

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN,
TELECOMUNICACIONES E INDUSTRIAL**

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y
AMBIENTAL**

TEMA: Riesgos Químicos y su incidencia en la salud de los trabajadores del área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A

Trabajo de investigación previo a la obtención del grado académico de Magister en
Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental

Autor(a): Ingeniera Marcela Alejandra Córdova Toscano

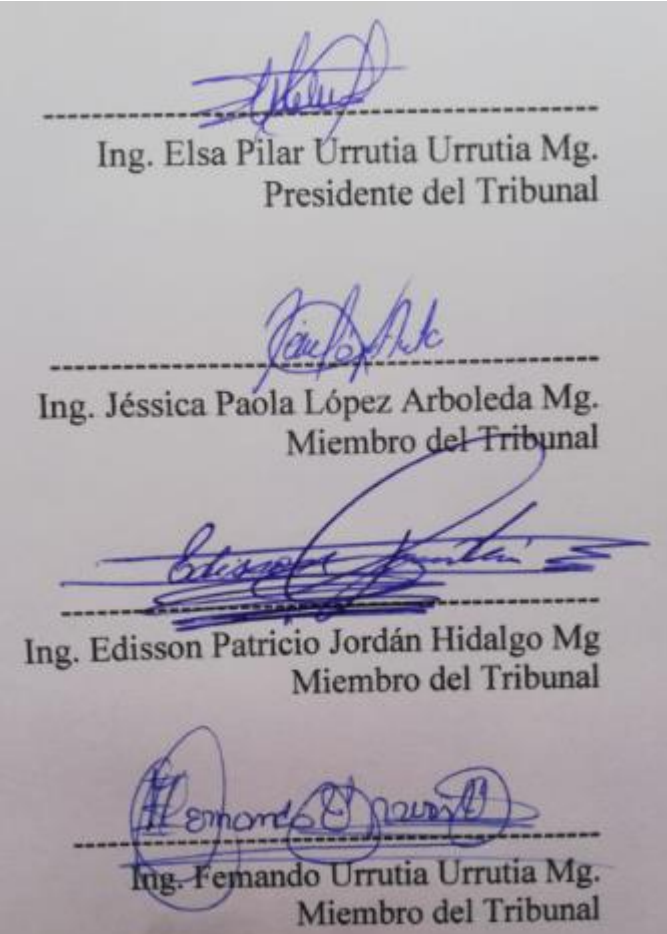
Director(a): Ingeniero César Aníbal Rosero Mantilla, Mg

Ambato - Ecuador

2019

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial.

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg., e integrado por los señores Ingeniera Jéssica Paola López Arboleda Mg., Ingeniero Edison Patricio Jordán Hidalgo Mg. e Ingeniero Femando Urrutia Urrutia Mg. designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “Riesgos Químicos y su incidencia en la salud de los trabajadores del área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A”, elaborado y presentado por la Ingeniera Marcela Alejandra Córdova Toscano, para optar por el Grado Académico de Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidente del Tribunal

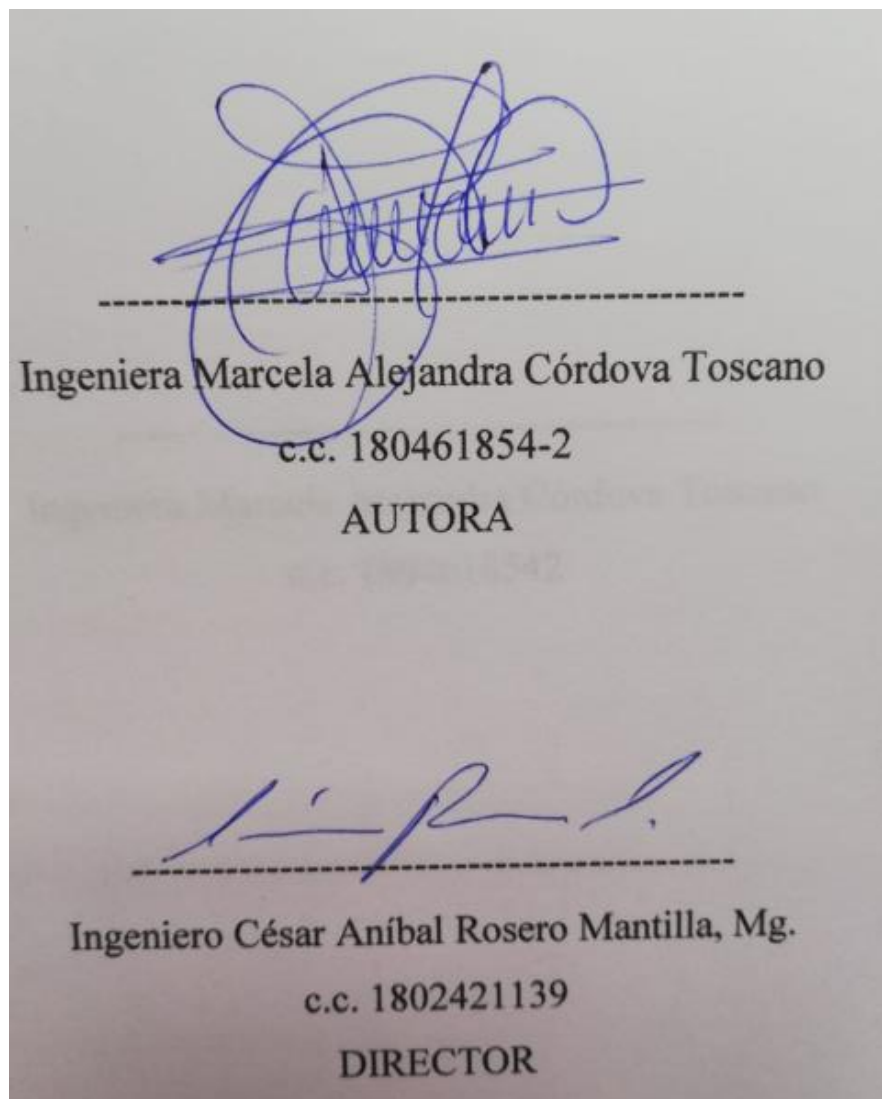
Ing. Jéssica Paola López Arboleda Mg.
Miembro del Tribunal

Ing. Edison Patricio Jordán Hidalgo Mg
Miembro del Tribunal

Ing. Femando Urrutia Urrutia Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN


La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “Riesgos Químicos y su incidencia en la salud de los trabajadores del área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A”, le corresponde exclusivamente a la Ingeniera Marcela Alejandra Córdova Toscano, Autora, bajo la Dirección del Ingeniero César Aníbal Rosero Mantilla, Mg., Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ingeniera Marcela Alejandra Córdova Toscano
c.c. 180461854-2
AUTORA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
A la Unidad Académica de Titulación.....	ii
AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
AGRADECIMIENTO	xvi
DEDICATORIA	xvii
RESUMEN EJECUTIVO	xviii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	3
1.1 Tema de investigación.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.2.1 Contextualización.....	3
1.2.2 Análisis crítico.....	6
1.2.3 Prognosis	6
1.2.4 Formulación del problema.....	7
1.2.5 Interrogantes de la investigación.....	7
1.2.6 Delimitación de la investigación	7
1.3 Justificación.....	8
1.4 Objetivos	9
1.4.1 Objetivo General	9
1.4.2 Objetivos Específicos	9
CAPITULO II	10

MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Antecedentes Investigativos.....	10
2.2 Fundamentación Filosófica	14
2.3 Fundamentación Legal	14
2.4 Red de categorías fundamentales	18
Constelación de ideas Variable Independiente	19
Constelación de ideas Variable Dependiente.....	20
2.4.1 Categorización Fundamental de la Variable Independiente.....	21
Seguridad Industrial	21
Riesgos Laborales	22
Gestión de Riesgos Laborales	25
Agentes Químicos	28
Factores de riesgo.....	29
Evaluación de los riesgos por inhalación.....	29
Riesgos por absorción cutánea	31
Evaluación de los riesgos por absorción cutánea.....	31
Riesgos por contacto	32
Evaluación de los riesgos por contacto	33
2.4.2. Evaluación Simplificada del Riesgo Por Inhalación: Método basado en el Método Del INRS	33
a. Determinación y puntuación de la clase de peligro	35
b. Determinación de la clase de cantidad.....	37
c. Determinación de la clase de frecuencia.....	37
d. Determinación de la clase de exposición potencial	38
e. Determinación y puntuación de la clase de riesgo potencial	38
f. Determinación de la volatilidad o pulverulencia	39
g. Determinación del procedimiento.....	40

h.	Determinación de la protección colectiva.....	41
i.	Corrección en función del VLA.....	43
j.	Cálculo de la puntuación del riesgo por inhalación.....	43
2.4.3.	Evaluación simplificada del riesgo por contacto y/o absorción por la piel. Método del INRS	45
a.	Determinación de la puntuación por superficie expuesta.....	46
b.	Determinación de la puntuación por frecuencia de exposición	47
c.	Cálculo de la puntuación del riesgo por contacto/absorción	48
2.4.4.	Riesgos por ingestión	49
2.4.5.	Riesgos por vía parenteral	50
2.4.6.	Control y seguimiento de los Riesgos Laborales	50
2.4.7.	Estudio detallado	51
a.	Procedimiento para el estudio detallado	52
b.	Estrategia de muestreo	54
c.	Diseño de la estrategia de muestreo.....	55
d.	Selección de los trabajadores a medir.....	56
e.	Selección de las condiciones de medida.....	58
f.	Cálculo de la exposición diaria.....	62
g.	Muestreos tipo D.....	63
h.	Cálculo del índice de exposición	66
i.	Valoración a partir del índice de exposición obtenido	66
2.5.	Hipótesis.....	70
2.6.	Señalamiento de variables de la hipótesis.....	70
2.6.1.	Variable independiente:.....	70
2.6.2.	Variable dependiente:.....	70
CAPITULO III.....		71
METODOLOGÍA		71

3.1	Enfoque	71
3.2	Modalidad básica de la investigación	71
3.3	Nivel de investigación.....	72
3.3.1	Transversal	72
3.3.2	Descriptivo	72
3.3.3	Asociación de Variables	73
3.4	Población y muestra	73
3.5	Operacionalización de variables	74
3.5.1	Variable independiente:.....	74
3.5.2	Variable dependiente:.....	75
3.6	Recolección de información.....	76
3.7	Procesamiento y análisis	78
CAPITULO IV.....		79
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS		79
2.7.	Análisis de los Resultados.....	79
2.7.1	Curtiduría Tungurahua – descripción de procesos	79
2.7.2.	Análisis de la encuesta realizada al área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A (Anexo 1).....	81
2.7.3.	Información Médica de Empresa	92
2.7.4.	Evaluación del Riesgo Químico	93
a.	Estimación inicial	95
2.7.5.	Evaluación de agentes químicos por contacto vía dérmica.....	97
a.	Evaluación simplificada del riesgo por contacto y/o absorción por la piel. Método del INRS.....	97
b.	Determinación y puntuación de la clase de peligro	97
c.	Determinación de la puntuación por superficie expuesta	100
d.	Determinación de la puntuación por frecuencia de exposición	102

Evaluación de agentes químicos por vía inhalatoria. Jerarquización de riesgos.....	104
a. Determinación y puntuación de la clase de peligro	104
b. Determinación de la Clase de Cantidad	106
d. Determinación de la clase de exposición potencial	108
f. Determinación de la volatilidad o pulverulencia	111
g. Determinación del procedimiento.....	112
h. Determinación de la protección colectiva.....	113
2.7.6. Estudio Detallado	116
a. Confirmación del tipo de evaluación	116
b. Número de trabajadores a muestrear	116
c. Tiempo de duración de la muestra.....	117
d. Equipo de medición	117
e. Datos de muestreo.....	118
f. Metodología.....	119
2.7.7. Medición Butilglicol.....	120
a. Detalle del producto.....	120
b. Información toxicológica (Anexo 5 MSDS Butilglicol).....	120
c. Información de seguridad	120
d. Resumen de mediciones.....	121
e. Valoración a partir del índice de exposición obtenido	125
2.7.8. Medición Mek (Metiletilcetona).....	125
a. Detalle del producto.....	125
b. Información toxicológica (Anexo 6 MSDS Metiletilcetona)	126
c. Información de seguridad	126
d. Resumen de mediciones.....	127
e. Valoración a partir del índice de exposición obtenido	131
2.8. Resumen de valores.....	132

2.9.	Comprobación de hipótesis	132
2.9.2.	Formulación de la hipótesis	132
a.	Hipótesis nula	132
b.	Hipótesis alternativa	132
c.	Planteamiento Matemático	133
d.	Región de Aceptación y Rechazo	133
CAPÍTULO V		136
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		136
5.1.	Conclusiones	136
5.2.	Recomendaciones.....	137
CAPÍTULO VI.....		138
PROPUESTA.....		138
6.1.	Tema.....	138
6.2.	Datos informativos	138
6.3.	Antecedentes de la propuesta	138
6.4.	Justificación.....	139
6.5.	Objetivo.....	139
6.5.1.	Objetivo General	139
6.5.2.	Objetivo Específico	140
6.6.	Fundamentación	140
6.6.1.	Dinámica de fluidos computacional (CFD).....	140
6.6.2.	Ventilación localizada	141
6.7.	Metodología	144
6.7.1.	Pre-procesamiento:	146
6.7.2.	Modelación del área de mezclas.....	146
6.7.3.	Modelación 3D de la campana elevada:	147
6.7.4.	Mallado.....	149

6.7.5.	Definición de las condiciones de frontera	149
6.7.6.	Modelo matemático de campana elevada.....	150
6.7.7.	Desarrollo experimental	150
6.7.8.	Condiciones ambientales	152
6.7.9.	Procesamiento	154
6.7.10.	Post-procesamiento.....	154
a.	Análisis de resultados	154
b.	Rango de alturas para la instalación de la campana de extracción.	155
c.	Interpretación de los resultados	156
d.	Altura mínima de la campana de extracción.....	156
e.	Interpretación de los resultados:	158
f.	Validación de resultados.....	158
6.8.	Conclusiones	159
6.9.	Recomendaciones.....	160
6.10.	Bibliografía.....	161
6.11.	Anexos.....	164

INDICE DE GRÁFICOS

Figura 1	Árbol del problema	5
Figura 2	Orden Jerárquico.....	15
Figura 3	Red de Categorías Fundamentales.....	18
Figura 4	Constelación de ideas variable independiente	19
Figura 5	Constelación de ideas variable dependiente	20
Figura 6	Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación	34
Figura 7	Volatilidad o pulverulencia.....	39
Figura 8	Clase de procedimiento	41
Figura 9	Clases de protección colectiva.....	41
Figura 10	Esquema para la evaluación del riesgo por contacto/absorción	45
Figura 11	Procedimiento de estudio detallado	53

Figura 12 Tipos de muestreo.....	58
Figura 13 Cálculos para determinar ϕ	65
Figura 14 Valor de ϕ en función de DSG y el número de muestras	65
Figura 15 Procedimiento de recolección de información	76
Figura 16 Inducción de Seguridad Industrial	81
Figura 17 Exposición a Riesgos	82
Figura 18 Presencia de sustancias	83
Figura 19 Tiempo de exposición.....	84
Figura 20 Exámenes médicos preventivos	85
Figura 21 Consecuencias por exposición a riesgos químicos	86
Figura 22 Nivel de ausentismos	87
Figura 23 Comunicación de riesgos	88
Figura 24 Equipos de protección personal	89
Figura 25 Consideraciones del lugar de trabajo	90
Figura 26 Enfermedades Respiratorias Anuales	92
Figura 27 Evaluación de la exposición a agentes químicos.....	95
Figura 28 Esquema para la evaluación de riesgo por contacto/absorción	97
Figura 29 Método de trabajo personal área de Mezclas.....	101
Figura 30 Determinación de la clase de volatilidad del estado liquido.....	111
Figura 31 Método de trabajo personal mezclas.....	112
Figura 32 Equipo de medición	117
Figura 33 Procedimiento de medición	119
Figura 34 Medición de Butilglicol	122
Figura 35 Medición de MEK	128
Figura 36 Distribución de Chi cuadrado χ^2	133
Figura 37 Ventilación localizada	142
Figura 38 Captación de aire contaminado.....	143
Figura 39 Diagrama de flujo con las etapas para la simulación CFD.....	144
Figura 40 Captación de aire contaminado.....	147
Figura 41 Características técnicas de campanas de extracción elevadas.	148
Figura 42 Selección del tipo de extracción	148
Figura 43 Parametrización del tipo de extracción.....	148
Figura 44 Mallado automático de la modelación computacional.	149

Figura 45 Rango de alturas para la instalación de la campana de extracción.....	151
Figura 46 Ingreso de condiciones ambientales, temperatura y humedad.....	152
Figura 47 Ingreso de condiciones ambientales, presión atmosférica.....	153
Figura 48 Definición de condiciones de entrada y salida para la simulación.	153
Figura 49 Plano de corte frontal XY de velocidades.	155
Figura 50 Plano de corte superior frontal XZ de velocidades.....	156
Figura 51 Plano de corte frontal XY de velocidades.	157
Figura 52 Plano de corte superior frontal XZ de velocidades.....	157
Figura 53 Validación de velocidades de extracción para $D_{min}= 1,25$ m.	159

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clases de peligro para la evaluación del riesgo por Inhalación	35
Tabla 2 Puntuación por clase de peligro	36
Tabla 3 Clase de cantidad	37
Tabla 4 Clase de frecuencia	37
Tabla 5 Clase de exposición potencial	38
Tabla 6 Clase de riesgo potencial	38
Tabla 7 Puntuación de riesgo potencial	39
Tabla 8 Clase de volatilidad o pulverulencia	40
Tabla 9 Corrección VLA.....	43
Tabla 10 Caracterización del riesgo por inhalación.....	44
Tabla 11 Clases de peligro para la evaluación del riesgo por Inhalación	45
Tabla 12 Puntuación por superficie expuesta.....	47
Tabla 13 frecuencia de exposición.....	47
Tabla 14 Caracterización del riesgo por contacto y/o absorción	48
Tabla 15 Requisitos de incertidumbre expandida	55
Tabla 16 Número de trabajadores a muestrear.....	57
Tabla 17 Número mínimo de muestras	61
Tabla 18 Población y muestra	73
Tabla 19 Operacionalización de la variable independiente.....	74
Tabla 20 Operacionalización de la variable dependiente.....	75
Tabla 21 Cuadro de recolección de la información	77

Tabla 22	Inducción de seguridad	81
Tabla 23	Exposición a riesgos.....	82
Tabla 24	Presencia de sustancias	83
Tabla 25	Tiempo de exposición	84
Tabla 26	Exámenes médicos preventivos	85
Tabla 27	Consecuencias por exposición a riesgos químicos	86
Tabla 28	Nivel de ausentismos	87
Tabla 29	Comunicación de riesgos	88
Tabla 30	Equipos de protección personal	89
Tabla 31	Condiciones del lugar de trabajo.....	90
Tabla 32	Resumen de resultados encuesta	91
Tabla 33	Resumen de resultados encuesta preguntas de selección múltiple	91
Tabla 34	Evaluación inicial de riesgos.....	96
Tabla 35	Determinación de la clase de peligro	98
Tabla 36	Determinación de la puntuación de peligro	100
Tabla 37	Determinación de la puntuación por superficie expuesta	101
Tabla 38	Determinación de la puntuación por frecuencia de exposición	102
Tabla 39	Cálculo de la puntuación del riesgo por contacto/absorción.....	103
Tabla 40	Priorización de los riesgos	103
Tabla 41	Determinación y puntuación de la clase de peligro	104
Tabla 42	Determinación de la puntuación de peligro	106
Tabla 43	Determinación de la clase de cantidad.....	107
Tabla 44	Determinación de la clase de frecuencia.....	108
Tabla 45	Determinación de la clase de exposición y riesgo potencial.....	110
Tabla 46	Clase de volatilidad o pulverulencia	111
Tabla 47	Determinación del procedimiento	113
Tabla 48	Determinación de la protección colectiva.....	113
Tabla 49	Caracterización del riesgo por inhalación.....	114
Tabla 50	Corrección en función del VLA.....	115
Tabla 51	Priorización de riesgos	116
Tabla 52	Datos de muestreo	118
Tabla 53	Datos de muestreo.....	118
Tabla 54	Resultado de mediciones de Butilglicol tomadas en el área de mezclas ..	121

Tabla 55 Resumen de cálculo de logaritmos neperianos para mediciones de Butilglicol	122
Tabla 56 Resultado de mediciones de MEK tomadas en el área de mezclas.....	127
Tabla 57 Resumen de cálculo de logaritmos neperianos para mediciones de MEK	128
Tabla 58 Resumen de resultados mediciones.....	132
Tabla 59 Valor observado	134
Tabla 60 Valor esperado	134
Tabla 61 Valor estadístico.....	135
Tabla 62 Configuraciones de campanas de extracción.	143
Tabla 63 Registro de valores de mediciones de condiciones ambientales.....	152
Tabla 64 Valores recomendados para las velocidades para captación por campana.	158

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, quienes han sabido apoyarme en cada decisión y avance de este proyecto.

