos	500	551	RIESGO MODERADO
Ácido sulfúrico		0,5		
Benceno		0,5		
Etanol		50		
Ácido ortofosfórico	Fenoles en agua	0,0005	5,0005	RIESGO A PRIORI BAJO
Fenol		5		
Ácido sulfúrico	Preservación de muestras	0,5	1	RIESGO A PRIORI BAJO
Ácido ortofosfórico		0,5		
Acido clorhídrico	Digestión suelos y agua	0.0005	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Ácido nítrico		0,5		
Tubos DQO Rango Alto	Demanda química de oxígeno	500	555	RIESGO MODERADO
COD Solution A		5		
COD Solution B		50		
Saliciato de sodio	Amonio	0,5	50,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Reactivo de Nesler		50		
Dicromato de potasio	Cromo	5000	5000	RIESGO PROBABLEMENTE MUY ELEVADO
Metanol	VOCS	500	500	RIESGO MODERADO
Reactivo de Sulfuro 2	Sulfuro	500	500	RIESGO MODERADO
Piridina	Cianuro	0,0005	0,0005	RIESGO A PRIORI BAJO
Cloroformo	Gasificación	10	10	RIESGO A PRIORI BAJO
Diclorometano	Pesticidas y PCB en agua	350	385	RIESGO MODERADO
Hexano		35		
Hexano	Pesticidas y PCB en suelos	50	50	RIESGO A PRIORI BAJO
Hexano	Aceites y grasas	35	35	RIESGO A PRIORI BAJO
Hexano	Preparación de soluciones	35	35	RIESGO A PRIORI BAJO
Hexano	TPH, HAPS AGUA	50	50	RIESGO A PRIORI BAJO
Hexano	TPH, HAPS SUELOS	50	55	RIESGO A PRIORI BAJO
Acetona		5		

Fuente: Tabla 3.9 de este documento

Elaborado por el autor

Se obtiene como resultado que los procesos con mayor riesgo son los siguientes:

Tabla 3.13 Puntuación del riesgo por inhalación por proceso

PROCESO	SUSTANCIA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO
Cromo	Dicromato de potasio	RIESGO PROBLABLEMENTE MUY ELEVADO
Demanda química de oxígeno	Tubos DQO Rango Alto	RIESGO MODERADO
	COD Solution A	
	COD Solution B	
VOCS	Metanol	RIESGO MODERADO
Sulfuro	Reactivo de Sulfuro 2	RIESGO MODERADO
Pesticidas y PCB en agua	Diclorometano	RIESGO MODERADO
	Hexano	
Tensoactivos	Disodio tetraborato decahidratado	RIESGO MODERADO
	Ácido sulfúrico	
	Benceno	
	Etanol	

Fuente: Tabla 3.11 de este documento

Elaborado por el autor

Se obtiene que el proceso con mayor riesgo es el Cromo debido al dicromato de potasio, los procesos como demanda química de oxígeno, VOCS, sulfuro, tensoactivos, pesticidas y PCB en agua, obtuvieron un nivel de riesgo moderado debido a las sustancias químicas con las que trabajan, en cuanto a los demás procesos tuvieron un nivel de riesgo bajo por lo que no es necesario un estudio minucioso.

Finalmente se continuó con el estudio básico donde se calculó el caudal de ventilación necesario para cada disolvente en cada sala de trabajo y se comparó con el caudal real de estas salas.

Para el caudal real o ventilación natural fue calculado con un anemómetro y midiendo las áreas de las entradas de aire de cada sala. Una vez conocidos estos datos y obteniendo el volumen de las salas se calculó también la tasa de renovación del aire en segundos.

Como se muestra en la tabla 3.14 se obtuvo un caudal teórico o efectivo (Q') de cada disolvente y se comparó con la ventilación natural real de cada sala, donde se puede apreciar que el caudal real o ventilación natural (6377,616 m3/h) supera al caudal teórico (344,2) es decir cumple con el propósito de proporcionar una ventilación adecuada a los trabajadores.

Tabla 3.14 Caudales de ventilación sala de extracciones 1

SOLVENTE	CANTIDAD	E	d	M	VALOR LIMITE C		CAUDAL EFECTIVO Q'	G	K	CAUDAL REAL PROPUESTO	CAUDAL REAL EXISTENTE (Ventilación natural)
	Kg	m3/h	Kg/m3	g/mol	ppm	mg/m3	m3/h	m3/h		m3/h	m3/h
HEXANO	12,5	2,39E-05	655	86,18	20	72	217,6	0,0044	2	688,438786	6377,616
DICLOROMETANO	10,773	1,01E-05	1330	84,93	50	177	76,1	0,0038			
BENCENO	0,1314	1,87E-07	878,6	78,11	1	3,25	50,5	0,0001			
ETANOL	0,118	1,87E-07	789	46,07	1000	1.910	0,1	0,0001			
							344,2				

Fuente: Datos extraídos de las MSDS proveedores

Elaborado en el autor

*Distribución de aire correcto

**Datos obtenidos del Laboratorio de Química Ambiental

Para el cálculo de la tasa de renovación de aire de la sala, necesitamos los datos del volumen del área y el caudal real en m3/s.

Como se puede apreciar en la tabla 3.15 en 30,44 segundos se renueva el aire de la sala de extracciones 1

Tabla 3.15 Tasa de renovación de aire sala de extracciones 1

CAUDAL REAL	VOLUMEN DE LA SALA	TASA DE RENOVACIÓN DE AIRE
m ³ /s	m ³	s
1,77156	53,9392	30,44728939

Fuente: Datos obtenidos del Laboratorio de Química Ambiental

Elaborado en el autor

Como se muestra en la tabla 3.16 se obtuvo un caudal teórico o efectivo (Q') de cada disolvente y se comparó con la ventilación natural real de cada sala, donde se puede apreciar que el caudal real o ventilación natural (1814,4 m³/h) supera al caudal teórico (293,7) es decir cumple con el propósito de proporcionar una ventilación adecuada a los trabajadores.

Tabla 3.16 Caudales de ventilación sala de recuperaciones

SOLVENTE	CANTIDAD	E	d	M	VALOR LIMITE C		CAUDAL EFECTIVO Q'	G	K	CAUDAL REAL PROPUESTO	CAUDAL REAL EXISTENTE (Ventilación natural)
	Kg	m ³ /h	Kg/m ³	g/mol	ppm	mg/m ³	m ³ /h	m ³ /h		m ³ /h	m ³ /h
HEXANO	12,5	2,39E-05	655	86,18	20	72	217,6	0,0044	2*	1468,376319	1814,4**
DICLOROMETANO	10,773	1,01E-05	1330	84,93	50	177	76,1	0,0038			
							293,7				

Fuente: Datos extraídos de las MSDS proveedores

Elaborado en el autor

*Distribución de aire correcto

**Datos obtenidos del Laboratorio de Química Ambiental

Como se puede apreciar en la tabla 3.17 en 62,47 segundos se renueva el aire de la sala de recuperaciones

Tabla 3.17 Tasa de renovación de aire sala de recuperaciones

CAUDAL REAL	VOLUMEN DE LA SALA	TASA DE RENOVACIÓN DE AIRE
m ³ /s	m ³	s
0,504	31,48544	62,47111111

Fuente: Datos obtenidos del Laboratorio de Química Ambiental

Elaborado en el autor

Como se muestra en la tabla 3.18 se obtuvo un caudal teórico o efectivo (Q') de cada disolvente y se comparó con la ventilación natural real de cada sala, donde se puede apreciar que el caudal real o ventilación natural (2073,6 m³/h) supera al caudal teórico (502,1) es decir cumple con el propósito de proporcionar una ventilación adecuada a los trabajadores.