Gracias a mi esposo Alex por su apoyo incondicional y su amor infinito, a mis hijos Mathías y Emilio quienes han sido el motor para impulsar este proyecto.

Gracias al Ing. César Rosero y al Ing. Manolo Córdova quienes, con su paciencia, su don de gente y su excelente conocimiento han sabido guiar y forjar cada página de esta investigación.

No ha sido sencillo el camino, pero gracias al maravilloso aporte de cada uno de Uds., su amor y su apoyo ha permitido que sea menos complicado llegar a la meta, mi sincero agradecimiento y admiración hacia Uds.

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres Napoleón y Consuelo por su apoyo y guía incondicional, a mi hermosa familia Alex, Mathías y Emilio, mis compañeros de vida y mi tesoro invaluable, nada sería igual sin Uds.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

TEMA:

**“RIESGOS QUÍMICOS Y SU INCIDENCIA EN LA SALUD DE LOS
TRABAJADORES DEL ÁREA DE MEZCLAS DE LA EMPRESA
CURTIDURÍA TUNGURAHUA S.A”**

Autor: Ing. Marcela Alejandra Córdova Toscano

Director: Ing., Cesar Aníbal Rosero Mantilla, Mg

Fecha: Junio, 2019

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tiene como finalidad la evaluación de los riesgos químicos y su influencia en la salud de los trabajadores del área de Mezclas de la Curtiduría Tungurahua S.A de la ciudad de Ambato; en esta empresa la implementación de una nueva línea de producción y el desarrollo de nuevos productos ha requerido el uso de químicos peligrosos que están en contacto con el personal operativo, lo cual en el histórico del índice de Morbilidad controlado por el Departamento Médico presenta una tendencia a la alta en enfermedades de tipo respiratorio, lo que conlleva que el personal atravesase frecuentemente situaciones que afecten y deterioren su salud.

De acuerdo con la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos propuesta por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSHT el presente estudio es aplicado con el objetivo de evaluar y prevenir los riesgos presentes

en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos, el cual consta del análisis del riesgo por manipulación basado en la evaluación simplificada del riesgo por contacto y/o absorción, la evaluación simplificada del riesgo por inhalación y la aplicación de las directrices dadas en la norma UNE-EN 689, que establece la estrategia para comparar la exposición laboral por inhalación de los agentes químicos en el lugar de trabajo con los valores límites permisibles, determinando de tal forma, el índice de exposición del trabajador al contaminante, para, en base a dichos resultados, establecer la necesidad de adoptar medidas que reduzcan la exposición y en consecuencia asegurar que la salud de los trabajadores no se vea afectada.

Como propuesta de mejora se establece un estudio para la implementación de medidas en la fuente, mediante el rediseño del puesto de trabajo con la implementación de un método de extracción localizado, dicho método es simulado en base a técnicas de Dinámica de Fluidos Computacional.

Descriptor: Riesgo químico, INSHT, Método simplificado, Estrategia de muestreo, Salud de los trabajadores, Límites permisibles, Butilglicol, MEK, Dinámica de fluidos computacional, Ventilación localizada.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E

INDUSTRIAL

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

**"CHEMICAL RISKS AND ITS INCIDENCE IN THE HEALTH OF
WORKERS OF THE MIXING AREA OF THE COMPANY CURTIDURÍA
TUNGURAHUA S.A"**

Author: Ing. Marcela Alejandra Córdova Toscano

Director: Ing. César Aníbal Rosero Mantilla, Mg

Date: June 2019

EXECUTIVE SUMMARY

The purpose of this paper is the evaluation of chemical risks and their influence on the health of workers in the Tungurahua Tannery Mixtures area of the city of Ambato; In this company, the implementation of a new production line and the development of new products has required the use of dangerous chemicals that are in contact with operational personnel, which in the historical Morbidity Index controlled by the Medical Department presents a trend to the discharge in diseases of respiratory type, which entails that the personnel cross frequently situations that affect and deteriorate their health.

In accordance with the Technical Guide for the evaluation and prevention of risks proposed by the National Institute for Safety and Hygiene at Work INSHT, this study is applied with the objective of evaluating and preventing the risks present in workplaces related to agents Chemicals, which consists of the risk analysis by manipulation based on the simplified evaluation of the risk by contact and / or absorption, the simplified assessment of the risk by inhalation and the application of

the guidelines given in the standard UNE-EN 689, which establishes the strategy to compare occupational exposure by inhalation of chemical agents in the workplace with the permissible limit values, thus determining the worker's exposure index to the contaminant, in order to establish, based on said results, the need to adopt measures that reduce exposure and consequently ensure that workers' health does not look affected

As a proposal for improvement, a study is established for the implementation of measurements at the source, through the redesign of the work post with the implementation of a localized extraction method, said method is simulated based on Computational Fluid Dynamics techniques.

Descriptors: Chemical risk, INSHT, Simplified method, Sampling strategy, Workers' health, Permissible limits, Butyl glycol, MEK, Computational fluid dynamics, Localized ventilation.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación titulado “Riesgos químicos y su incidencia en la salud de los trabajadores del área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A” toma importancia en la necesidad de analizar las condiciones actuales de trabajo del personal operativo posterior a la implementación de nuevos procesos de producción, y así tomar las acciones necesarias que permitan obtener ambientes de trabajo adecuados, que cumplan con los requisitos técnico-legales y, garanticen espacios de trabajo seguros, confortables y saludables durante las actividades de los trabajadores.

De acuerdo con la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos propuesta por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSHT es aplicado con el objetivo de evaluar y prevenir los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos, el estudio consta de dos partes, la primera parte se basa en la evaluación del riesgo por manipulación basado en la evaluación simplificada del riesgo por contacto y/o absorción por la piel, método del INRS (Instituto Nacional de Investigación y Seguridad) en donde se evalúa el peligro, la superficie expuesta y la frecuencia de exposición para el cálculo de la puntuación del riesgo por contacto/absorción en donde se determinan los químicos que implican un riesgo probablemente elevado que demandan de un estudio más detallado.

La segunda parte del trabajo de investigación consta de la evaluación simplificada del riesgo por inhalación en donde se determina el riesgo potencial, la volatilidad o pulverulencia, el procedimiento de trabajo aplicado, las protecciones colectivas y el factor de corrección del VLA establecido para cada componente químico, dichos resultados permiten la caracterización del riesgo por inhalación, en donde se determina si existen riesgos que demanden de una estudio más específico, por lo tanto posterior a esta primera evaluación, se determina aplicar un estudio detallado teniendo como fundamento las directrices dadas en la norma UNE-EN 689, el cual establece una estrategia para comparar la exposición laboral por inhalación de los agentes químicos en el lugar de trabajo con los valores límite y una estrategia para la medición.

La recolección de datos en la totalidad de la población y, el uso de equipos de medición calibrados permite tener datos representativos de alta confiabilidad, los datos

obtenidos, son contrastados con los valores límites de exposición permisibles establecidos en la normativa vigente, lo cual permite analizar si existe o no riesgo en las actuales condiciones que perjudique a la salud de los trabajadores.

Finalmente, mediante técnicas desarrolladas en el software Flow Simulation, con la aplicación de dinámica de fluidos computacionales (CFD) tiene como objetivo la simulación del flujo de fluidos y los procesos de transferencia de calor. El proceso de análisis se basa en la utilización de métodos numéricos para resolver las ecuaciones que permiten simular condiciones más seguras de trabajo, así como las posibles medidas preventivas y correctivas que se podrían implementar para mejorar los ambientes de trabajo en el área de Mezclas de Curtiduría Tungurahua, junto a esto se plantea la implementación de una campana de extracción localizada como medida de corrección en la fuente, medida de corrección inicial en la gestión de riesgos.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Tema de investigación

“Riesgos Químicos y su incidencia en la salud de los trabajadores del área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A.”

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

En la actualidad, el uso de productos químicos dentro de los procesos productivos a nivel mundial se ha extendido a todas las ramas de la actividad laboral. Siendo estos un factor significativo en el momento de hablar de riesgos laborales en los centros de trabajo. Existe una gran cantidad de sustancias químicas que se utilizan en las diferentes industrias y cada año se introducen muchos nuevos productos en el mercado. Motivo por el cual se constituye una tarea de gran importancia la adopción de un enfoque de seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo.

Por consiguiente, a pesar del limitado conocimiento sobre los peligros de muchas sustancias para los seres humanos, la mayoría de los gobiernos de los países desarrollados, en busca de proteger a sus poblaciones, ha elaborado una legislación cuya finalidad es salvaguardar tanto a los trabajadores como a la población en general. Con frecuencia, esto ha requerido involucrar a las empresas para eliminar o al menos minimizar cualquier riesgo asociado con sus actividades.

Los productos químicos son esenciales para tener una vida sana y gozar de la comodidad moderna. Desde los pesticidas que mejoran la cantidad y la calidad de la producción alimentaria, los fármacos que curan las enfermedades hasta los productos de limpieza que ayudan a establecer condiciones de vida higiénicas. Los productos químicos son también indispensables en muchos procesos industriales para la fabricación de productos que son importantes para el nivel de vida mundial. Sin embargo, el control de las exposiciones a estos productos químicos en el lugar de trabajo, así como la limitación de las emisiones al medio ambiente, son tareas que los gobiernos, los empleadores y los trabajadores siguen esforzándose para abordar. (Trabajo, 2014)

De igual forma, en nuestro país dentro del código de Salud establece que, la tenencia, producción, importación, expendio, transporte, distribución, utilización y eliminación de las sustancias tóxicas y productos de carácter corrosivo o irritante, inflamable o comburente, explosivo o radioactivo, que constituyan un peligro para la salud, deben realizarse en condiciones sanitarias que eliminen tal riesgo y sujetarse al control y exigencias del reglamento pertinente. (Nacional, 1971)

Las operaciones y procesos de las curtiembres generan residuos líquidos y sólidos que se distinguen por su elevada carga orgánica y presencia de agentes químicos que pueden tener efectos tóxicos, como es el caso del sulfuro y el cromo. Las variaciones en cuanto al volumen de los residuos y a la concentración de la carga contaminante se presentan de acuerdo con la materia prima procesada y a la tecnología empleada

En la empresa Curtiduría Tungurahua S.A, el mayor porcentaje de productos utilizados en los procesos productivos son de origen químico, por ende se han identificado los riesgos que se derivan de su uso, por lo tanto es primordial poner en práctica procesos de gestión preventiva en ámbito de la Seguridad y Salud Industrial, adicionalmente se debe considerar que el crecimiento y los cambios dentro de la organización como la mejora en sus procesos, han sido la principal causa de la presencia de nuevos peligros que requieren de controles inmediatos para su análisis e implementación técnica que permita establecer una gestión adecuada de los riesgos derivados del trabajo, misma que garantice la salud de sus trabajadores.

Figura 1 Árbol del problema

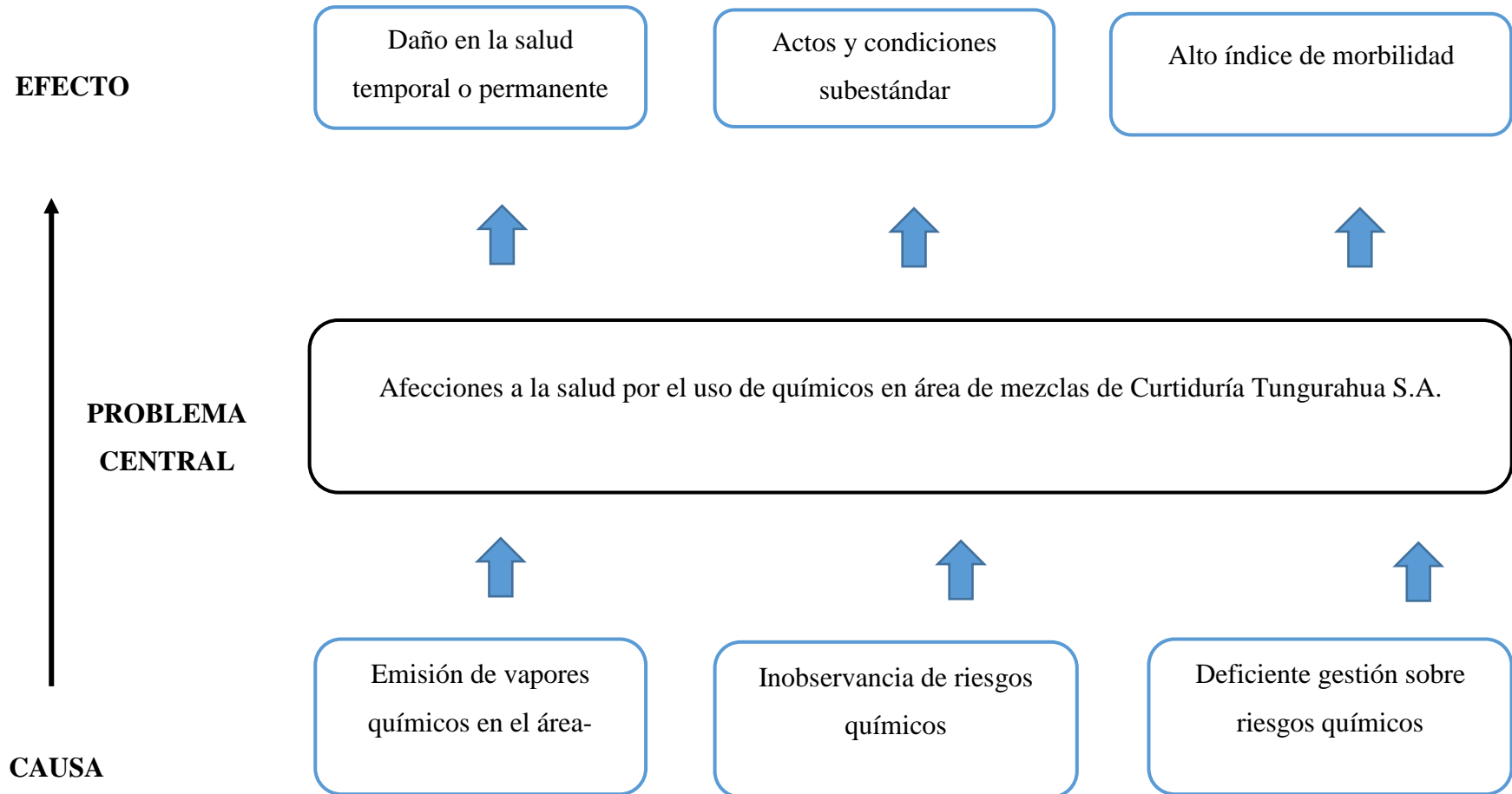


Figura 1. Árbol del problema. En el centro se detalla el problema en estudio, el nivel inferior se muestra las posibles causas y, el nivel superior indica los potenciales efectos.

Elaborado por: La investigadora.

1.2.2 Análisis crítico

La elaboración de cuero es un proceso que involucra la necesidad de la utilización de productos químicos, en sus diferentes procesos productivos. Partiendo de esta situación, se puede asegurar que dentro del área de mezclas existen concentraciones de vapor, que no han sido gestionados mediante un proceso adecuado de identificación, evaluación y control a partir de una metodología técnica establecida, lo que a su vez ha generado desconocimiento de la dosis o concentraciones a la que los trabajadores se encuentran expuestos durante su jornada de trabajo, permitiendo que esta situación sea nociva para la salud de sus trabajadores.

La falta de gestión del factor de riesgo químico, acompañado del deficiente cumplimiento a los requisitos técnico - legales solicitados por los entes de control en el Ecuador y lo establecido en la normativa legal vigente, es motivo de la deficiente aplicación de normas de seguridad como la utilización adecuada de equipos de protección personal, al manejo, almacenamiento y transporte inadecuado de químicos, al control insuficiente de los procesos de producción y a la afectación total de todo el desarrollo normal de la empresa.

1.2.3 Prognosis

De no realizar una adecuada medición de las concentraciones de químicos presentes en el proceso de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A, los trabajadores que se encuentren laborando en este lugar, se verán expuestos a contaminantes, los cuales no garantizarán un espacio seguro para ejercer su actividad, afectando su salud con la aparición de síntomas agudos o crónicos, en el corto o largo plazo.

En caso de persistir la deficiente evaluación del riesgo químico, la manipulación de sustancias tóxicas dentro de los procesos productivos con el paso del tiempo pueden ser causantes de enfermedades profesionales que tengan consecuencias graves en los trabajadores, lo que conlleva a que el factor más importante de la empresa se vea afectado, imposibilitándolo del cumplimiento normal de sus labores, así como

también incrementando el número de afecciones a la salud, el nivel de ausentismo, comprometiendo por ende el normal desarrollo de las actividades productivas de la Curtiduría Tungurahua.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cómo inciden los riesgos químicos en la salud de los trabajadores del área de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua?

1.2.5 Interrogantes de la investigación

- ¿Cuáles son los riesgos químicos que se presentan en el área de trabajo?
- ¿Existe un método que me permita evaluar el nivel riesgo químico?
- ¿Cuáles son las afectaciones a la salud por emisiones de vapores químicos?
- ¿Existen alternativas de solución a los riesgos químicos y su influencia en la salud de los trabajadores del área de Mezclas en la empresa Curtiduría Tungurahua S.A.?

1.2.6 Delimitación de la investigación

Campo Ingeniería Industrial

Área Seguridad Industrial

Aspecto Seguridad Industrial

Línea de Investigación: Higiene Industrial

Delimitación Espacial

La investigación se desarrolla en los espacios físicos del área de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A.