Tabla 3.18 Caudales de ventilación sala de extracciones 2

SOLVENTE	CANTIDAD	E	d	M	VALOR LIMITE C		CAUDAL EFECTIVO Q'	G	K	CAUDAL REAL PROPUESTO	CAUDAL REAL EXISTENTE (Ventilación natural)
	Kg	m3/h	Kg/m3	g/mol	ppm	mg/m3	m3/h	m3/h		m3/h	m3/h
CLOROFORMO	3,996	3,37E-06	1483	119,38	2	10	502,1	0,0010	1,5*	753,1412	2073,6**

Fuente: Datos extraídos de las MSDS proveedores

*Distribución de aire buena

**Datos obtenidos del Laboratorio de Química Ambiental

Como se puede apreciar en la tabla 3.19 en 92,16 segundos se renueva el aire de la sala de extracciones 2

Tabla 3.19 Tasa de renovación de aire sala de extracciones 2

CAUDAL REAL	VOLUMEN DE LA SALA	TASA DE RENOVACIÓN DE AIRE
m3/s	m3	s
0,576	53,088	92,16666667

Fuente: Datos obtenidos del Laboratorio de Química Ambiental

Elaborado en el autor

Como se muestra en la tabla 3.20 se obtuvo un caudal teórico o efectivo (Q') de cada disolvente y se comparó con la ventilación natural real de cada sala, donde se puede apreciar que el caudal real o ventilación natural (658,8 m³/h) supera al caudal teórico (332,4) es decir que la concentración ambiental de las sustancias está a un nivel aceptable para el bienestar del trabajador pero se recomendaría mejorar el caudal de esta sala para llegar al propuesto.

Tabla 3.20 Caudales de ventilación laboratorio general 2

SOLVENTE	CANTIDAD	E	d	M	VALOR LIMITE C		CAUDAL EFECTIVO Q'	G	K	CAUDAL REAL PROPUESTA	CAUDAL REAL EXISTENTE (Ventilación natural)
	Kg	m ³ /h	Kg/m ³	g/mol	ppm	mg/m ³	m ³ /h	m ³ /h		m ³ /h	m ³ /h
HEXANO	1,9	3,63E-05	655	86,18	20	72	330,7	0,0066	5*	1662,1501	658,8**
ACETONA	0,593	9,41E-07	788	58,08	500	1.210	0,6	0,0003			
METANOL	0,238	3,76E-07	792	32,04	200	266	1,1	0,0002			
							332,4				

Fuente: Datos extraídos de las MSDS proveedores

Elaborado en el autor

* Distribución de aire deficiente

**Datos obtenidos del Laboratorio de Química Ambiental

Como se puede apreciar en la tabla 3.21 en 220,62 segundos se renueva el aire del Laboratorio general 2

Tabla 3.21 Tasa de renovación de aire del laboratorio general 2

CAUDAL REAL	VOLUMEN DE LA SALA	TASA DE RENOVACIÓN DE AIRE
m3/s	m3	s
0,183	40,375	220,6284153

FUENTE: Datos obtenidos del laboratorio

Elaborado en el autor

3.2 Aplicación práctica

Para minimizar el riesgo por inhalación de elevado a bajo en el caso del dicromato de potasio en primera instancia se debería trabajar en la fuente lo que implica una sustitución de la sustancia química pero por cuestiones del método no es posible hacer este cambio por lo que se propone la intervención en el medio, en este caso con una protección colectiva, haciendo uso de la vitrina de laboratorio de captación envolvente para esta sustancia, para reducir el riesgo de moderado a bajo en el caso del metanol, disodio tetraborato decahidratado, reactivo de sulfuro 2, solución de digestión para DQO, diclorometano y el hexano se recomienda implementar una protección colectiva como una campana superior, una rendija/mesa de aspiración, una cabina de extracción o el uso de la vitrina de laboratorio de captación con estas sustancias.