Delimitación Temporal

La investigación es llevada a cabo en el periodo de marzo de 2018 hasta mayo 2019m

Unidades de Observación

- Gerente
- Coordinador de Seguridad Industrial
- Supervisor
- Técnicos y operadores

1.3 Justificación

La presente investigación es de vital **importancia** ya que su objetivo principal es buscar alternativas para la adecuada gestión de riesgos químicos en el área de Mezclas, cuya finalidad es prevenir enfermedades profesionales, eliminar gastos por sanciones a incumplimientos normativos, cumplimiento de estándares que permitan aumentar la productividad, así como el incremento en la motivación y cuidado del trabajador, al dotarle de un ambiente de trabajo seguro y confiable, libre de riesgos que afecten su condición física y mental.

El ámbito propio de la industria puede contener una serie de actividades y elementos que ciertamente son peligrosos para la salud. Esta circunstancia hace que sean necesarias una serie de disposiciones que traten de asegurar la vida de las personas, por lo cual la investigación denota **interés**, ya que en la actualidad es de vital importancia para el sector industrial la disminución de indicadores de ausentismo y morbilidad.

El proyecto es **factible** de ejecutarse debido a que el investigador tiene a disposición la bibliografía suficiente, el asesoramiento de personal especializado en la rama de Seguridad e Higiene Industrial, así como también cuenta con el conocimiento necesario para establecer una investigación adecuada.

Los principales **beneficiarios** del desarrollo del presente trabajo de investigación serán los trabajadores del área de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A, quienes tendrán acceso a espacios de trabajo seguros mediante la implementación de medios para el control de riesgos químicos, desarrollando sus actividades en forma segura y eficiente sin perjuicios a su salud.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar los riesgos químicos del área de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar riesgos químicos en el área de Mezclas a través de métodos establecidos.
- Medir el nivel de concentración y comparar con el estándar máximo permisible de exposición para dar cumplimiento a la gestión de prevención.
- Determinar las afectaciones a la salud de los trabajadores que se encuentran expuestos a sustancias químicas.
- Plantear alternativas de solución y control para minimizar la concentración de vapores químicos y proteger la salud de los trabajadores expuestos al riesgo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Actualmente, la empresa Curtiduría Tungurahua S.A., no dispone de un proceso adecuado de estudio y de un control específico de los productos químicos que son utilizados dentro de área de mezclas para el desarrollo de sus procesos productivos, por ende, se ve en la necesidad de establecer una gestión que permita el control de los niveles tóxicos presentes en su entorno laboral.

Realizando una investigación en las bibliotecas más importantes de las Universidades que ofrecen carreras de posgrado y que tienen relación con el tema de Seguridad y Salud Ocupacional, se tiene que:

“El manejo y almacenamiento de los productos químicos peligrosos y su incidencia en las condiciones de trabajo del personal de las plantas de producción y bodega del parque industrial de la empresa Plasticaucho”, elaborado por el Ing. Guillermo Alberto Bonilla Narváez. Donde expone la importancia de la identificación de los productos químicos ocupados en las áreas de trabajo, su manejo y almacenamiento, detectar riesgos asociados en uso y manipulación de los mismos, siendo ejes fundamentales para el diagnóstico inicial; con la finalidad de generar hojas de seguridad (MSDS) y la información base por cada área, de dónde se toman parámetros de control y mejora para los procesos, con la finalidad de evitar accidentes

de trabajo, todo esto en aplicación a lo establecido en la NTE-INEN2266:2013. (Bonilla Narvaez, 2014)

“Diseño de la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en el Ingenio Azucarero San Carlos S.A. Según la norma OSHAS 18001 - 2007”, En el trabajo de investigación realizado por (Cabrera Garcés, María Margarita; Cando Sánchez, Edelberto Rolando ;, 2010) de la Facultad de Mecánica, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; analiza el Factor de Riesgo Químico mediante el método NTP 750 para evaluación de sustancias químicas por inhalación utilizando tablas del método y datos de las hojas de Seguridad e las Sustancias. No realiza la evaluación del riesgo por la manipulación de la Sustancia Química.

“Riesgos Químicos y su incidencia en la Salud de los Trabajadores en el Área de Ingeniería de Calzado de la Empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”, elaborada por el Ing. Marco Vinicio García Álvarez, llega a la conclusión de que el programa de prevención ante vapores químicos establece las actividades preventivas en la manipulación de componentes y exposición al riesgo, señala los controles en la fuente, en el medio y en el trabajador. Todo esto con la finalidad de disponer de lugares de trabajo seguros como lo exige la normativa legal, es importante el involucramiento de todos los responsables de procesos, y de los trabajadores que se exponen a los riesgos laborales, el compromiso de gestionar y cumplir con lo expuesto en los controles da lugar a la cultura de prevención y mejoramiento en la higiene de trabajo. (García Álvarez, 2016)

“Los Riesgos químicos producidos por compuestos orgánicos volátiles en la zona de abastecimiento de combustible del grupo aéreo N°44 Pastaza, y su efecto en la salud de los trabajadores del aeropuerto río Amazonas de Shell”, elaborado por el Ing. David Alejandro Yedra Machado. Su conclusión principal es: Los efectos de la salud de los trabajadores del aeropuerto río Amazonas de Shell son graves, considerando que el área de abastecimiento de combustible no es óptima y que el índice de morbilidad determina la frecuencia de que ocurra una enfermedad de tipo rinitis de 100%; afectaciones como faringitis 93,3%, conjuntivitis 80% e insuficiencia renal 66,67%. (Yedra Machado, 2014)

(Suarez Gil & Albarracin Valderrama, 2008) **“Problemas visuales y oculares asociados al trabajo con cromo en curtiembres de San Benito en una Empresa de Bogotá”**. Trabajo de grado presentado para optar por el título de Optómetra de la Universidad de la Salle de Bogotá, donde concluyen que los factores de riesgos químicos al que se encuentran expuestos los trabajadores son muchos ya que en este proceso se manejan varios químicos entre estos tenemos el ácido fórmico, bisulfito de sodio, cal, sulfato de amonio, bicarbonato de sodio, ácido oxálico, dióxido de titanio entre otros; para la investigación se tuvo en cuenta uno de los más corrosivos que es el cromo el cual se asoció a problemas oculares obteniendo como resultados conjuntivitis, irritaciones dérmicas. Específicamente para la investigación realizada se identificó que en su gran mayoría los empleados de estas curtiembres no usan los elementos de protección (para nuestro caso visual) no precisamente por la no dotación de estos por parte de la empresa, sino por la falta de información de causas y consecuencias que se pueden tener en el puesto de trabajo en un proceso tan complejo como es el de la elaboración del cuero.

Como parte de la presente investigación, se toman artículos de diferentes revistas científicas, para referenciar el tema de la investigación. Los mismos abordan los siguientes temas:

En el tema “Eficacia de las Medidas Preventivas y Evaluación del Riesgo Químico en una Empresa Avícola”, publicado en la revista Colombiana de Salud Ocupacional, los autores llegan a la conclusión que: en la empresa donde se llevó a cabo la investigación, se pudo evidenciar que las medidas a implementar en el sistema de gestión son considerar el conocimiento y adecuado entendimiento de las características e información contenidas en las fichas de seguridad y etiquetado de cada una de las sustancias químicas manipuladas, ya que a través de esta información se pueden controlar y vigilar los procedimientos que representen mayor riesgo para los trabajadores. Además de la evaluación del riesgo, el ciclo del producto, la vigilancia epidemiológica, los procedimientos seguros, la divulgación e implementación de estándares, la capacitación y mantenimiento, elementos de protección personal, la gestión de residuos, el almacenamiento, indicadores de evaluación y responsabilidades de equipo de trabajo.

En la publicación **“Riesgo Químico Laboral: Elementos para un diagnóstico en España”**, los autores determinan en su artículo que la producción y consumo de sustancias peligrosas son una fuente de información indirecta, a mayor producción y consumo mayor será la exposición de los trabajadores, del medio ambiente y de la población general. La única fuente de información oficial sobre este tema es la Encuesta Anual Industrial de Productos (EAIP) que recoge la producción de unos 400 productos químicos, metales y minerales. Sin embargo, los productos más peligrosos están bajo secreto estadístico, de hecho, sólo son públicos los datos de 3 de las 18 sustancias cancerígenas que aparecen (Española, págs. 3-4)

Dentro del artículo **“Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuenca "La Pila”**, los autores concluyen que se identificó que el único riesgo a la salud de los agricultores de la microcuenca está dado por el uso excesivo, permanente y manejo inadecuado de plaguicidas químicos, para el control fitosanitario de los cultivos de papa y cebolla, que habitualmente se usan tradicionalmente desde hace muchos años, como el Furadán, Lorsban y Cymoceb; siendo estos dos últimos, de una categoría toxicológica moderadamente peligrosa (III); para el caso del Furadán posee una toxicidad altamente peligrosa (IA), cuyo componente activo es el carbofuran, el cual ha sido sacado del mercado europeo hace muchos años por el alto riesgo que genera en la salud humana. El riesgo químico según la norma GTC-45 es no aceptable, lo que significa que este tipo de actividades deben ser suspendidas hasta que se controlen, lo que requiere de medidas de seguimiento y medias de contingencia.

Los síntomas que se suscitaron en las personas expuestas a niveles altos de plaguicidas fueron dolor de cabeza y náuseas; seguido por las afecciones respiratorias y diarreas, que coinciden con la sintomatología temprana expuesta en información secundaria, que demuestran las personas que han estado sujetas a factores de riesgo por manipulación de plaguicidas.

Se pudo determinar que la exposición a riesgos por la dispersión de los contaminantes generados en la microcuenca "La Pila" afecta principalmente a los habitantes de la zona media y baja y en una pequeña proporción a los de la alta, además la pluma de dispersión también genera riesgos dentro de los habitantes que no viven

dentro de la microcuenca, considerando que estos por la dirección y velocidad de los vientos son orientados hacia la ciudad de Pasto o hacia el sector conocido como Buesaquillo.

2.2 Fundamentación Filosófica

Este proyecto de investigación se enmarca en el paradigma filosófico crítico–propositivo: crítico porque hace un análisis crítico del problema y propositivo porque propone una solución a un problema de investigación.

Este enfoque privilegia la interpretación, comprensión y explicación de los fenómenos sociales en perspectiva de totalidad. Busca la esencia de estos al analizarlos inmersos en una red de interrelaciones e interacciones, en la dinámica de las contradicciones que generan cambios cualitativos profundos.

2.3 Fundamentación Legal

La investigación se sustenta en una estructura legal contemplada en la Constitución de la República del Ecuador, en el Art 425 de la Constitución del Ecuador.

Art. 425.- El orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente: La Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y los demás actos y decisiones de los poderes públicos.

Figura 2 Orden Jerárquico



Figura 2. Orden Jerárquico. forma en que se relacionan un conjunto de normas jurídicas y la principal forma de relación entre estas dentro de un sistema. Elaborado por: La investigadora.

Constitución de la República del Ecuador 2008

Art. 326.- 5. Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar. (Nacional A. , 2008)

Decisión 584: Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

Artículo 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. (exteriores, 2004)

Organización Internacional de Trabajo, Convenio C170; Sobre los productos químicos.

Artículo 12.- los empleadores deberán:

- a. asegurarse de que sus trabajadores no se hallen expuestos a productos químicos por encima de los límites de exposición o de otros criterios de exposición para la evaluación y el control del medio ambiente de trabajo establecidos por la autoridad competente o por un organismo aprobado o reconocido por la autoridad competente, de conformidad con las normas nacionales o internacionales;
- b. evaluar la exposición de los trabajadores a los productos químicos peligrosos;
- c. vigilar y registrar la exposición de los trabajadores a productos químicos peligrosos, cuando ello sea necesario, para proteger su seguridad y su salud o cuando esté prescrito por la autoridad competente.

Código de Trabajo del Ecuador 2005

Artículo 410. Los empleadores están obligados a otorgar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o su vida. Los trabajadores están obligados a acatar las medidas de prevención, seguridad e higiene determinadas en los reglamentos y facilitadas por el empleador. Su omisión constituye justa causa para la terminación del contrato de trabajo.

Art. 432. Normas de prevención de riesgos dictadas por el IESS. - En las empresas sujetas al régimen del seguro de riesgos del trabajo, además de las reglas sobre prevención de riesgos establecidas en este capítulo, deberán observarse también las disposiciones o normas que dictare el Instituto Ecuatoriano de Seguridad

El Decreto Ejecutivo 2393 Capítulo V. Medio ambiente y riesgos laborales por factores físicos, químicos y biológicos

Artículo 11. Obligaciones de los empleadores, numeral 2, indica: Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.

Art. 64. Sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas. -exposiciones permitidas. – En aquellos lugares de trabajo donde se manipulen estas sustancias no deberán sobrepasar los valores máximos permisibles, que se fijaren por el Comité Interinstitucional (Decreto Ejecutivo 2393).

Art. 65. Sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas. - Normas de Control, numeral 1, indica: Cuando las concentraciones de uno o varios contaminantes en la atmósfera laboral superen los límites establecidos por el Comité Interinstitucional, se aplicarán los métodos generales de control que se especifican, actuando preferentemente sobre la fuente de emisión. Si ello no fuere posible o eficaz se modificarán las condiciones ambientales; y cuando los anteriores métodos no sean viables se procederá a la protección personal del trabajador.

2.4 Red de categorías fundamentales

Figura 3 Red de Categorías Fundamentales

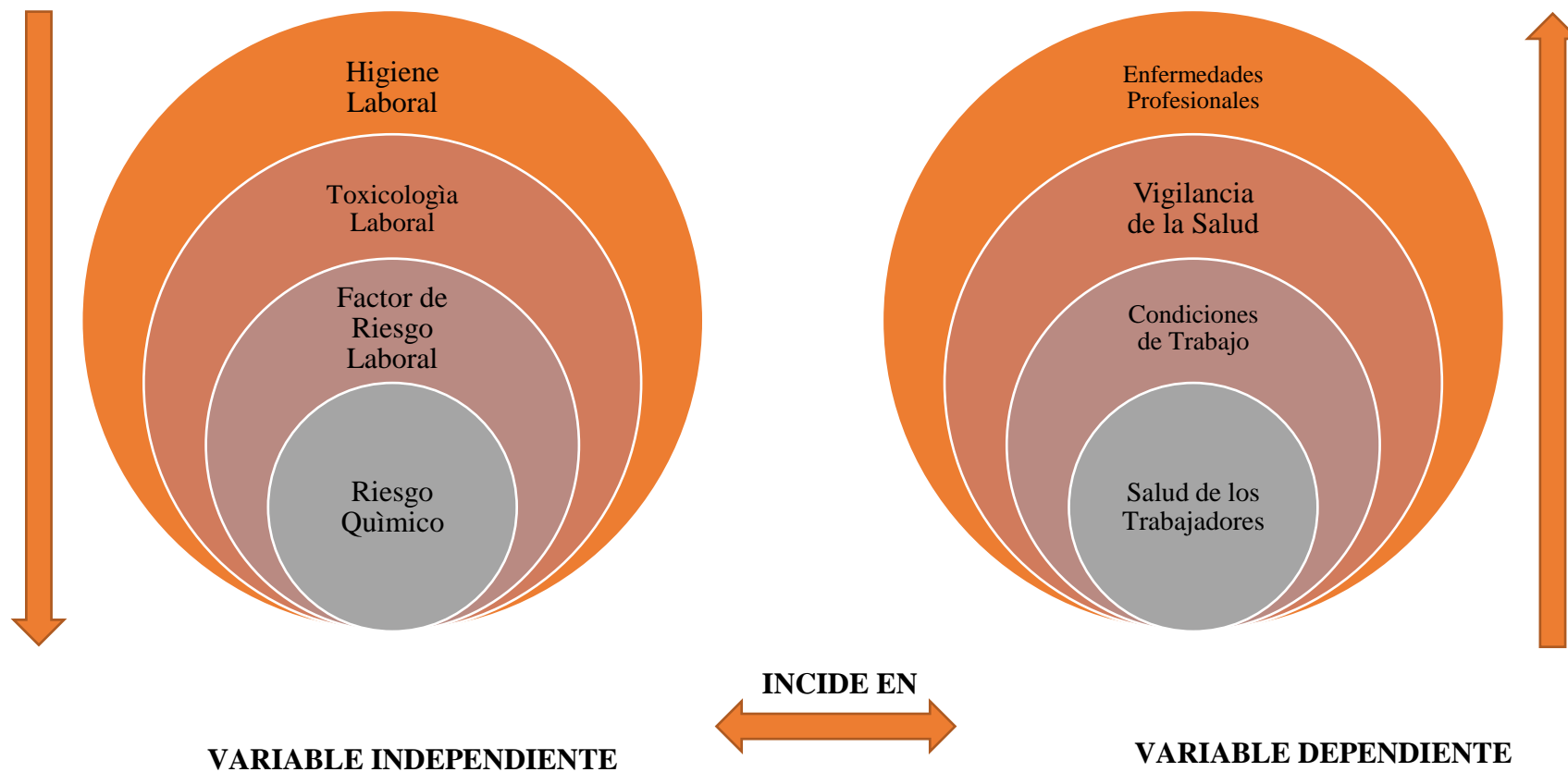


Figura 3. La red conceptual muestra los conceptos clave y la relación entre estos, ordenados jerárquicamente. Elaborado por: La investigadora

Constelación de ideas Variable Independiente

Figura 4 Constelación de ideas variable independiente

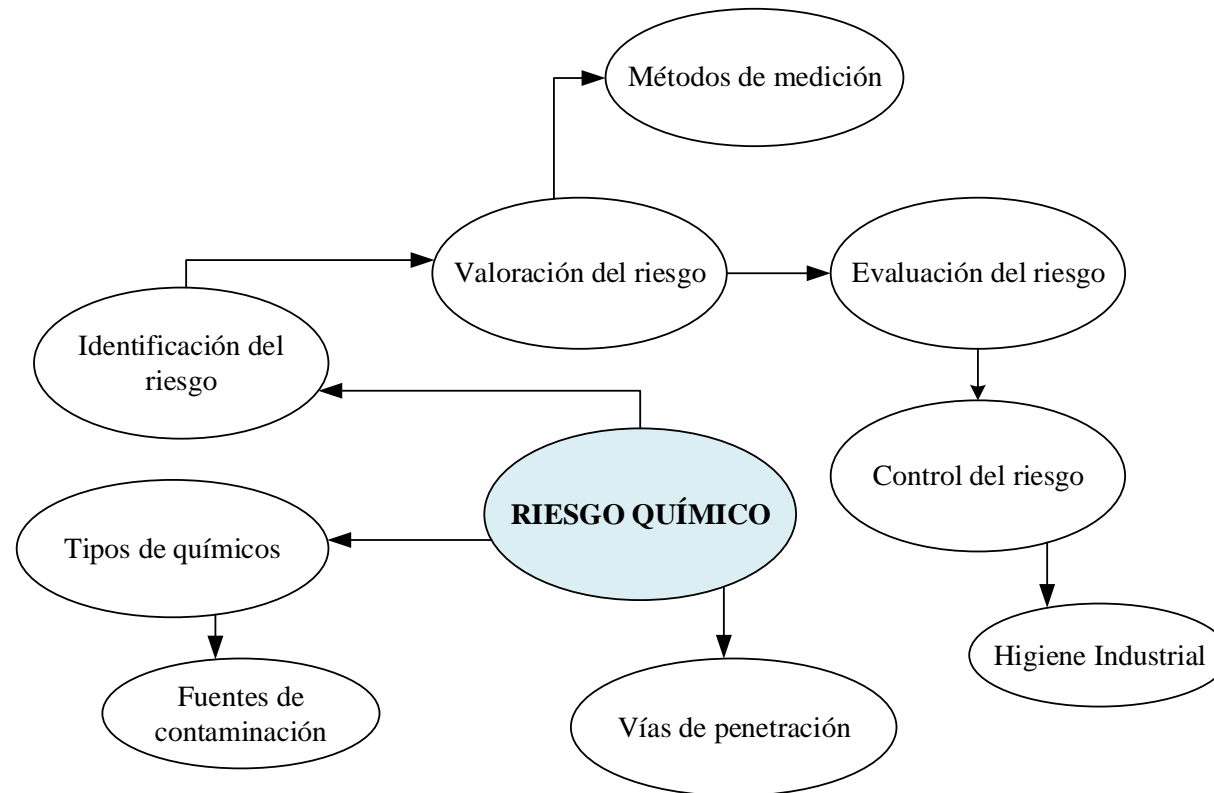
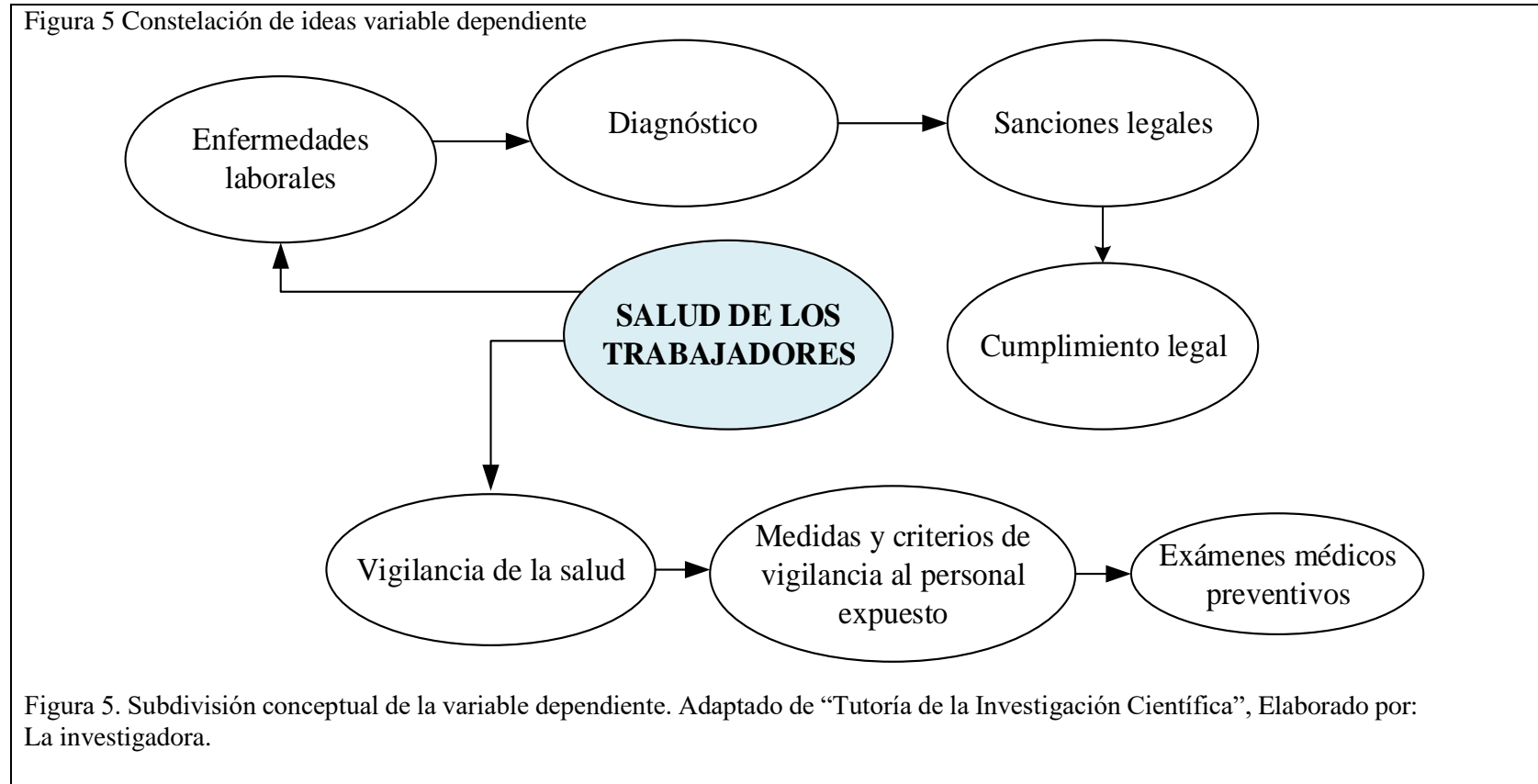


Figura 4. Subdivisión conceptual de la variable independiente. Adaptado de “Tutoría de la Investigación Científica”. Elaborado por. La investigadora 2010.

Constelación de ideas Variable Dependiente



2.4.1 Categorización Fundamental de la Variable Independiente

Seguridad Industrial

El ser humano a lo largo de la historia ha tenido la necesidad de buscar mecanismos de seguridad que le permitan protegerse de los peligros a los que permanentemente se ve sometido en su actividad normal. Para ello existe un proceso basado en el pensamiento lógico, en la investigación y dominio de la evidencia y de la verdad científica experimental que conduce la seguridad científica.

Todo esto parte de la base de que los accidentes y consecuencias (daños y pérdidas) son fenómenos reales, que se explican por causa naturales, sobre las que es posible actuar a través de las acciones de prevención y de minimización de los efectos. (Palomino, 2012)

La Seguridad Industrial es el sistema de disposiciones obligatorias que tienen por objeto la prevención y limitación de riesgos, así como la protección contra accidentes capaces de producir daños a las personas, a los bienes o al medio ambiente derivados de la actividad industrial o de la utilización, funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones o equipos y de la producción, uso o consumo, almacenamiento o rehecho de los productos industriales. (Euskadi, 2013)

El desarrollo industrial trajo el incremento de accidentes laborales, lo que obligó a aumentar las medidas de seguridad, las cuales se cristalizaron con el advenimiento de las conquistas laborales. Pero todo esto no basta; es la toma de conciencia de empresario y trabajador la que perfecciona la seguridad en el trabajo; y esto solo es posible mediante una capacitación permanente y una inversión asidua en el aspecto formación. (Cavassa, 2005)

La revolución industrial marca el inicio de la seguridad industrial como consecuencia de la aparición de la fuerza del vapor y la mecanización de la industria, lo que produjo el incremento de accidentes y enfermedades laborales. Además, con la aparición de nuevos riesgos como consecuencia del desarrollo tecnológico y sus múltiples

aplicaciones industriales, se especifican diferentes condiciones que deberán cumplir las instalaciones industriales para evitar catástrofes con gran frecuencia.

Actualmente las actividades industriales necesitan, para llevar a cabo sus procesos productivos, provocar o recurrir a fenómenos físicos que no están en su estado natural o más estable tales como: cargas eléctricas separadas, hornos a muy elevada temperatura, aparatos y conductos a alta presión, vehículos impulsados a gran velocidad, etc.; así como a la manipulación y almacenamiento, en cantidades más o menos importantes, de gases, productos derivados del petróleo y productos químicos peligrosos. Estos fenómenos físicos provocados y manipulaciones permiten al hombre moderno entre otras cosas, disponer de electricidad, aparatos electrodomésticos, vehículos con los que trasladarse a grandes distancias en breves plazos de tiempo, o fabricar mejores y más baratos materiales para su vivienda y confort; pero también introducen en los entornos de trabajo, y en la sociedad en general nuevos riesgos laborales. (Palomino, 2012)

Riesgos Laborales

Los riesgos son aquellos elementos que, directa o indirectamente, ponen en duda la continuidad y el buen desempeño de los negocios. Concretamente, en lo que se refiere a la norma OHSAS 18001, se definen como aquellas amenazas que aparecen durante el ejercicio de las labores profesionales.

Un riesgo laboral es sinónimo de amenazas, obstáculos, daños, incidentes, siniestros y accidentes. Tienen diferentes fuentes y su clasificación genérica habla de dos tipos: los que se producen dentro de las empresas y los que se producen fuera.

Los riesgos laborales son las posibilidades de que un trabajador sufra una enfermedad o un accidente vinculado a su trabajo.

Como es obvio, no todos los trabajos suponen los mismos riesgos ni el mismo nivel de exposición a éstos. Los riesgos dependen de factores como el lugar, la tarea, el cargo y, por supuesto, la actividad comercial de la empresa.

Sin embargo, vale la pena dejar claro que no todas las amenazas pueden catalogarse como riesgos. Algunas, generalmente las de menor repercusión, no llegan a tener esta calificación, por lo que se les suele denominar como condicionantes o elementos que forman parte de los entornos. (Isotools, s.f.)

La prevención de riesgos laborales (PRL) es la disciplina que busca promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos asociados a un entorno laboral, además de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos derivados del trabajo.

Los riesgos laborales son las posibilidades de que un trabajador sufra una enfermedad o un accidente vinculado a su trabajo. Así, entre los riesgos laborales están las enfermedades profesionales y los accidentes laborales.

Las enfermedades con origen también laboral pero no incluidas en ese listado, son consideradas como enfermedades derivadas del trabajo o como accidente laboral.

A su vez, un accidente laboral es aquel que se produce, por fallo humano o de otra índole, durante la jornada laboral de una persona, así como aquellos accidentes que tienen lugar en el trayecto del trabajador al puesto de trabajo o en el trayecto de vuelta del trabajo a casa (se denominan accidentes *in itinere*).

Los siniestros laborales suceden por diversas causas: por condiciones físicas del empleo, por falta de precaución del trabajador o de sus compañeros o superiores, por circunstancias medioambientales y climatológicas, por maquinaria cuyo funcionamiento falla, por errores de sistemas de información, por la organización del sistema de trabajo.

La prevención de riesgos laborales evalúa los riesgos de cada sector, cada empresa y cada tipo de trabajo y trata de fijar las medidas para minimizar o evitar en cada caso los accidentes y enfermedades profesionales. En algunos casos se actúa sobre la empresa (medidas de prevención que afectan al centro de trabajo y a todos los trabajadores) y en otros, sobre el trabajador (medidas de prevención individuales, como casco, arnés de seguridad, mascarilla...).

Si se realiza una adecuada gestión de la prevención de riesgos laborales, las organizaciones y los trabajadores se anticiparán a los riesgos y serán capaces de minimizar las bajas, accidentes y enfermedades laborales. Pero, además, una buena prevención de riesgos laborales no solo consigue minimizar los daños, sino que también es clave para mejorar la felicidad de los empleados en su día a día y, por ende, mejora su productividad. (Prevención, 2015)

- **Principales tipos de Riesgos Laborales en una empresa**

Con base en lo anterior, podemos señalar al menos 8 tipos de riesgos laborales en las empresas. Veamos cuáles son y algunos ejemplos:

1. **Mecánicos:** aquellos que se derivan del uso de máquinas, herramientas, equipos y objetos que puedan ocasionar accidentes.
2. **Físicos:** los que dependen de las propiedades físicas de los cuerpos, como por ejemplo la iluminación, la radiación, la temperatura, el ruido y otros tantos que puedan afectar la integridad física de los trabajadores.
3. **Químicos:** se derivan del uso de sustancias que, al entrar en contacto con los cuerpos, pueden ocasionar quemaduras, intoxicación o lesiones sistémicas. Dependen del nivel de concentración de la sustancia y del tiempo de exposición de los trabajadores con ésta.
4. **Locativos:** tienen que ver con las características del diseño, la construcción, el mantenimiento y el deterioro de las instalaciones en las que los trabajadores realizan sus tareas. También incluye los materiales con los que están hechos los pisos, escaleras, pasillos, mobiliario, entre otros.
5. **Biológicos:** son grupos de agentes orgánicos como hongos, bacterias, virus, parásitos, plumas y polen, entre otros, que están presentes en ciertos climas laborales y que pueden afectar a la salud y el bienestar de los trabajadores.

6. **Psicosociales:** se refiere a la interacción del personal en el ambiente de trabajo, las condiciones de organización laboral y las necesidades, capacidades y hábitos de las personas que forman parte de dichos ambientes. La depresión, el estrés y las cargas laborales excesivas son algunos ejemplos.
7. **De la información:** habla de aquellos que afectan la confidencialidad, la integridad y la gestión de datos e informaciones que, por derecho propio, son exclusivas de las empresas o de sus clientes. Este tipo de riesgos pueden ser causados por motivos muy diversos, desde ataques externos hasta errores del equipo humano que maneja esta información.
8. **Meteorológicos:** son todos los fenómenos naturales de origen geológico, meteorológico e hidrológico como erupciones volcánicas, desbordamientos de ríos, terremotos, tormentas, inundaciones, huracanes, etc. (Isotools, s.f.)

Gestión de Riesgos Laborales

La gestión de riesgos laborales en una empresa se debe llevar a cabo de forma programada, pudiéndose diferenciar las fases de actuación previa a subsanar el riesgo identificado en el área de trabajo.

a) Identificación de Riesgos

Tradicionalmente, el primer contacto de las empresas con el mundo de la seguridad y la salud laboral se ha debido a problemas (deficiencias y factores de riesgo) relacionados con la seguridad. Por este motivo, los riesgos de seguridad son a menudo los más conocidos, no sólo por los profesionales competentes sino también por las empresas. Sin embargo, el cambio continuo que se produce en las condiciones de trabajo a raíz de la utilización de nuevos productos, equipos y tecnologías, junto con la actualización de la normativa vigente, hace que los riesgos clásicos de seguridad también vayan cambiando y se vayan modificando y, por lo tanto, es necesario

disponer de elementos de referencia que ayuden en esta tarea de identificación y evaluación.

Para ayudar a la identificación de los factores de riesgo, se puede establecer la relación de posibles deficiencias y factores de riesgo estructurado en 4 unidades, que responden a las agrupaciones de los diversos agentes materiales presentes en los puestos de trabajo:

- Locales de trabajo (paredes, suelo, techos, vías de comunicación).
- Equipos de trabajo (máquinas, herramientas, aparatos).
- Energías e instalaciones (electricidad, gas, aire comprimido, etc.).
- Productos y sustancias (materias primas, productos químicos, etc.). (Manual para la identificación y evaluación de riesgos laborales, 2006)

La identificación de peligros y riesgos es la actividad más importante dentro de las organizaciones, en materia de Seguridad y Salud Ocupacional, pues es la más compleja y la que requiere mayor nivel de atención cuando se habla de prevención.

Una correcta identificación de peligro y riesgos asociados a este disminuirá la probabilidad de ocurrencias de accidentes e incidentes de trabajo, así como la aparición de enfermedades profesionales. La organización debe establecer y mantener procedimientos para la continua identificación de peligros, evaluación de los riesgos e implementación de las medidas de control necesarias.

Estos procedimientos deben incluir:

- Actividades rutinarias y no rutinarias;
- Actividades de todo el personal con acceso al lugar de trabajo (incluidos subcontratistas y visitantes)
- Servicios o infraestructura en el lugar de trabajo, proporcionados por la organización o por otros.

De acuerdo con el criterio de materiales utilizados, la presencia de agentes químicos en el ambiente del lugar de trabajo puede tener su origen en lo siguiente:

- Materias primas utilizadas.
- Productos auxiliares.
- Productos intermedios.
- Subproductos.
- Residuos.

De acuerdo con el criterio de procesos, la presencia de agentes químicos en el ambiente de trabajo puede tener su origen en lo siguiente:

- Proceso principal.
- Procesos auxiliares.
- Mantenimiento.
- Manutención.
- Limpieza.
- Tratamientos con plaguicidas.

El primer paso, pues, consiste en estudiar cada una de estas opciones en cada uno de los lugares de trabajo. En cada uno de estos supuestos es necesario obtener información que nos lleve a poder definir los factores de riesgo y los riesgos asociados. A continuación, se exponen las principales fuentes de información para cada supuesto:

Materias primas, productos acabados y productos auxiliares

- Etiquetado (frases R).
- La hoja de datos de seguridad, etc.

Productos intermedios, subproductos y residuos

- Descripción de los procesos productivos de la empresa.
- Monografías y hojas de datos para sustancias químicas elaboradas por distintas instituciones a partir de la información científica y técnica existente.

- Bancos de datos a los que se pueda acceder por CD-ROM o mediante una conexión en línea, etc.

b) Evaluación del Riesgo

Una vez identificados los peligros presentes en el área, se pasará a su evaluación. Para la evaluación de riesgos, no pocos autores especialistas en el tema han definido un sin número de métodos que arrojan resultados tanto cualitativos como cuantitativos. Existen además métodos específicos para la evaluación de determinado riesgo en especial.

Agentes Químicos

Una vez identificados los factores de riesgo, y antes de empezar la evaluación del riesgo, debemos plantearnos la eliminación de los riesgos evitables. Una vez finalizada esta etapa, procederemos a la evaluación de los riesgos no evitables. El objetivo de esta evaluación es valorar la importancia de los factores de riesgo y la eficacia de las medidas preventivas existentes; establecer la necesidad de medidas preventivas adicionales; escoger los medios de control, y documentar toda esta información.

Se pueden determinar los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo teniendo en consideración los efectos que éstos tienen sobre la salud, la seguridad y el medio ambiente. En este apartado valoraremos los riesgos considerando sólo los efectos que tienen sobre la salud.

Según la vía de entrada en el cuerpo de los agentes contaminantes, los riesgos pueden ser los siguientes:

- a. Riesgos por inhalación.
- b. Riesgos por absorción cutánea.
- c. Riesgos por contacto.
- d. Riesgos por ingestión.
- e. Riesgos por penetración por vía parenteral.
- f. Para cada uno de estos riesgos debe aplicarse un procedimiento de evaluación.

Factores de riesgo

- Concentración ambiental.
- Tipo de exposición (aguda, crónica).
- Tiempo diario de exposición.
- Cantidad y situación de los focos de emisión.
- Separación del trabajador de los focos de emisión.
- Tasa de generación de gases, vapores o aerosoles.
- Aislamiento del agente.
- Sistemas de ventilación general y local insuficientes.
- Procedimiento de trabajo inadecuado.
- Trabajadores especialmente sensibles
- Exposición simultánea a varios agentes.

Evaluación de los riesgos por inhalación

El artículo 3, punto 5, del Real Decreto 374/2001, sobre agentes químicos, establece que la evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso debe incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, concretamente en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el VLA correspondiente.

También especifica que estas mediciones no son necesarias si el empresario demuestra, de forma clara por otros medios de evaluación, que ha conseguido una prevención y una protección adecuadas de los trabajadores.

Hay 4 supuestos en los que se puede obviar esta medición:

1. Se presenta esta doble condición:
 - a. Se conocen todas las posibles fuentes de contaminación química laborales y se sabe que no son fuentes posibles de contaminación exterior.