Si se asume esta protección colectiva el riesgo se reducirá a bajo, después que se realice este cambio la puntuación del riesgo por inhalación sería menor a 1. En el caso del laboratorio estudiado cuentan con 4 vitrinas de laboratorio por lo que se podría cambiar la zona de trabajo de dichas sustancias, para que lo hagan en las vitrinas de laboratorio y así se reduzca el riesgo.

Tabla 3.22 Puntuación riesgo de inhalación reevaluación

PROCESO	SUSTANCIA QUÍMICA	CLASE DE CANTIDAD	CLASE DE FRECUENCIA	CLASE DE EXPOSICIÓN POTENCIAL	CLASE DE PELIGRO	CLASE DE RIESGO POTENCIAL	PUNTAJACIÓN RIESGO POTENCIAL	CLASES VOLATILIDAD O PULVERULENCIA	PUNTAJACIÓN VOLATILIDAD O PULVERULENCIA	CLASE DE PROCEDIMIENTO	PUNTAJACIÓN PROCEDIMIENTO	CLASE DE PROTECCIÓN COLECTIVA	PUNTAJACIÓN DE PROTECCIÓN COLECTIVA	FCVLA	PUNTAJACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN	PRIORIDAD DE ACCIÓN
Tensoactivos	Disodio tetraborato decahidratado	1	1	1	4	3	100	3	100	2	0,05	1	0,001	1	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Amonio	Salicato de sodio	1	1	1	3	2	10	3	100	2	0,05	4	1	1	50	RIESGO A PRIORI BAJO
Cromo	Dicromato de potasio	1	1	1	5	4	1000	2	10	2	0,05	1	0,001	10	5	RIESGO A PRIORI BAJO
VOCS	Metanol	1	1	1	4	3	100	3	100	2	0,05	1	0,001	1	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Aceites y grasas	Hexano	2	3	2	3	2	10	3	100	2	0,05	1	0,001	1	0,05	RIESGO A PRIORI BAJO
TPH, HAPS AGUA		2	3	2		2	10			2	0,05	1	0,001		0,05	RIESGO A PRIORI BAJO
TPH, HAPS SUELOS		2	3	2		2	10			2	0,05	1	0,001		0,05	RIESGO A PRIORI BAJO
Preparación de soluciones		2	2	2		2	10			2	0,05	1	0,001		0,05	RIESGO A PRIORI BAJO
Pesticidas y PCB AGUA		2	3	2		2	10			2	0,05	1	0,001		0,05	RIESGO A PRIORI BAJO
Pesticidas y PCB SUELOS		2	3	2		2	10			2	0,05	1	0,001		0,05	RIESGO A PRIORI BAJO
Cianuro	Piridina	1	1	1	3	2	10	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,005	RIESGO A PRIORI BAJO
Gasificación	Cloroformo	2	1	2	4	3	100	3	100	4	1	1	0,001	1	10	RIESGO A PRIORI BAJO
TPH, HAPS SUELOS	Acetona	2	1	2	2	1	1	3	100	2	0,05	4	1	1	5	RIESGO A PRIORI BAJO
Pesticidas y PCB en agua	Diclorometano	2	3	2	4	3	100	3	100	2	0,05	1	0,001	1	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Digestión suelos y agua	Ácido clorhídrico	2	2	2	2	1	1	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,0005	RIESGO A PRIORI BAJO
Digestión suelos y agua	Ácido nítrico	2	2	2	4	3	100	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,05	RIESGO A PRIORI BAJO
Tensoactivos	Ácido sulfúrico	1	1	1	5	4	1000	1	1	2	0,05	1	0,001	10	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Preservación de muestras		1	1	1		4	1000			2	0,05	1	0,001		0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Fenoles en agua	Ácido ortofosfórico	1	1	1	3	2	10	1	1	2	0,05	1	0,001	1	0,0005	RIESGO A PRIORI BAJO
Preservación de muestras		1	1	1		2	10			2	0,05	1	0,001		0,0005	RIESGO A PRIORI BAJO
Fenoles en agua	Fenol	1	1	1	4	3	100	1	1	2	0,05	4	1	1	5	RIESGO A PRIORI BAJO
Tensoactivos	Benceno	1	1	1	5	4	1000	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Tensoactivos	Etanol	1	1	1	3	2	10	3	100	2	0,05	4	1	1	50	RIESGO A PRIORI BAJO
Demanda química de oxígeno	COD Solution A	2	1	2	3	2	10	2	10	2	0,05	4	1	1	5	RIESGO A PRIORI BAJO
	COD Solution B	2	1	2	5	4	1000	1	1	2	0,05	4	1	1	50	RIESGO A PRIORI BAJO
Amonio	Reactivo de Nesler	1	1	1	4	3	100	2	10	2	0,05	4	1	1	50	RIESGO A PRIORI BAJO
Sulfuro	Reactivo de Sulfuro 2	1	2	1	5	4	1000	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO
Demanda química de oxígeno	Solución de digestión para DQO Rango alto	1	1	1	5	4	1000	2	10	2	0,05	1	0,001	1	0,5	RIESGO A PRIORI BAJO