- b. Los productos volátiles se procesan y se mantienen siempre cerrados o de modo que no se puedan vaporizar, y los productos no volátiles se tratan de modo que no se puedan dispersar en el aire en forma de aerosol.
2. Se presenta esta doble condición:
- a. Los agentes químicos no son sensibilizantes, alteradores endocrinos cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción.
 - b. Las cantidades y las condiciones denotan un riesgo aceptable
3. Las deficiencias son evidentes y se corrigen antes de realizar la medición.
- En principio, este supuesto ya se tiene que haber detectado antes de la valoración, en la etapa en la que se eliminan los riesgos evitables.
4. No se dispone de un valor límite de referencia o bien no se dispone de un método de toma de muestras y análisis del agente químico

Es decir, una vez eliminados los riesgos evitables, no tenemos que hacer mediciones en las situaciones en las que, de modo razonable, en condiciones de trabajo normales, la presencia de contaminantes en el ambiente debe ser prácticamente nula o bien en los casos en los que se trata de un riesgo aceptable. Tampoco no tenemos que hacer mediciones en las situaciones en las que no se dispone de un valor límite de referencia o bien no se dispone de un método de toma de muestras y análisis del agente químico. En estos casos, es preciso utilizar los métodos de valoración simplificada aplicables. Deben ser métodos de organismos o entidades de prestigio reconocido como, por ejemplo, la Metodología de evaluación simplificada del riesgo químico, publicada por el Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), en la revista *Hygiène et Sécurité du Travail*, núm. 200, en el tercer trimestre de 2005. En caso de que deba realizarse la medición de las concentraciones, éstas tienen que ser representativas de las condiciones reales de exposición. Por eso son necesarios modelos estadísticos para determinar la probabilidad de superar el valor límite en cualquier jornada de trabajo. El apéndice 4 (página 69) de la GTAQ establece un procedimiento específico de evaluación basado en los criterios de evaluación que propone la norma UNE-EN 689

(Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategias de medición), aplicable cuando la evaluación requiere determinar la concentración de la exposición.

Sin embargo, es necesario precisar que la valoración del riesgo por inhalación de un agente químico partiendo de la medición de unas concentraciones que no sean representativas de las condiciones reales de exposición no sólo es incorrecta, sino que puede llevar a extraer conclusiones erróneas sobre la situación real de riesgo para los trabajadores. Como es obvio, una evaluación errónea es inadmisibles y, por lo tanto, debe repetirse.

Riesgos por absorción cutánea

Suponen la probabilidad de aparición de efectos sistémicos derivados de la absorción sanguínea de agentes químicos a través de la piel.

Factores de riesgo

- Localización y extensión del contacto.
- Duración y frecuencia del contacto.
- Cantidad o concentración del agente.
- Temperatura y humedad ambiental.
- Gestión incorrecta de equipos de protección individual (EPI).
- Procedimiento de trabajo inadecuado.
- Trabajadores especialmente sensibles.
- Exposición simultánea a varios agentes.

Evaluación de los riesgos por absorción cutánea

La capacidad de los agentes químicos para penetrar en el organismo por vía dérmica se incluye en las listas de VLA publicadas por el INSHT, mediante la nota específica

"vía dérmica". Esto significa que es posible que la medición de la concentración ambiental no sea suficiente para cuantificar la exposición global y sea necesario adoptar medidas para prevenir la absorción por vía dérmica. Así pues, para cualquier agente químico con la notación "vía dérmica", es necesario estudiar la posibilidad de que se produzca esta exposición y analizar sus causas, algunas de las cuales se indican en la GTAQ:

- Contacto directo con el agente o con las superficies contaminadas.
- Contacto con ropa o guantes contaminados.
- Condensación de vapores sobre la piel o la ropa.
- Disposición de partículas de aerosoles.
- Absorción de gases y vapores.
- Inyección de alta presión.

Cuando conste la notación de "vía dérmica", debe realizarse la evaluación del riesgo por absorción dérmica de acuerdo con los métodos de valoración simplificada. Deben ser métodos de organismos o entidades de prestigio reconocido como, por ejemplo, el método Exposición dérmica: efectos y control, elaborado por el proyecto de la Red Europea de Exposición Dérmica (Eurofins, 2017)

Riesgos por contacto

Hacen referencia a posibles efectos locales dérmicos (de la piel).

- **Factores de riesgo**
 - Tipo de peligro del producto.
 - Superficie del cuerpo expuesta.
 - Frecuencia de exposición. (INRS, 2005)

Asimismo, en la evaluación del riesgo higiénico por contacto dérmico también se deben considerar los siguientes aspectos:

- Gestión incorrecta de los EPI.

- Procedimiento de trabajo inadecuado.
- Inexistencia de métodos de control de fugas y derramamientos.
- Envases inadecuados.
- Sistema de trasvase incorrecto.

Evaluación de los riesgos por contacto

El objetivo es valorar los riesgos derivados de la manipulación directa de un producto en estado líquido o sólido en relación con la exposición cutánea. Dos métodos simplificados publicados por organismos reconocidos para realizar esta evaluación son el método Exposición dérmica: efectos y control, elaborado por el proyecto de la Red Europea de Exposición Dérmica (Eurofins, 2017), y la Metodología de evaluación simplificada del riesgo químico, del INRS francés, del año 2005.

2.4.2. Evaluación Simplificada del Riesgo Por Inhalación: Método basado en el Método Del INRS

El método que se expone a lo largo está basado en el propuesto por el Instituto National de Recherche et de Sécurité (INRS). Este método es más completo que el descrito en el anexo C puesto que la evaluación se realiza considerando más parámetros, entre ellos, el tipo de procedimiento y la ventilación. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 178)

Este método constituye una forma muy adecuada de efectuar la estimación inicial, aunque no es la única posible.

Este procedimiento no es aplicable a:

- medicamentos,
- productos de descomposición térmica

La evaluación simplificada del riesgo por inhalación de agentes químicos se realiza a partir de las siguientes variables:

- Riesgo potencial.
- Propiedades fisicoquímicas (la volatilidad o la pulverulencia, según el estado físico).
- Procedimiento de trabajo.
- Medios de protección colectiva (ventilación).
- Un factor de corrección (FCVLA), cuando el valor límite ambiental (VLA) del agente químico (AQ) sea muy pequeño, inferior a 0,1 mg/m³.

Para cada variable se establecen unas clases y una puntuación asociada a cada clase. La puntuación del riesgo se hace a partir de la puntuación obtenida para estas cuatro variables y el factor de corrección que sea aplicable. El esquema para seguir se encuentra en la figura 6. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010)

Figura 6 Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación

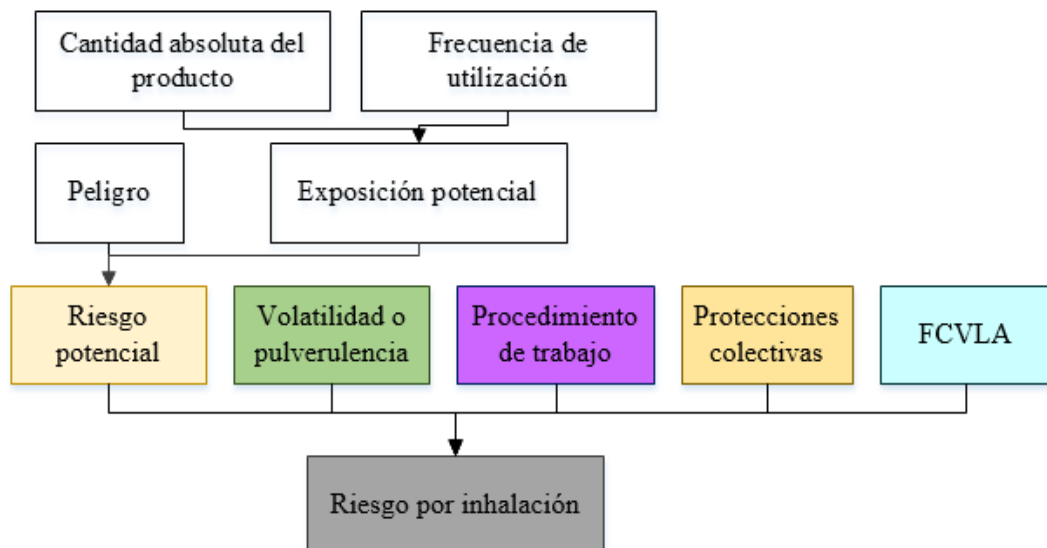


Figura 6: Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora

a. Determinación y puntuación de la clase de peligro

Para determinar la clase de peligro, se utiliza la misma tabla para la jerarquización y la evaluación del riesgo por inhalación y contacto con piel. Para realizar la evaluación se ha adaptado la tabla original (ver tabla 1).

Tabla 1 Clases de peligro para la evaluación del riesgo por Inhalación

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mm/m ³
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	>100
2	R38 R36/37, R36/38, R36/37/38 R37/38 R66	H315 EUH066	>10 ≤100
3	R11, R21 R20/21, R21/22, R20/21/22 R33 R34 R48/21, R48/20/21, R48/21/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R67 R68/21, R68/20/21/22	H312 H314 (Corr. Cut. 1B y 1C) H361 H361f, H361d, H361fd H362 H371 H373	>1 ≤10
4	R15/29 R24 R23/24, R24/25, R23/24/25 R29, R31 R35 R39/24 R39/23/24, R39/24/25 R39/23/24/25 R40 R43 R42/43 R48/24, R48/23/24, R48/24/25 R48/23/24/25 R60, R61 R68	H311 H314 (Corr. Cut. 1A) H317 H341 H351 H360, H360F, H360FD, H360D, H360Df, H360Fd H370 H372 EUH029 EUH031	>0.1 ≤1
5	R27 R26/27, R27/28, R26/27/28 R32 R39 R39/27, R39,26/27 R39/26/27/28 R45 R46	H310 H340 H350 EUH032 EUH070	≤0.1
(1) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10. (2) Cuando el Documento Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España [F.2] figure la sustancia con notación "vía dérmica" (3) Únicamente si la frase específica vía dérmica. Si no especifica ninguna vía, se recomienda consultar las frases r para comprobar a que vía o vías se refiere			

Tabla 1: Clases de peligro en función de las frases R o H, los valores límite ambientales y los materiales y procesos. "Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica", por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

En la tabla 1 se muestran las cinco clases de peligro y los criterios para clasificar los agentes químicos dentro de las mismas. La peligrosidad se incrementa a medida que aumenta la clase de peligro; así, la clase 1 corresponde a los productos menos peligrosos, mientras que en la clase 5 están los productos más perjudiciales para la salud.

La tabla 1 esta modificada con respecto a la tabla original del INRS. En particular, se han efectuado los siguientes cambios:

- Se ha eliminado la frase R48 de la categoría 4, ya que siempre aparece combinada y, además, no tiene equivalencia con ninguna frase H de acuerdo con el Reglamento (CE) no 1272/2008 [B.2].
- Se ha aumentado la clase de peligro para los cancerígenos, mutágenos y sensibilizantes. Es el caso de las frases R40, R42, R43, R42/43 y R68 que pasan de categoría 3 a 4 y las frases R45, R46 y R49 que pasan de 4 a 5.
- Se ha modificado la columna de materiales y procesos conforme a los cambios de categoría de las frases R.
- Se ha disminuido la clase de peligro de la frase R67, de la 3 a la 2, ya que, si una sustancia lleva la frase R67, es porque no cumple con los requisitos de clasificación como nociva por inhalación (R20).
- Se ha incluido una columna para asignar la clase de peligro en función de las frases H, basándose en la equivalencia entre frases R y frases H del Reglamento (CE) no 1272/2008 y decidiendo, en caso de duda, según nuestro criterio técnico.

Tabla 2 Puntuación por clase de peligro

Clase de peligro	Puntuación de peligro
5	10000
4	1000
3	100
2	10
1	1

Tabla 2: Determinación de la puntuación por clase de peligro. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

b. Determinación de la clase de cantidad

La clase de cantidad se calcula según el criterio de la tabla 3, teniendo en cuenta las cantidades por día. En el caso de tratarse de un gas, se tomará el volumen en condiciones normales de presión y temperatura. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 182)

Tabla 3 Clase de cantidad

Clase de Cantidad	Cantidad/día
1	< 100 g o ml
2	≥ 100 g o ml < 10 kg o l
3	≥ 10 y < 100 kg o l
4	≥ 100 y < 1000 kg o l
5	≥ 1000 kg o l

Tabla 3: Determinación de la clase de cantidad en función de las cantidades por día. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora

c. Determinación de la clase de frecuencia

Para asignar la clase de frecuencia se emplea la tabla 4. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 182)

Tabla 4 Clase de frecuencia

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
Día	≤ 30 min	>30 - ≤120 min	>2 - ≤6 h	>6 h
Semana	≤ 2h	>2 - 8 h	1 – 3 días	> 3 días
Mes	1 día	2 – 6 días	7 – 15 días	>15 días
Año	≤ 15 días	>15 días - ≤ 2 meses	>2 - ≤ 5 meses	>5 meses
Clase	1	2	3	4
	0: El agente químico no se usa hace al menos un año. El agente químico no se usa mas			

Tabla 4: Clases de frecuencia de utilización. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora

d. Determinación de la clase de exposición potencial

Con las clases de cantidad y frecuencia se determina la exposición potencial, tal y como se indica en la tabla 5. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 182)

Tabla 5 Clase de exposición potencial

Clase de cantidad						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Clase de frecuencia

Tabla 5: Determinación de las clases de exposición potencial. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

e. Determinación y puntuación de la clase de riesgo potencial

A partir de las clases de peligro y de exposición potencial se determina la clase de riesgo potencial siguiendo el criterio de la tabla 6. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 183)

Tabla 6 Clase de riesgo potencial

Clase de exposición potencial						
5	2	3	4	5	5	
4	1	2	3	4	5	
3	1	2	3	4	5	
2	1	1	2	3	4	
1	1	1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	Clase de peligro

Tabla 6: Clases de riesgo potencial. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

Una vez establecida la clase de riesgo potencial, esta se puntúa de acuerdo con la tabla 7.

Tabla 7 Puntuación de riesgo potencial

Clase de Riesgo Potencial	Puntuación de Riesgo Potencial
5	10000
4	1000
3	100
2	10
1	1

Tabla 7: Puntuación para cada clase de riesgo potencial. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

f. Determinación de la volatilidad o pulverulencia

La tendencia del agente químico a pasar al ambiente se establece en función del estado físico. Para los líquidos existen tres clases de volatilidad, en función de la temperatura de ebullición y la temperatura de utilización del agente químico siguiendo lo indicado en la figura 7.

Figura 7 Volatilidad o pulverulencia

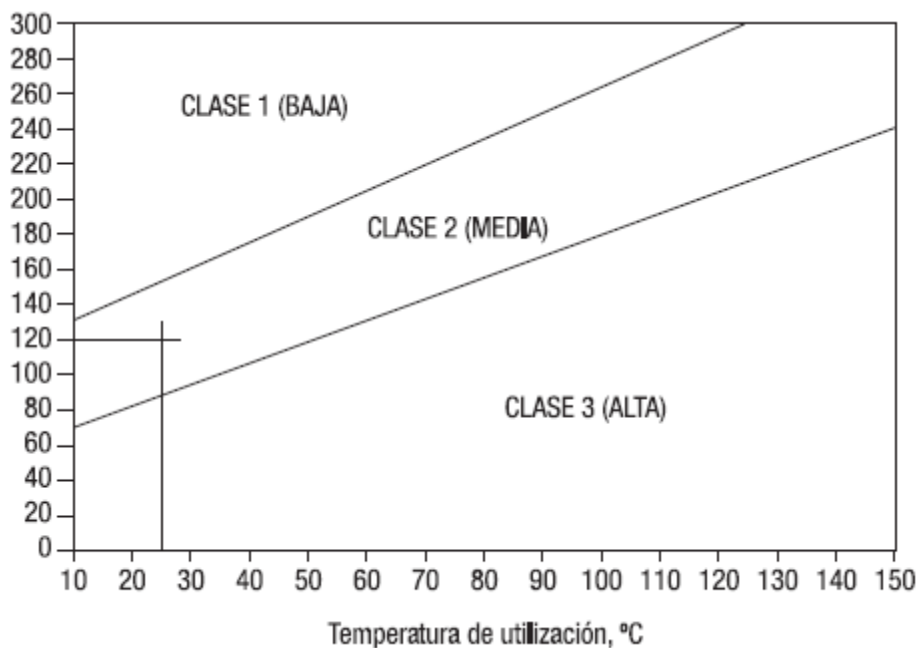


Figura 7: Establecimiento de las clases de volatilidad para líquidos. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT.

En caso de duda se debe optar por la categoría superior, para tomar la opción más desfavorable. Si el proceso se desarrolla a distintas temperaturas, para calcular la volatilidad debe usarse la temperatura más alta.

La clase de volatilidad o pulverulencia asignada a cada agente químico se puntúa siguiendo el criterio de la tabla 8. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 183)

Tabla 8 Clase de volatilidad o pulverulencia

Clase de volatilidad o pulverulencia	Puntuación de volatilidad o pulverulencia
3	100
2	10
1	1

Tabla 8: Puntuación atribuida a cada clase de volatilidad o pulverulencia. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

g. Determinación del procedimiento

Otro de los parámetros que hay que considerar en la evaluación es el procedimiento de utilización del agente químico. Se establecen cuatro clases de procedimiento: dispersivo, abierto, cerrado con aperturas regulares y cerrado permanentemente. En la figura D.3 se dan algunos ejemplos de estos sistemas, el criterio para asignar la clase de procedimiento y su correspondiente puntuación. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 187)

Figura 8 Clase de procedimiento


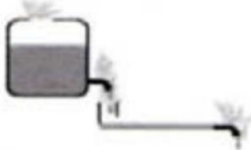

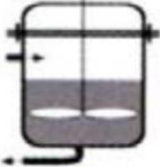


Dispersivo	Abierto	Cerrado/abierto regularmente	Cerrado permanente
 <p>Ejemplos: Pintura a pistola, taladro, muela, vaciado de sacos a mano, de cubos... Soldadura al arco... Limpieza con trapos. Máquinas portátiles (sierras, cepillos...)</p>	 <p>Ejemplos: Conductos del reactor, mezcladores abiertos, pintura a brocha, a pincel, puesto de acondicionamiento (toneles, bidones...) Manejo y vigilancia de máquinas de impresión</p>	 <p>Ejemplos: Reactor cerrado con cargas regulares de agentes químicos, toma de muestras, máquina de desengrasar en fase líquida o de vapor.</p>	 <p>Ejemplos: Reactor químico.</p>
Clase 4	Clase 3	Clase 2	Clase 1
Puntuación de procedimiento			
1	0,5	0,05	0,001

Figura 8: Criterio para asignar la clase de procedimiento y su correspondiente puntuación. Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

h. Determinación de la protección colectiva

En función de la protección colectiva utilizada se establecen cinco clases que se puntúan de acuerdo con lo indicado en la figura 9.