Fuente: Tabla 3.9 de este documento

NTP 937, Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación

(III). Método basado en INRS. 2012

Elaborado en el autor

CAPITULO IV. DISCUSIÓN

4.1 Conclusiones

Culminando con el estudio pudimos constatar con la identificación de peligros que de las 24 sustancias químicas que se analizaron, 9 de ellas eran sustancias posiblemente mutagénicas y cancerígenas las cuales necesitan una evaluación detallada. Y de las 24 sustancias que se analizaron, las siguientes son controladas: acetona, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, benceno, diclorometano, hexano. Por lo que el laboratorio cuenta con una calificación sobre manejo de Sustancias Catalogadas Sujetas a Fiscalización.

Para la jerarquización de los agentes químicos se utilizó la cantidad, frecuencia y frases H de las sustancias, en la cual se estableció una muestra de 21 sustancias; 3 de ellas tuvieron una prioridad de acción baja por lo que no llegaron a formar parte de la muestra, entre ellas el acetato de zinc dihidratado, el sulfato de sodio nanohidratado y la solución de digestión para DQO rango bajo, esto debido a que sus clases de peligro eran bajas.

Pasando a la evaluación del riesgo químico por inhalación podemos concluir que la sustancia química con mayor riesgo es el dicromato de potasio debido a sus clases de peligro, su pulverulencia de clase 2 ya que es un polvo en grano (1-2mm) también por su zona de trabajo en la sala de balanzas que no tiene ninguna ventilación mecánica, y principalmente por su VLA de 0,05 mg/m³.

En el caso del metanol el cual obtuvo un nivel de riesgo moderado fue por su volatilidad de clase 3 y también debido a su zona de trabajo, la cual es en el laboratorio general 2 y esta no tienen ninguna ventilación mecánica.

Con el disodio tetraborato decahidratado también se obtuvo un nivel de riesgo moderado debido a su pulverulencia clase 1 ya que es un polvo fino.

En el caso del diclorometano su riesgo es moderado debido a que están expuestos dos horas al día y su volatilidad es de clase 3, pero utilizan la sustancia en una sala con ventilación mecánica lo cual disminuye el riesgo.

En el caso del hexano su riesgo es moderado en la suma de puntuación de riesgo potencial debido a la cantidad de procesos en la que se emplea, también por su frecuencia de dos horas al día y su clase 3 en volatilidad.

En el caso de las mezclas comerciales como el reactivo de sulfuro 2 y la solución de digestión para DQO, obtuvieron un nivel moderado debido a sus clases de peligro, su volatilidad de clase 2 y a su zona de trabajo en el laboratorio general 1 la cual no tiene ninguna ventilación mecánica.

Con respecto a las ventilaciones se pudo constatar que la ventilación natural o caudal real de cada sala cumple con el propósito de proporcionar una ventilación adecuada a los trabajadores ya que se puede apreciar que el caudal real supera al caudal efectivo.

Finalmente podemos concluir que a pesar de trabajar con numerosas sustancias químicas se mantiene un nivel de riesgo bajo en la mayoría de las sustancias debido a sus procedimientos y su protección colectiva, por otro lado, en las que se obtuvo un nivel de riesgo elevado y moderado se puede disminuir el riesgo mediante medidas preventivas aplicando la gestión integral del riesgo desde la fuente, medio y por último sobre el trabajador con equipos de protección personal.

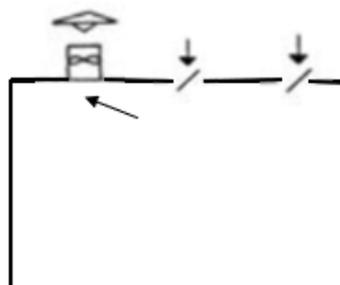
4.2 Recomendaciones

Se recomienda siempre atacar el riesgo desde la fuente, donde se busca cambiar la sustancia química, mediante la sustitución por otra que no sea peligrosa, o una que lo sea en menor medida, ya que son sustancias que se usan para métodos específicos es imposible cambiarlas, por este motivo se recomienda la aplicación de técnicas de seguridad e higiene con el objeto de plantear medidas de protección colectiva en el medio, para que los trabajadores realicen sus actividades de forma segura y saludable.

Ya que el laboratorio cuenta con 4 vitrinas de laboratorio de captación envolvente se recomienda que en el caso del dicromato de potasio que tiene un riesgo elevado se use la vitrina de la sala de extracciones 1. También se recomienda cambiar la zona de trabajo de las sustancias que salieron con riesgo moderado, para que también lo realicen en la vitrina del laboratorio de la sala de extracciones 1.

En cuanto a la ventilación se recomienda mejorar el caudal de ventilación del laboratorio general 2 colocando un extractor o mejorando la entrada y salida de aire. Adicional en la sala de extracciones 1 a pesar de que el caudal teórico no superó al caudal real se recomienda mejorar el diseño de la ventilación ya que como se ve en la figura 3 la extracción y salida de aire, están colocadas en la parte superior lateral de la sala. Por lo que se recomienda colocar el extractor y las entradas de aire como se puede observar en la figura 4.

Figura 3. Diagrama de ventilación sala de extracciones 1



Fuente: Elaborado por el autor

Obtenido por observación de las sustancias en el laboratorio

Figura 4. Diagrama de buena situación del extractor



Fuente: Manual de higiene Industrial y Ergonomía Aplicada, J escalada, J Farrona, J Fernandez, J Llaneza, J Perez, O Gonzales, y P Álvarez / año 1995 / Graficas Oviedo / ISBN 84-88034-96-2

En cuanto a las medidas administrativas se recomienda establecer una ATS (Análisis de trabajo seguro) cada vez que trabajen con estas sustancias, así como los permisos de trabajo, y los planes de emergencia en cuanto a derrames.

Y finalmente en cuanto a la actuación sobre el trabajador, se recomienda implantar en el plan de actividades de SSA capacitaciones sobre actuación en caso de derrames, así como el uso adecuado del kit antiderrame y también realizar un programa de toma de conciencia sobre riesgos químicos. Así como la revisión diaria del equipo de protección personal que tienen los analistas. Entre el EPP que usan tenemos los señalados en la tabla 3.23.