Figura 9 Clases de protección colectiva

<p>Trabajo en espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable</p> 	<p>Ausencia de ventilación mecánica</p> 	
Clase 5, puntuación = 10	Clase 4, puntuación = 1	
Trabajos en intemperie	Trabajo alejado de la fuente de emisión	Ventilación mecánica general

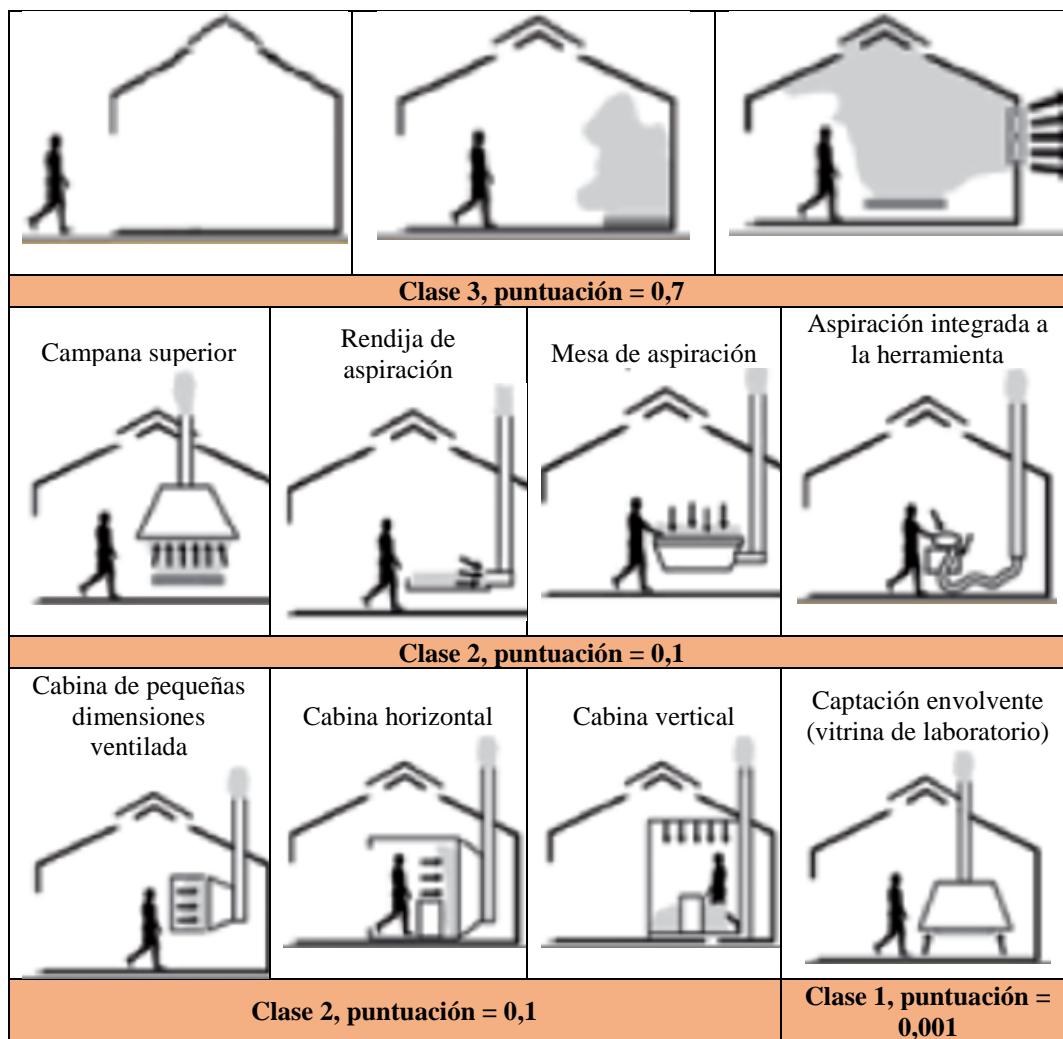


Figura 9: Determinación de las clases de protección colectiva y puntuación para cada clase. Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

Comparando esta figura 9 con la original del INRS, se han introducido dos nuevos supuestos:

- Cuando el trabajo se realiza en un espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador, se utilizara una puntuación de 10. Es el caso de los trabajos realizados dentro de un depósito, como, por ejemplo, cuando se está recubriendo interiormente con una resina de estireno / fibra de vidrio y el trabajador tiene que meterse dentro del mismo para aplicarla.

- Si el trabajo se realiza a la intemperie, se utilizará una puntuación de 0,7. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 187)

i. Corrección en función del VLA

Como se ha indicado, el procedimiento aplicado como se ha descrito puede subestimar el riesgo cuando se aplica a sustancias que tienen un valor límite muy bajo, ya que es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja. Por este motivo se hace necesario aplicar un factor de corrección, FC, en función de la magnitud del VLA, en mg/m³. En la tabla D.11, se dan los valores de estos FC_{VLA}, en el caso de que el compuesto tenga VLA [D.2]. Si el compuesto no tiene VLA, se considerará que el FC_{VLA} es 1. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 188)

Tabla 9 Corrección VLA

VLA	FC _{VLA}
VLA 0,1	1
0,001 < VLA ≤ 0,1	10
0,001 < VLA ≤ 0,01	30
VLA ≤ 0,001	100

Tabla 9: Determinación de los factores de corrección en función del VLA. Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora

j. Cálculo de la puntuación del riesgo por inhalación

Una vez que se han determinado las clases de riesgo potencial, de volatilidad, de procedimiento y de protección colectiva y que se han puntuado de acuerdo con los criterios anteriormente indicados, se calcula la puntuación del riesgo por inhalación (P_{inh}) aplicando la siguiente formula:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ potencial} \times P_{volatilidad} \times P_{procedimiento} \times P_{protección\ colectiva} \times FC_{VLA} \quad \text{Ecuación 1}$$

1

Donde:

- $P_{\text{riesgo potencial}} = \text{Puntuación del riesgo potencial}$
- $P_{\text{volatilidad}} = \text{Puntuación de la volatilidad}$
- $P_{\text{procedimiento}} = \text{Puntuación del procedimiento}$
- $P_{\text{protección colectiva}} = \text{Puntuación colectiva}$
- $FC_{\text{VLA}} = \text{Factor corrección del VLA}$

Con esa puntuación se caracteriza el riesgo utilizando la tabla 10.

Tabla 10 Caracterización del riesgo por inhalación

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
>1000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
>100 y ≤ 1000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≤100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Tabla 9: Caracterización del riesgo por inhalación. Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

En el caso de riesgo moderado, se puede optar por:

implantar las medidas de control adecuadas, o corregir las existentes, y volver a aplicar este procedimiento para ver si se ha logrado reducir el riesgo o continuar la evaluación, “Estudio Básico”, para decidir si son necesarias medidas adicionales y mediciones periódicas. De cualquier forma, habrá que comprobar periódicamente el buen funcionamiento de las medidas de control. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 188)

2.4.3. Evaluación simplificada del riesgo por contacto y/o absorción por la piel. Método del INRS

En este anexo se expone el método simplificado del INRS que puede utilizarse para realizar la evaluación del riesgo por contacto y que, además, permite realizar una primera aproximación cuando haya absorción por vía dérmica.

La evaluación del riesgo se hace a partir de estas tres variables: peligro, superficie del cuerpo expuesta y frecuencia de exposición (Figura 10).

Figura 10 Esquema para la evaluación del riesgo por contacto/absorción

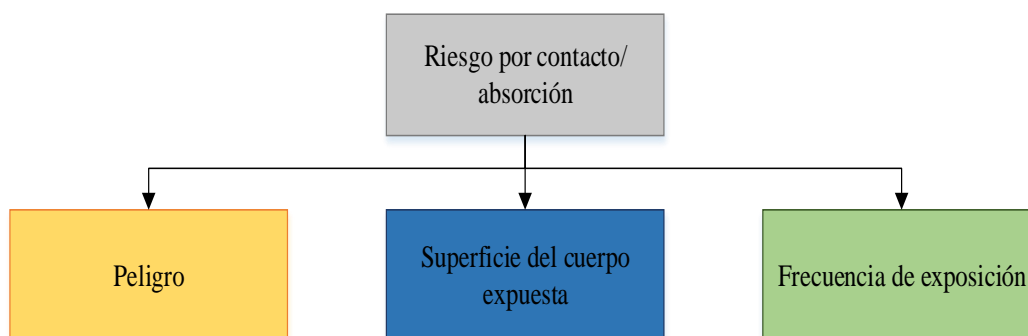


Figura 10: Esquema para la evaluación del riesgo por contacto/absorción. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

Para cada variable se establecen unas clases y una puntuación asociada a cada clase, que permiten obtener una prioridad del riesgo a evaluar. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 206)

Tabla 11 Clases de peligro para la evaluación del riesgo por Inhalación

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mm/m^3
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	>100
2	R38 R36/37, R36/38, R36/37/38 R37/38 R66	H315 EUH066	>10 ≤100

3	R21 R20/21, R21/22, R20/21/22 R33 R34 R48/21, R48/20/21, R48/21/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R68/21, R68/20/21/22	H312 H314 (Corr. Cut. 1B y 1C) H361 H361f, H361d, H361fd H362 H371 H373	>1 ≤10
4	R15/29 R24 R23/24, R24/25, R23/24/25 R29, R31 R35 R39/24 R39/23/24, R39/24/25 R39/23/24/25 R40 R43 R42/43 R48/24, R48/23/24, R48/24/25 R48/23/24/25 R60, R61 R68	H311 H314 (Corr. Cut. 1A) H317 H341 H351 H360, H360F, H360FD, H360D, H360Df, H360Fd H370 H372 EUH029 EUH031	>0.1 ≤1
5	R27 R26/27, R27/28, R26/27/28 R32 R39 R39/27, R39,26/27 R39/26/27/28 R45 R46	H310 H340 H350 EUH032 EUH070	≤0.1
<p>(1) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10.</p> <p>(2) Cuando el Documento Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España [F.2] figure la sustancia con notación “vía dérmica”</p> <p>(3) Únicamente si la frase específica vía dérmica. Si no especifica ninguna vía, se recomienda consultar las frases r para comprobar a que vía o vías se refiere</p>			

Tabla 11: Clases de peligro en función de las frases R o H, los valores límite ambientales y los materiales y procesos. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

a. Determinación de la puntuación por superficie expuesta

En función de la superficie corporal expuesta se asigna una puntuación según lo indicado en la tabla 12.

Es importante considerar que la utilización de EPI, que evidentemente disminuye la superficie expuesta, no garantiza una protección absoluta y, en cualquier caso, hay que seccionar, utilizar y mantener el EPI adecuadamente. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 207)

Tabla 12 Puntuación por superficie expuesta

Superficies expuestas	Puntuación de superficie
Una mano	1
Dos manos Una mano + antebrazo	2
Dos manos + antebrazo Brazo completo	3
Miembros superiores y torso y/o pelvis y/o las piernas	10

Tabla 12: Determinación de la puntuación por superficie expuesta. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

b. Determinación de la puntuación por frecuencia de exposición

La clase de frecuencia de exposición se determina según los criterios expuestos en la tabla 13. Existen cuatro clases de frecuencia de exposición en función de que el uso del producto químico sea ocasional, intermitente, frecuente o permanente y cada una lleva asignada una puntuación. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 207)

Tabla 13 frecuencia de exposición

Frecuencia de exposición	Puntuación de frecuencia
Ocasional: < 30 min/día	1
Intermitente: 30 min – 2 h/día	2
Frecuente: 2h – 6h/día	5
Permanente: > 6h/día	10

Tabla 13: Determinación de la puntuación por frecuencia de exposición. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

c. Cálculo de la puntuación del riesgo por contacto/absorción

Una vez que se han determinado la puntuación del peligro, de la superficie expuesta y de la frecuencia de exposición, se calcula la puntuación del riesgo por contacto con la piel y/o absorción (P_{piel}) aplicando la siguiente formula:

$$P_{piel} = \text{puntuacion peligro} \times \text{puntuacion superficie} \times \text{puntuacion frecuencia} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- P_{piel} = Riesgo por contacto y absorción

Con esa puntuación, se caracteriza el riesgo utilizando la tabla 14.

Tabla 14 Caracterización del riesgo por contacto y/o absorción

Puntuación del riesgo	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
>1000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
>100 y ≤ 1000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada
≤100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Tabla 14: Caracterización del riesgo por contacto y/o absorción. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

Con la puntuación obtenida se clasifica el riesgo en tres categorías: riesgo probablemente muy elevado, riesgo moderado y riesgo a priori bajo, cada una de las cuales lleva asociada, correlativamente, una prioridad de acción.

Por tanto, si como resultado de la evaluación el riesgo se clasifica como “riesgo a priori bajo” se podrá:

- concluir la evaluación y elaborar el informe correspondiente, continuar con la evaluación del riesgo por absorción a través de la piel, en el caso de que exista notación “vía dérmica”.

Si el riesgo es “moderado” se podrá:

- recurrir al método de evaluación descrito en el Anexo G para obtener una evaluación más detallada y determinar la necesidad de adoptar medidas correctoras,
- continuar con la evaluación del riesgo por absorción a través de la piel, en el caso de que exista notación “vía dérmica”.

Si el riesgo se ha clasificado como “probablemente muy elevado”, habrá que adoptar medidas correctoras inmediatas y volver a evaluar. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 208)

2.4.4. Riesgos por ingestión

Suponen la entrada de los agentes químicos a través del sistema gastrointestinal. Esta vía, en general, tiene poca incidencia en el número de casos de exposición a agentes químicos. En cualquier caso, deben tenerse en cuenta los factores de riesgo en los casos en los que esta vía pueda ser significativa. No se conocen métodos de evaluación del riesgo de exposición a agentes químicos por ingestión. Es necesario identificar y, directamente, evitarlos. (INSHT, 2010)

Factores de riesgo

- Hábitos higiénicos personales.
- Posibilidad de comer, beber o fumar en los puestos de trabajo.
- Trabajadores especialmente sensibles.
- Exposición simultánea a varios agentes.
- Procedimiento de trabajo inadecuado.

2.4.5. Riesgos por vía parenteral

Suponen la entrada de agentes químicos a través de las heridas. Esta vía, en general, tiene poca incidencia en el número de casos de exposición a agentes químicos. En cualquier caso, hay que tener en cuenta los factores de riesgo en los casos en los que esta vía sea significativa. No se conocen métodos de evaluación del riesgo de exposición a agentes químicos por vía parenteral. Es necesario identificar y, directamente, evitarlos. (INSHT, 2010)

- **Factores de riesgo**
 - Deterioro de la piel.
 - Uso de objetos o herramientas cortantes o punzantes.
 - Frecuencia de contacto.
 - Gestión incorrecta de los EPI.
 - Procedimiento de trabajo inadecuado.
 - Trabajadores especialmente sensibles.
 - Exposición simultánea a varios agentes.

2.4.6. Control y seguimiento de los Riesgos Laborales

La NC 18000: 2005 (Norma Cubana) define el control del riesgo como: "proceso de toma de decisión para tratar y/o reducir los riesgos, a partir de la información obtenida en la evaluación de riesgos, para implantar las acciones correctivas, exigir su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia".

Los métodos de control de riesgos deben escogerse teniendo en cuenta los siguientes principios:

- Combatir los riesgos en su origen
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos de este en la salud

- Tener en cuenta la evolución de la técnica
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro
- Adoptar las medidas que antepongan la protección colectiva a la individual
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

Para la etapa de control de los riesgos se requiere de la sistematicidad en la implantación de medidas para la prevención, disminución y erradicación de estos, también se debe comprobar y chequear periódicamente que el sistema implantado sea eficaz y se sigan las prácticas y procedimientos requeridos.

El resultado de una evaluación de riesgos debe servir para hacer un inventario de acciones, con el fin de diseñar, mantener o mejorar los controles de riesgos. Es necesario contar con un buen procedimiento para planificar la implantación de las medidas de control que sean precisas después de la evaluación de riesgos.

2.4.7. Estudio detallado

Se ha de realizar un estudio detallado cuando se da una de estas circunstancias:

- La exposición está próxima al valor límite, es decir, no se pueden obtener conclusiones claras en cuanto a si la exposición está muy por debajo o por encima del valor límite.
- En el caso de exposición a agentes cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción.
- Cuando en el lugar de trabajo estén presentes agentes sensibilizantes.

Este estudio tiene como objeto suministrar una información válida y fiable sobre la exposición, conocer cuál es el modelo de esta y obtener datos cuantitativos de las concentraciones de la exposición laboral para evaluar el riesgo por inhalación, mediante la comparación de dicha concentración con el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-EDR).

Cuando se sospecha que la exposición está muy por debajo o por encima del valor límite, se pueden utilizar, para confirmarlo, técnicas fáciles de aplicar, aunque sean menos precisas. Otras posibilidades pueden ser medidas cerca de la fuente de emisión o medidas en el caso más desfavorable, ya que si estas son muy inferiores al valor límite, está claro que la exposición de los trabajadores también lo será.

Las mediciones deben realizarse durante suficientes días y en operaciones concretas diferentes, con el fin de obtener información sobre el modelo de exposición, de forma que se pueda asegurar, con un determinado grado de confianza, normalmente el 95%, que no se supera el valor límite no solo en los días en que se tomaron las muestras, sino también en el futuro, siempre y cuando se mantengan las mismas condiciones.

Al comparar el valor obtenido para la concentración con el valor límite ambiental, establecido para dicho agente químico, se puede llegar a tres conclusiones: exposición aceptable, exposición inaceptable o situación de no decisión. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 76)

a. Procedimiento para el estudio detallado

No existe un procedimiento único a seguir, por lo tanto, es importante la experiencia del técnico que realiza el estudio.

Una opción válida es seguir las directrices dadas en la norma UNE-EN 689 [7.3]. En la Guía Técnica de Agentes Químicos (Trabajo I. N., 2003), se da una estrategia que, en parte, está basada en esta norma UNE (689:1996, 1996), pero también tiene en cuenta la estrategia desarrollada por Leidel (N.A. Leidel, 1977). No siempre queda claro en la Guía cuando la estrategia se refiere a la de la norma UNE y cuando se refiere a la de Leidel.

La figura 11 recoge el esquema de actuación. Para que este procedimiento sea aplicable se ha de cumplir que:

- La concentración promedio de la jornada de trabajo sea representativa De la exposición laboral.
- Si hay condiciones de operación que se diferencian claramente, se evalúen por separado.
- Las condiciones de operación del trabajo se repitan regularmente y no cambien de forma significativa entre jornadas.
- En casos justificados, si la exposición no es uniforme entre distintas jornadas de trabajo, cabe una valoración de base semanal en lugar de diaria. En este caso, se requiere que:
 - existan variaciones sistemáticas entre las exposiciones diarias de diferentes jornadas
 - el agente químico tenga un largo periodo de inducción, es decir, que produzca efectos adversos para la salud, solo tras exposiciones repetidas a lo largo de meses o años. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 77)

Figura 11 Procedimiento de estudio detallado

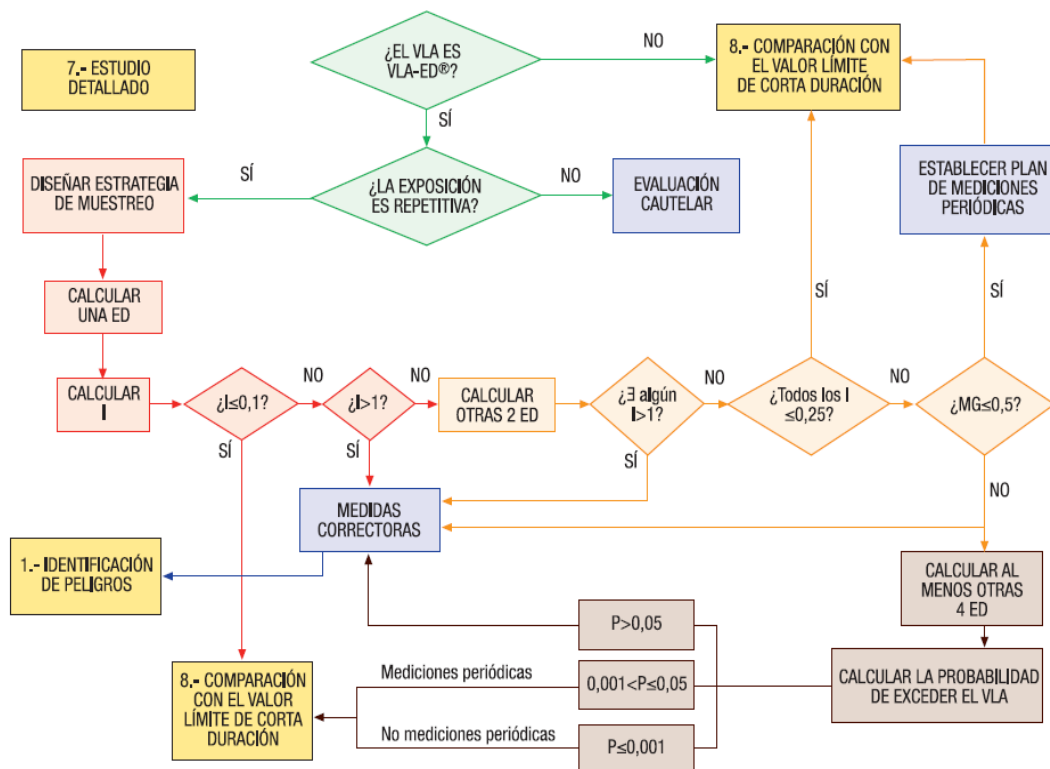


Figura 11: Esquema para el procedimiento de estudio detallado. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT.

También es posible otra base distinta de la semanal cuando, por ejemplo, se trata de exposición a un contaminante en una campana de una cierta duración, como ocurre con el trabajo con ciertos plaguicidas.

Si la exposición no es repetitiva, habría que llevar a cabo una evaluación cautelara en los focos de generación del agente, realizando muestreos o mediciones que indiquen las concentraciones ambientales en su proximidad, y llevar a cabo acciones preventivas para que esas concentraciones sean lo más bajas posible (operación segura). En los casos en que la exposición sea muy irregular y, en consecuencia, de difícil control, la Guía Técnica de Agentes Químicos recomienda una vigilancia de la salud de los trabajadores.

b. Estrategia de muestreo

Para diseñar la estrategia de muestreo, una vez comprobado que la exposición es repetitiva, se debe obtener información sobre:

- la duración de las exposiciones
- el número de trabajadores expuestos
- los procedimientos de medida disponibles

En el punto 5 de la norma UNE-EN 482, figuran los requisitos generales relativos al funcionamiento de dichos procedimientos de medida. De acuerdo con el art. 5.3 del RD 39/1997, los criterios para elegir un método son, en primer lugar, los contemplados en la normativa específica de aplicación en caso de que exista o, en su defecto, los criterios de carácter técnico, según el orden establecido (Normas UNE, Guías INSHT, normas internacionales, guías de otras entidades de reconocido prestigio en la materia).

La toma de muestras ha de ser personal, siempre que sea posible. Se aceptarán mediciones ambientales cuando el sistema o soporte utilizado lo haga necesario y los resultados sirvan para evaluar la exposición del trabajador. En este caso las muestras deben tomarse, en la medida de lo posible, a la altura de las vías respiratorias y en un punto próximo a los trabajadores y, en caso de duda, se tomará como punto de

muestreo el de mayor riesgo. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 79)

c. Diseño de la estrategia de muestreo

Como regla general, hay que tratar de optimizar los recursos mediante el uso más eficaz de los mismos. Se debe tener en cuenta lo cerca que se esté respecto del valor límite. Cuanto más cerca se encuentre la exposición de los trabajadores del valor límite, menor será la incertidumbre expandida del procedimiento de medida requerida (ver tabla 15), el número de muestras que haya que tomar será mayor y mayor precisión se requiere, también, en el método de toma de muestra y análisis utilizado.

Tabla 15 Requisitos de incertidumbre expandida

Periodo de referencia	Intervalo de medida	Incertidumbre expandida relativa
Corta duración (p.ej. 15 min)	0,5 a 2 veces el valor límite	$\leq 50 \%$
Larga duración	0,1 a $< 0,5$ veces el valor límite	$\leq 50 \%$
Larga duración	0,2 a 2 veces el valor límite	$\leq 30 \%$

Tabla 15: Requisitos de incertidumbre expandida para mediciones de comparación con los valores límite. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

Como se ha dicho anteriormente, solo si se sospecha que la exposición es claramente inferior o superior al valor límite, se pueden utilizar para confirmarlo técnicas de medición fáciles de aplicar, aunque sean menos precisas.

Al diseñar la estrategia de muestreo hay que establecer:

- selección de los trabajadores a medir
- selección de las condiciones de medida
- procedimiento de medida (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 79)

d. Selección de los trabajadores a medir

Existen dos posibilidades:

- hacer un muestreo aleatorio dentro del total de trabajadores expuestos
- dividir la población expuesta en grupos de exposición homogénea (GEH).

El muestreo aleatorio requiere un número relativamente grande de muestras y, además, presenta un riesgo considerable de que se puedan pasar por alto pequeños subgrupos de personas altamente expuestas. Es preferible dividir la población expuesta en GEH, es decir, aquellos que realizan tareas idénticas o similares en el mismo lugar y puede, por tanto, suponerse que tienen exposición similar, ya que, además, tiene la ventaja práctica de que los recursos pueden concentrarse en aquellos grupos de trabajadores con mayor exposición.

A la hora de elegir el número de trabajadores a muestrear dentro del GEH es importante, también, el criterio profesional, sobre todo en los grupos pequeños. La frecuencia y el número de mediciones necesarios depende de:

- la precisión que se necesite en la evaluación de la exposición
- lo cerca que se esté del valor límite
- las propiedades del agente químico

El muestreo debe realizarse, al menos, a un trabajador por cada diez del grupo. Es razonable incluir dentro de un mismo GEH a trabajadores que pertenezcan a distintos turnos, siempre que no haya ningún motivo para suponer que la exposición va a ser distinta dependiendo del turno de trabajo. Si la exposición está próxima al valor límite, es conveniente tomar, al menos, seis medidas dentro del grupo. Si el número de trabajadores fuera inferior a seis, se puede muestrear más de una vez al mismo trabajador.

Una vez obtenidas las mediciones, es necesario verificar que se han seleccionado adecuadamente los grupos mediante el estudio crítico de los ciclos de trabajo y el examen de los resultados de los muestreos preliminares. Como regla práctica, si la exposición de un trabajador es inferior a la mitad o superior al doble de la media aritmética del grupo, hay que reconsiderar si se ha elegido bien el grupo.

Cuando la media aritmética de las medidas obtenidas en un grupo se aproxima a la mitad del valor límite, es probable que alguna de ellas exceda dicho valor. Si la selección del número de trabajadores a muestrear se hubiese realizado mediante un muestreo estadístico, el número de mediciones necesario sería, en general, superior.

Para decidir cuántos trabajadores habría que muestrear se puede utilizar la tabla 16. Así se garantizaría, con un 90% de probabilidad, que dentro del grupo muestreado (n) se encontraría uno de los trabajadores incluido en el grupo de los de mayor exposición, N_0 , que en este caso es el 10% ($N_0 = 0,1N$), siendo N el número total de trabajadores. Por ejemplo, si dentro de un grupo de 20 trabajadores, seleccionamos trece, habrá un 90% de probabilidad de que, dentro de los trece, uno sea de los dos trabajadores del total que tienen mayor exposición.

Si el total de trabajadores es inferior a ocho, se debe muestrear a todos ellos. Sea cual sea el procedimiento elegido para determinar el número de trabajadores a muestrear, la elección de estos debe hacerse al azar, para lo cual se puede utilizar una "tabla de números aleatorios". (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 80)

Tabla 16 Número de trabajadores a muestrear

Nº de trabajadores a muestrear del total $P= 10\%$, $N_0 = 0,1N$	
Nº total de trabajadores "N"	Nº total de trabajadores muestreados "n"
8	7
9	8
10	9
11 -12	10
13 – 14	11
15 – 17	12
18 – 20	13
21 – 24	14
25 – 29	15
30 – 37	16
38 – 49	17
50	18

Tabla 16: Número de trabajadores a muestrear para que con un 90% de probabilidad se muestree a uno de los que están entre el 10% de mayor exposición. "Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica", por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

e. Selección de las condiciones de medida

Se puede muestrear tomando una o varias muestras que cubran toda la jornada o bien estimar la concentración a partir de mediciones que cubran solo parte de esta, siempre que se pueda extrapolar la concentración de ese periodo muestreado a la totalidad de la exposición. Hay que examinar críticamente el periodo no muestreado para comprobar que no existen diferencias respecto al que si se muestreo.

En la figura 12 se recogen varios modelos de muestreo. El orden de preferencia al seleccionar un modelo de muestreo es:

Figura 12 Tipos de muestreo

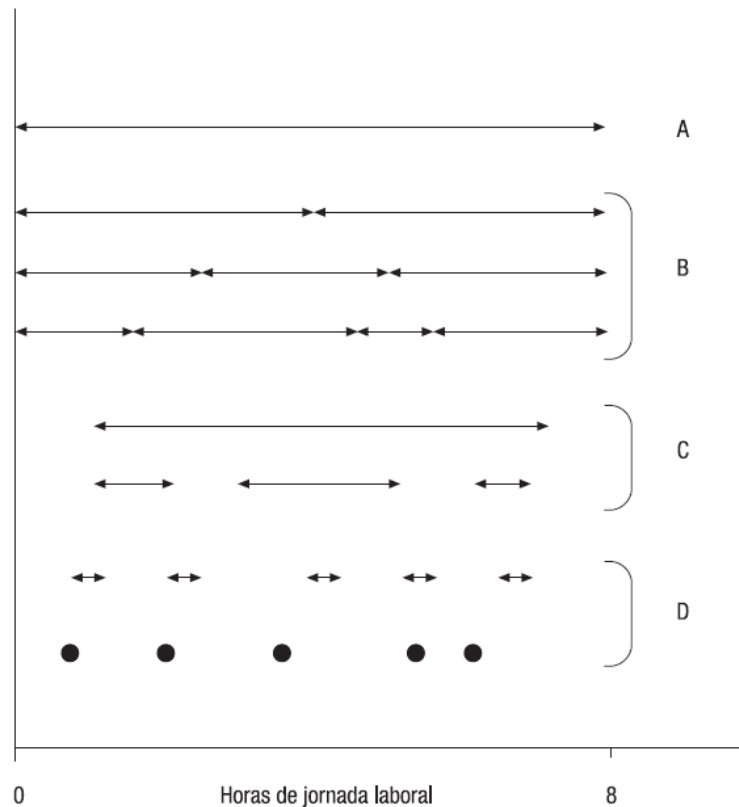


Figura 12: Tipos de muestreo en una jornada de trabajo. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT.

- B: de periodo completo con varias muestras consecutivas que no tienen por qué ser de la misma duración. Este tipo de muestreo es preferible al A, porque proporciona límites de confianza más estrechos al estimar la exposición y porque permite detectar mejor la contaminación accidental de una muestra. De

todas formas, hay que considerar que un aumento en el número de muestras encarece la evaluación, por lo que dos muestras consecutivas de 4 horas cada una se considera como el mejor compromiso.

- A: de periodo completo, con una única muestra.
- C: de periodo parcial, con una muestra única o muestras consecutivas. Para una jornada de 8 horas, el periodo muestreado no debería ser inferior a 4 horas. Se puede usar siempre que se pueda extrapolar la concentración de este periodo a la totalidad de la exposición.
- D: cuando es imposible, debido a limitaciones de los procedimientos de muestreo, efectuar ninguno de los muestreos anteriores. Esto sucede con frecuencia cuando se utilizan tubos colorimétricos o equipos de lectura directa, aunque puede ocurrir también cuando se utiliza un adsorbente sólido y el volumen de ruptura es pequeño. En ese caso se pueden tomar muestras puntuales de igual duración y repartidas de forma aleatoria a lo largo de la jornada laboral. El número óptimo de este tipo de muestras se encuentra entre 8 y 11, pero si el trabajador distribuye su jornada de trabajo entre varios lugares, entonces el número óptimo de muestras sería entre 8 y 11 por cada periodo de exposición diferente que contribuya de forma significativa a la exposición total. No obstante, si no es posible tomar un número tan alto de muestras, se recomienda distribuir el número de muestras en proporción al tiempo de cada periodo de exposición, es decir, se deben tomar más muestras en los lugares donde se permanece más tiempo. Cuando se utiliza este tipo de muestreo, la duración de las muestras solo es importante desde el punto de vista analítico, pero no desde el punto de vista de la representatividad de estas. En la práctica, este tipo de muestreo solo es útil en situaciones en que los resultados individuales estén muy por debajo o muy por encima del VLA-EDR. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 81)

Lo ideal es evaluar la exposición del trabajador tomando muestras personales que cubran toda la jornada de trabajo y sean representativas de las distintas actividades que puedan desarrollarse durante la misma. Esto no siempre es práctico, pero es necesario obtener información de aquellas tareas para las que es más difícil conocer la exposición.

No es necesario evaluar todas las tareas. Si se conoce la exposición de una cierta tarea, porque se haya evaluado en otra ocasión, podemos utilizar los datos que se obtuvieron entonces, siempre y cuando no exista ningún motivo para pensar que ha cambiado la exposición.

De acuerdo con la Norma UNE-EN 689, es aconsejable realizar las mediciones en un número suficiente de días. Es importante tener en cuenta las variaciones que pueden deberse a diferentes turnos o épocas del año.

Cuando es posible identificar los momentos o procesos en los que la exposición es mayor, los periodos a muestrear se eligen de manera que cubran estos momentos. Esto se llama muestreo en el caso más desfavorable.

También se pueden identificar estos momentos mediante un procedimiento semicuantitativo (en general, un procedimiento de medida rápido y sencillo, aunque no proporcione el mismo grado de exactitud en las mediciones). Esto es particularmente importante en los sitios donde el trabajo varío a lo largo de la jornada.

El modelo para la medición puede estar influenciado por ciertos problemas prácticos, tales como la frecuencia y duración de algunas tareas y el uso óptimo de los recursos analíticos y de la Higiene Industrial. Dentro de estas limitaciones, el muestreo debería organizarse de manera que los datos sean significativos de las tareas identificadas para periodos conocidos. Esto es particularmente importante en muchos lugares de trabajo, donde las tareas cambian durante el periodo de trabajo, lo que puede implicar interrupciones y no poder alcanzar una duración de 8 horas a lo largo de la jornada.

La duración de cada muestra viene determinada por el método de toma de muestra y análisis. Cuando se tenga certeza de que la concentración durante un determinado periodo no varía significativamente, no es necesario muestrear todo el periodo. De acuerdo con la Norma UNE-EN 689, en este caso bastaría con muestrear el 25% del periodo de exposición.

Sin embargo, el tiempo no muestreado es el principal punto débil en la credibilidad de cualquier medición de la exposición. Durante este tiempo es necesaria una observación cuidadosa de los hechos.

La hipótesis de que no han ocurrido cambios durante el periodo no muestreado debe ser examinada siempre de forma crítica.

Cuando la duración del muestreo es menor que el periodo completo de exposición durante una jornada de trabajo, el número mínimo de muestras a tomar puede variar en función del tipo de muestra (duración de cada muestra) y del grado de confianza que se requiere para determinar la exposición. Este número mínimo de muestras se puede ver en la tabla 17. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 82)

Tabla 17 Número mínimo de muestras

Duración de la muestra	Número mínimo de muestras por jornada de trabajo
10 seg.	30
1 min.	20
5 min.	12
15 min.	4
30 min.	3
1 hora	2
≥ 2 horas	1

Tabla 17: Número mínimo de muestras por jornada de trabajo en función de la duración de una muestra. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

Esta tabla se basa en la presunción de que se debe muestrear al menos el 25% del periodo de exposición, siempre que no se produzcan cambios significativos en la concentración del contaminante a lo largo de dicho periodo.

Si la exposición se caracteriza por la presencia de picos de concentración, hay que estimar estos para compararlos con los valores límite de corta duración.

En todos los puestos de trabajo encontramos sustancias químicas, ya sea en productos de uso habitual (como productos de limpieza o fumigación, colas, pinturas, disolventes, tintas), o en forma de humos, vapores, residuos o líquidos residuales, e incluso como componentes o contaminantes de los bienes fabricados.

El procedimiento de medida debe proporcionar resultados representativos de la exposición del trabajador. Para ello, como se ha dicho anteriormente, siempre que sea posible se tomaran muestras personales.

Además, se debe cumplir con lo exigido en la Norma UNE-EN 482 y debe incluir:

- las sustancias muestreadas
- el método de toma de muestra
- el método de análisis
- la localización de las muestras
- la duración del muestreo
- el horario y el intervalo entre las mediciones
- los cálculos que conducen a la concentración ambiental a partir de los resultados analíticos
- las instrucciones técnicas adicionales adecuadas a las mediciones
- las tareas para controlar.

Si los trabajadores están expuestos simultanea o consecutivamente a más de una sustancia, hay que tenerlo en cuenta.

f. Cálculo de la exposición diaria

A partir de los resultados analíticos individuales obtenidos para cada trabajador, se calcula su exposición diaria (ED). El cálculo se hace de forma ponderada con respecto al tiempo de la jornada estándar de 8 horas.

La ED se calcula mediante la fórmula:

$$ED = \frac{\sum C_i \times t_i}{8}$$

Ecuación 3

donde:

- C_i = concentración de la exposición laboral en el tiempo t_i
- t_i = tiempo de exposición asociado en horas
- 8 = periodo de referencia del valor limite en horas

Y donde Σt_i sería la duración de la jornada en horas, que puede ser inferior, igual o superior a 8 horas. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 85)

g. Muestreos tipo D

Cuando el muestreo es de tipo, D, es decir, se han tomado varias muestras de corta duración y de forma aleatoria a lo largo de la jornada, la exposición diaria se calcula mediante una estimación del valor más probable de la media de las mediciones efectuadas. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 87)

Como ejemplo, los valores obtenidos para la concentración (c_i) son: 40,1; 25,8; 20,0; 30,8; 14,5; 23,4; 53,0; 37,0; 28,2 y 20,8 ppm (figura 14).

Los pasos para seguir para estimar la media son:

1. Calcular los logaritmos neperianos de las “n” concentraciones (c_i), en el ejemplo estos valores están en la figura 13.
2. Calcular m_L , la media aritmética de los $L_n c_i$

$$m_L = \frac{\sum L_n c_i}{n} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

m_L = Media aritmética

L_n = Logaritmo natural

c_i = Concentraciones

n = número de concentraciones

3. Calcular la desviación estándar, s_L

$$s_L = \sqrt{\frac{\sum (m_L - L_n c_i)^2}{n - 1}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

s_L = Desviación estándar

m_L = Media aritmética

L_n = Logaritmo natural

c_i = Concentraciones
 n = número de concentraciones

4. Calcular la media geométrica, MG.

$$MG = e^{m_L} \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

MG = *Media geométrica*

m_L = *Media aritmética*

5. Calcular la desviación estándar geométrica, DSG.

$$DSG = e^{s_L} \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

DSG = *Desviación estándar geométrica*

s_L = *Desviación estándar*

6. Calcular ϕ , se puede obtener de la figura 13, conociendo DSG y el número de muestras.
7. A partir de la media geométrica y de ϕ se estima la media aritmética, es decir, el valor más probable de la media de la concentración (media estimada):

$$m_{estimada} = MG \times \phi \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

$m_{estimada}$ = *Media estimada*

MG = *Media geométrica*

Figura 14 Valor de ϕ en función de DSG y el número de muestras

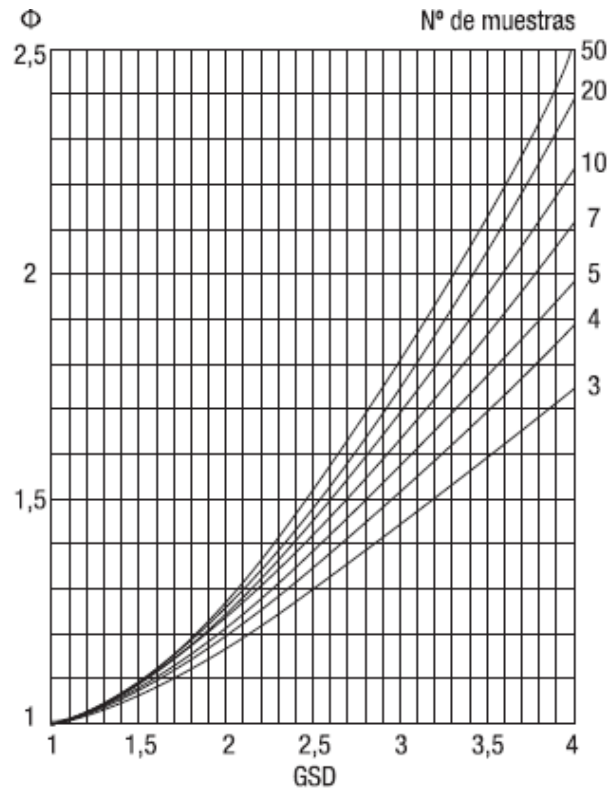


Figura 14: Valor de ϕ en función de DSG y el número de muestras. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT.