Tabla 3.23 Matriz de EPP

RIESGO	PELIGRO	ACCESORIO EPI's / EPP	ESPECIFICACIONES
R I E S G O Q U Í M I C O	Exposición a químicos	PROTECCIÓN PARCIAL DE CUERPO	MANDIL PARA MANEJO DE QUÍMICOS Este debe ser 100% de algodón
		GUANTES PARA MANIPULACIÓN DE QUÍMICOS	GUANTE PARA MANEJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS Guante de Nitrilo, Guante largo resistente a químicos, resistencia a la abrasión. Buen agarre tanto en seco como mojado. Para manipulación de productos químicos NORMA; CE. EN420 EN388
	Proyección de partículas, vapores (ácidos, alcalinos, orgánicos, etc), salpicaduras.	PROTECCIÓN OCULAR	GAFAS DE SEGURIDAD Para protección contra polvo fino o salpicadura de productos químicos deberán tener ventilación indirecta y anti empañó Filtro de rayos UV Impactos de alta velocidad (120m/s) NORMA: ANSI Z87,1 ó CE EN 166
	Inhalación de vapores orgánicos y vapores ácidos que puedan provocar intoxicación	PROTECCIÓN RESPIRATORIA	RESPIRADOR DE MEDIA CARA CON FILTROS, EQUIPO PURIFICADOR DE AIRE Se utilizan en combinación con filtros para partículas y/o cartuchos químicos. Tienen aprobación NIOSH, de acuerdo con las combinaciones de cartuchos - filtros - suministro de aire considerados. NORMA: NIOSH 42CFR84 ANSI Z88,2 Norma INEN 2424 FILTROS PARA VAPORES ORGÁNICOS Y VAPORES ÁCIDOS Clasificación de Filtro por color (Amarillo E 1, 2 o 3) protege contra cloro, cloruro de hidrógeno, dióxido de azufre, dióxido de cloro sulfuro de hidrógeno (solo para fugas) o fluoruro de hidrógeno. NORMA: UNE-EN 143:2001/A1:2006 Norma INEN 2423

Fuente: Fichas Técnicas del Equipo de Protección Personal de los analistas

Elaborado por el autor

Adicional se recomienda el uso de calzado de seguridad de protección química, así como el uso de un protector facial contra salpicaduras de líquidos químicos.

Se recomienda la continuación de la gestión del riesgo químico con una evaluación detallada (mediciones) de todas las sustancias de la Tabla 3.3 que corresponden a sustancias posiblemente cancerígenas y mutagénicas.

Igualmente se debe realizar un estudio por contacto con la piel para las sustancias que son tóxicas o nocivas para la piel, siendo uno de los casos el dicromato de potasio.

Para culminar se recomienda un análisis detallado de la disposición de residuos al ambiente de las sustancias que en sus frases H indiquen que son dañinas al medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, B. G. (s.f.). *Riesgo químico: sistemática para la evaluación higiénica*. Madrid: INSHT.
- Arbañil, J. P. (7 de 6 de 2006). *Boletín de la Sociedad Peruana de Medicina Interna*. Obtenido de TOXICIDAD DE LOS SOLVENTE COMO RIESGO OCUPACIONAL:
<https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/spmi/v13n1/Toxicidad.htm>
- Berenguer, M. &. (2004). *Clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. Nota Técnica de Prevención n° 635*. Barcelona: INSHT.
- Cava y Quintanilla. (9 de 2016). *EVALUACIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS*. Obtenido de <http://193.147.134.18/bitstream/11000/3184/1/Cava%20Abellan%2C%20Estefan%20C3%ADa%20TFM.pdf%20Hecho.pdf>
- Cavallé y Hernández, N. C. (s.f.). *INSHT*. Obtenido de NTP 741: Ventilación general por dilución:
https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_741.pdf/6e87a3f1-0c81-4323-9be5-772e2e593a18
- Encarnación Sousa Rodríguez, C. T. (2008). *Aplicación de métodos simplificados de evaluación del riesgo químico con efectos para la salud*.
- Fetasa. (07 de abril de 2017). *fetasa.es*. Obtenido de <https://fetasa.es/blog/hojas-seguridad-resina-epoxi/>
- Guananga, A. C. (2019). *Evaluación higiénica cualitativa del riesgo químico por exposición a sustancias químicas peligrosas en un laboratorio de análisis químico ambiental*. Cuenca.
- Guardino y Bartual, J. B. (1980). *NTP 244: Criterios de valoración en Higiene industrial*. Obtenido de INSHT: https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_244.pdf/b853aaf2-955b-41d7-b021-7bd702ecdd9d
- Guardino, X. (2010). *NTP 878 Regulación UE sobre productos químicos (II). Reglamento CLP: aspectos básicos*. Obtenido de INSHT:

<https://www.insst.es/documents/94886/328681/878w.pdf/7dbc6e10-0052-463e-a04a-5fa4e5d2b580>

Gutiérrez, M. E. (2018). *Exposición a riesgos químicos entrabajadoresde Farmacia y Bioquímica en Trujillo*. Trujillo-Perú. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11707/2E538.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

Hena Robledo, F. (2007). *Riesgos químicos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Hidalgo, C. X. (1 de 06 de 2019). i UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y COMPORTAMIENTO HUMANOTESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERIA EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL. *EVALUACIÓN DE RIESGOS QUÍMICOS POR INHALACIÓN EN LOS TRABAJADORES DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE LENTES ÓPTICOS*. Quito, Ecuador.

Hinkamp, D. L. (2012). PROPIEDADES DE LOS ACIDOS INORGANICOS. En INSHT, *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*. Madrid.

INSHT. (2001). *REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad delos trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante eltrabajo*. Obtenido de <https://saludlaboralydiscapacidad.org/wp-content/uploads/2019/05/Real-Decreto-374-2001-de-6-abril-correcciones-riesgos-agentes-qu%C3%ADmicos-durante-el-trabajo.pdf>

INSHT. (2010). *NTP 878*. Obtenido de Regulación UE sobre productos químicos (II). Reglamento CLP: aspectos básicos : <https://www.insst.es/documents/94886/328681/878w.pdf/7dbc6e10-0052-463e-a04a-5fa4e5d2b580>

INSHT. (2010). *NTP 878*.

INSHT. (2013). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos pre-sentes en los lugares de trabajo*. Madrid: Servicios Gráficos Kenaf.

INSST. (s.f.). *www.insst.es*. Obtenido de Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo: <https://www.insst.es/-/evaluacion-de-la-exposicion-a-agentes-quimicos>

- ISTAS. (2019). *ISTAS.NET*. Obtenido de Riesgo Químico / Iistas: <https://istas.net/salud-laboral/peligros-y-riesgos-laborales/riesgo-quimico>
- Lara, A. (01 de 05 de 2020). *MANUAL MSD*. Obtenido de MANUAL MSD Versió para público general: <https://www.msmanuals.com/es-ec/hogar/trastornos-del-pulm%C3%B3n-y-las-v%C3%ADas-respiratorias/enfermedades-pulmonares-de-origen-ambiental/exposici%C3%B3n-a-gases-y-a-sustancias-qu%C3%ADmicas>
- Marín-Sánchez, D. M.-A.-D. (2017). EVALUACIÓN DE RIESGOS QUÍMICOS EN UN LABORATORIO DE QUÍMICA ANALÍTICA POR EL MÉTODO COSSH ESSENTIALS. . *Ciencia en su PC [en línea]*, 91-106.
- OIT. (2013). *La seguridad y la salud en el uso de productos químicos en el trabajo*. Ginebra: Safe Day.
- OMS. (2004). *The global burden of disease: 2004 update*. WHO.
- Quiñonez, X. P. (2020). *IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS QUÍMICOS POR EXPOSICIÓN A SOLVENTES EN EL ÁREA DE PREPARACIÓN DE COLOR DE PINTURA EN UNA SUCURSAL DE LA EMPRESA PINTULAC S.A. EN EL NORTE DE QUITO*. Quito.
- Trabajadores, F. d. (s.f.). *Salud laboral y discapacidad*. Obtenido de <https://saludlaboralydiscapacidad.org/disciplinas-preventivas/higiene-industrial/quimicos/>
- Yunta, M. J. (2018). *Frases-R y -S*. Madrid.