Figura 13 Cálculos para determinar ϕ

i	c_i (ppm)	$\ln c_i$	$m_L - \ln c_i$	$(m_L - \ln c_i)^2$
1	14,5	2,6741	0,6406	0,4104
2	20,0	2,9957	0,319	0,1018
3	20,8	3,0350	0,2798	0,0783
4	23,4	3,1527	0,1620	0,0262
5	25,8	3,2504	0,0644	0,0041
6	28,2	3,3393	-0,0246	0,0006
7	30,8	3,4275	-0,1128	0,0127
8	37,0	3,6109	-0,2962	0,0877
9	40,1	3,6914	-0,3766	0,1419
10	53,0	3,9703	-0,6556	0,4298
	suma	33,1474		1,2934
	m_L	3,3147		
			s_L^2	0,1437
			s_L	0,3791
			MG	27,52
			DSG	1,46

Figura 14: Cálculos para determinar ϕ . “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT.

h. Cálculo del índice de exposición

El índice de exposición (I) se determina de acuerdo con la expresión:

$$I = \frac{ED}{VL}$$

donde:

- ED = exposición diaria de un trabajador al contaminante
- VL = VLA-EDR del contaminante

i. Valoración a partir del índice de exposición obtenido

La valoración de la exposición se realiza en función del valor de I

- Si el valor de I es inferior o igual a 0,1, la exposición está por debajo del VL. Si, además, puede demostrarse que este valor es representativo a largo plazo y que también se cumple con las condiciones del valor límite de corta duración, se considera terminada la evaluación, no es necesario hacer nuevas mediciones.
- Si algún valor de I es superior a 1, la exposición está por encima del VL.
- Si el valor de I es superior a 0,1 pero igual o inferior a 1, hay que medir otros dos días. En este último caso, una vez obtenidas las mediciones de los tres días, se puede llegar a una de estas situaciones:
 - Si los valores de I en tres días diferentes son todos inferiores iguales a 0,25, la exposición está por debajo del VL. Si, además, las condiciones no varían con el tiempo, no son necesarias evaluaciones periódicas.
 - Si los valores de I en tres días diferentes son todos inferiores iguales a 1, y la media geométrica (MG) de los tres es inferior o igual a 0,5, la exposición está por debajo del VL, aunque en este caso sería necesario establecer un plan de

- mediciones periódicas para comprobar que la exposición continúa siendo inferior al VL.
- Si algún valor de I es superior a 1, la exposición está por encima del VL. En este caso hay que investigar las causas y tomar medidas para corregir la situación y, una vez tomadas, hacer una nueva evaluación de riesgos.
- En cualquier otro caso, el procedimiento conduce a la situación de "no decisión".

En el caso de que haya que calcular otras dos exposiciones diarias, hay que tener en cuenta que:

- las exposiciones diarias que se obtengan han de proceder de jornadas diferentes, si es posible no consecutivas y elegidas al azar;
- las condiciones de trabajo no han de variar, sustancialmente, de una jornada a otra, ni a largo plazo; las fases o tareas diferenciadas se muestrean por separado.

Si se concluye que la exposición está por debajo del valor límite de exposición diaria, la evaluación continua con la comparación con los valores límite de corta duración o límites de desviación.

Si la exposición es superior al valor límite, como se ha dicho antes, habrá que adoptar medidas correctoras para reducirla y, cuando se apliquen, hacer una **nueva** evaluación de la exposición laboral. Se trata de una nueva evaluación de la exposición y no de una medición periódica, porque al adoptar medidas correctoras se han cambiado las condiciones de trabajo, y habrá que iniciar la evaluación de la exposición desde el principio para tener en cuenta los cambios introducidos.

Si se ha llegado a una situación de "no decisión", se puede adoptar una de estas dos soluciones:

- Adoptar medidas para reducir la exposición y, una vez implantadas, realizar una nueva evaluación de la exposición laboral. Se usarán, en orden de preferencia, las medidas de control en el foco de contaminación, el medio de difusión y en último lugar sobre el trabajador. Como en el caso anterior se trata de una nueva evaluación de la exposición porque, al adoptar medidas para reducir la exposición, se cambian las condiciones de trabajo.
- Aumentar el número de mediciones, obteniendo otras cuatro y, con la ayuda de un gráfico de probabilidad, calcular la probabilidad de que se supere el valor límite. Aumentar el número de mediciones solo tendría sentido si el valor de la media geométrica de las exposiciones de los tres días fuera ligeramente superior a 0,5, o cuando su coste compensase frente al coste de las medidas correctoras.

En este último caso, en función del valor obtenido para la probabilidad, P, se llega a una de estas tres situaciones

- **SITUACIÓN VERDE, SI $P \leq 0,1 \%$**
La exposición es aceptable y no son necesarias mediciones periódicas.
- **SITUACIÓN NARANJA, SI $0,1 \% < P \leq 5 \%$**
La exposición es aceptable, pero es necesario establecer un plan de mediciones periódicas.
- **SITUACIÓN ROJA, SI $P > 5 \%$**
La exposición no puede considerarse aceptable.

Se estima que cada año mueren en España 4.000 trabajadores y trabajadoras, al menos 33.000 enferman y más de 18.000 sufren accidentes a causa de la exposición a sustancias químicas peligrosas en su trabajo.

La liberación al medio ambiente de las sustancias químicas provoca la contaminación de los ríos y mares, del aire, del suelo, de los alimentos y del agua, provocando importantes daños a la naturaleza y enfermedades a la población. Los niños, las mujeres embarazadas y lactantes y los ancianos son especialmente vulnerables a la contaminación ambiental. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 89)

La prioridad de actuación frente a riesgo químico debe ser la eliminación o sustitución de las sustancias más peligrosas de los procesos productivos. También es necesario reducir la fabricación y uso de estas sustancias tanto a nivel estatal como a nivel global para conseguir un tejido productivo sostenible.

La labor de ISTAS para promover la prevención del riesgo químico incluye:

- **Investigación:** Realización de estudios sobre la situación del riesgo químico en diferentes sectores, factores de riesgo y medidas preventivas.
- **Asesoramiento:** Asesoramiento técnico sobre Riesgo Químico y cómo prevenirlo a trabajadores, organizaciones sindicales, comités de empresa, delegados/as de prevención y otras entidades públicas y privadas nacionales e internacionales.
- **Formación:** Cursos, seminarios, jornadas y conferencias dirigidas a trabajadores, representantes de los trabajadores, técnicos de empresas, ONGs y administraciones, y estudiantes universitarios sobre la prevención del riesgo químico.
- **Sensibilización e información:** Edición de guías y manuales sobre diversos aspectos de la prevención del riesgo químico. Edición de materiales informativos y audiovisuales para sensibilizar e informar a trabajadores. (ISTAS, s.f.)

2.5. Hipótesis

¿Los riesgos químicos inciden significativamente en la salud de los trabajadores del área de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A.?

2.6. Señalamiento de variables de la hipótesis

2.6.1. Variable independiente:

Riesgo químico

2.6.2. Variable dependiente:

Salud de los trabajadores

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque

La presente investigación tiene un enfoque cuali-cuantitativo, considerando que, en el proceso de evaluación de riesgos, la identificación se realiza en base al perspectiva del evaluador, mientras que la evaluación y control de estos, se realiza en base a mediciones y cálculos que permiten conocer si existen concentraciones de químicos que sobrepasen los límites permisibles establecidos, las características del proyecto son de carácter externo de acuerdo a las particulares propias del objeto de investigación, es decir del área de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua.

3.2 Modalidad básica de la investigación

3.2.1 Aplicada

En la investigación realizada se aplicarán todos los conocimientos y destrezas adquiridas durante el proceso de estudio de la maestría de Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental

3.2.2 De campo

En el presente trabajo se aplicará la modalidad de campo debido a que el investigador estará presente en las instalaciones de la empresa, para poder indagar y recolectar la información necesaria que permita identificar las fuentes de riesgo existentes.

3.2.3 Bibliográfica

Se aplicará investigación bibliográfica para revisar en diferentes fuentes bibliográficas o documentales todo lo referente a la norma vigente para la evaluación de riesgos químicos, además tiene como propósito poder conocer y deducir los diferentes procedimientos, técnicas, conceptualizaciones y criterios de diversos autores en el estudio de todo lo referente a materia de seguridad y prevención de riesgos.

3.2.4 De Investigación Social o Proyecto Factible

El presente proyecto es factible de realizar debido que se planteará una propuesta acorde a las necesidades de la empresa, que permita dar solución a los problemas identificados.

3.3 Nivel de investigación

3.3.1 Transversal

Porque permite reconocer variables de interés investigativo, sondeando un problema desconocido en un contexto particular, lo cual permitirá indagar cuales son las causas por las que se presentan los factores de riesgo, mediante la identificación y medición de factores químicos, poder evaluarlas y controlarlas a fin de minimizar o eliminar dichas situaciones.

3.3.2 Descriptivo

Los estudios descriptivos nos permitirán analizar situaciones que generalmente ocurren en condiciones naturales, más que aquellos que se basan en situaciones experimentales

3.3.3 Asociación de Variables

Porque permite medir el grado de relación entre variables con los mismos sujetos de un contexto determinado.

3.4 Población y muestra

Para ambos casos se realiza con toda la población del Área de Mezclas

Tabla 18 Población y muestra

Población	Nivel de experiencia	Frecuencia	Porcentaje	
Jefe Técnico de Acabado	Entre 10 a 15 años	1	4.35%	
Técnico Acabado		4	17.39%	
Coordinador Acabado		2	8.70%	
Supervisor Mezclas		2	8.70%	
Digitador mezclas		3	13.04%	
Pesador mezclas		3	13.04%	
Operador líder pigmentado		4	17.39%	
Operador pigmentado		4	17.39%	
TOTAL			23	100%

Tabla 18: Muestra el total de la población a analizar, la cual está relacionada directamente con el área de estudio.

3.5 Operacionalización de variables

3.5.1 Variable independiente:

Riesgo Químico

Tabla 19 Operacionalización de la variable independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e Instrumentos
Todo proceso productivo implica la utilización de materias primas, dentro de este listado se encuentra el uso de materiales químicos, considerados como toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que, durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al ambiente en forma de polvo, humo, gas o vapor, representando un peligro para el organismo humano, cuando este sobrepase los límites permisibles de exposición. Existen diferentes tipos de químicos los cuales pueden provocar efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos.	Peligros químicos	Niveles de concentración	¿Cuáles son las concentraciones de los vapores químicos?	Medición de gases Informe de resultados
	Límites permisibles	Niveles de emisión	¿Qué tiempo está expuesto el trabajador?	Medición de gases Informe de resultados
	Tipos de químicos	Hojas MSDS	¿El trabajador cuenta con la información de los químicos que utiliza?	Observación Entrevista
	Proceso productivo	Identificación de riesgos por puesto de trabajo	¿Cuáles son los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores?	Matriz de identificación de riesgos

Tabla 19: Operacionalización de la variable independiente. Elaborado por: La investigadora.

3.5.2 Variable dependiente:

Salud de los trabajadores

Tabla 20 Operacionalización de la variable dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e Instrumentos
<p>La salud laboral es el concepto básico relacionado con las condiciones de trabajo y salud del trabajador, mediante la vigilancia de la salud de los trabajadores/as, permite estar atentos para evitar que ésta se vea dañada por las condiciones de trabajo.</p> <p>Esta vigilancia puede llevarse a cabo mediante reconocimientos médicos o exámenes de salud, estudios de tiempos de exposición a riesgos, encuestas de salud, controles biológicos, estudios de absentismo, estadísticas de accidentes, estadísticas de morbilidad en cuanto a presencia de síntomas agudos o crónicos con el objetivo de alcanzar el máximo bienestar físico, emocional, y psíquico del trabajador.</p>	Vigilancia de la salud	Medicina preventiva	¿Se garantiza la vigilancia periódica de la salud de los trabajadores?	Informe morbilidad
	Tiempo de exposición	Jornada laboral	¿Qué tiempo está expuesto a las emisiones químicas?	Observación Encuesta
	Síntomas agudos y crónicos	Morbilidad	¿Se han presentados antecedentes de enfermedades de tipo respiratorio?	Informe médico
	Eficiencia del metabolismo	Ausentismo	¿Cuántas veces en los últimos seis meses, se ausentado de sus labores por problemas de salud?	Entrevista

Tabla 20: Operacionalización de la variable dependiente. Elaborado por: La investigadora.

3.6 Recolección de información

A través de la metodología del ISHT, se recolectará la información del nivel de exposición a riesgos químicos en el área seleccionada

Figura 15 Procedimiento de recolección de información

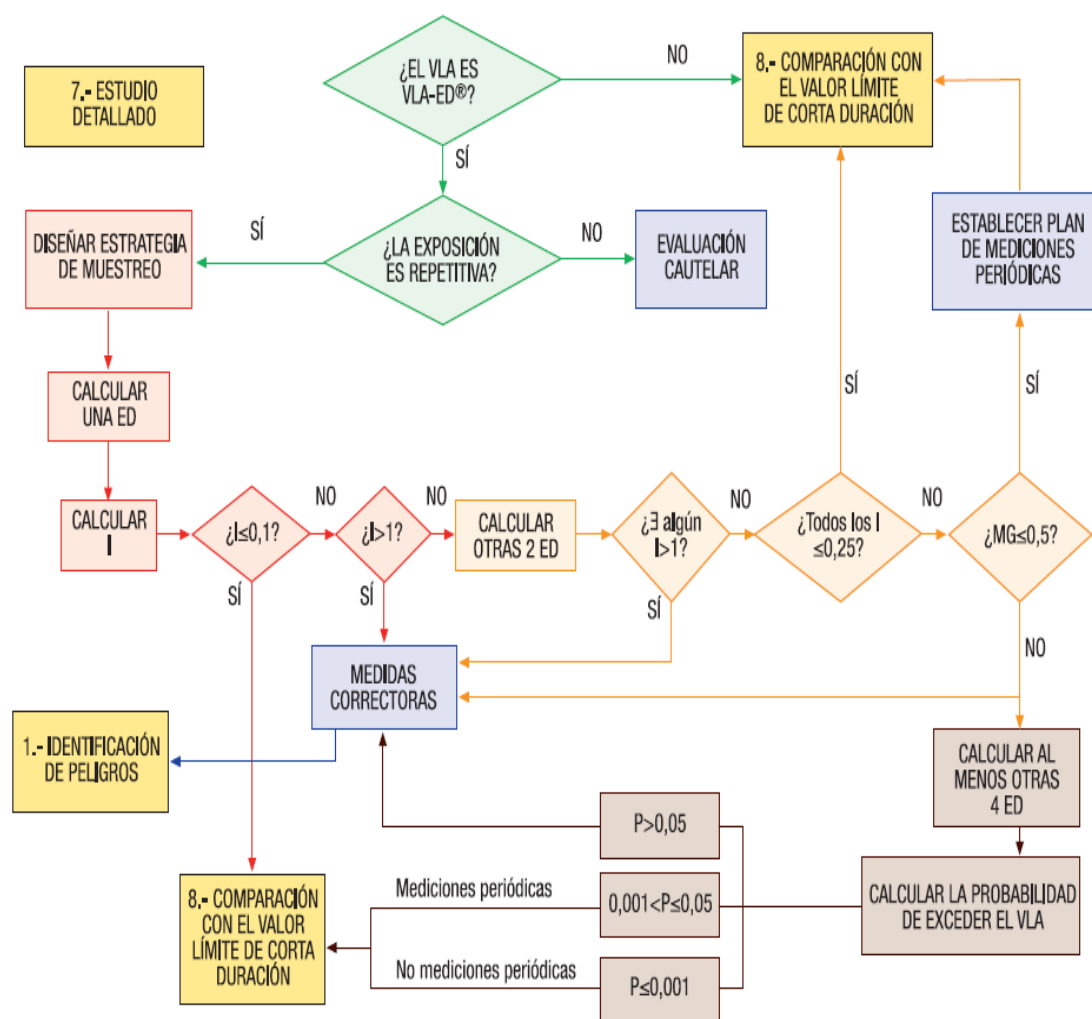


Figura 15: Esquema para el procedimiento de estudio detallado. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT.

A través de la metodología establecido en el libro de “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica” del Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT, se recolectará la información del nivel de riesgo químico en el área de mezclas del proceso de Acabado:

En primera instancia se aplicará encuestas a los operarios que pertenecen al área de mezclas. A través de las encuestas se determinará de manera subjetiva la percepción de confort ambiental que los operarios tienen respecto de la zona de trabajo en estudio. (Anexo 1 Formato encuesta)

Posterior se realizarán mediciones aplicando la metodología establecida, las mediciones se realizarán en los horarios rotativos comprendidos entre 06:00 a 14:00 y de 14:00 a 22:00 en condiciones normales de proceso.

Para la recolección de la información, tanto de encuestas como de mediciones, se tiene en cuenta los cuestionamientos establecidos en la Tabla 21:

Tabla 21 Cuadro de recolección de la información

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación.
2. ¿De qué personas u objetos?	Operarios de la zona de mezclas
3. ¿Sobre qué aspectos?	Indicadores (Matriz de Operacionalización de variables)
4. ¿Quién, quienes?	Investigador
5. ¿Cuándo?	Marzo 2018 – Junio 2019
6. ¿Dónde?	Área de mezclas de la zona de Acabado
7. ¿Cuántas veces?	De acuerdo con el muestreo establecido
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Entrevista Observación Mediciones
9. ¿Con qué?	Cuestionario estructurado
10. ¿En qué situación?	Horario comprendido entre las 06:00 am – 14:00 y 14:00 pm y 22:00 pm

Se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Revisión crítica de la información recogida, barrido de la información defectuosa.
- Repetición de la toma de datos, corrección de errores individuales al responder las preguntas.
- Manejo y tabulación de los valores obtenidos para las variables de cada hipótesis
- Estudio estadístico de datos para presentación de resultados a través de cuadros, gráficas y/o tablas.

3.7 Procesamiento y análisis

- Análisis de los resultados obtenidos de los registros de medición, listas de chequeo (observación) y cuestionarios individuales (encuestas) que se utilizaron en el plan para la recolección de la información.
- Interpretación de los resultados después de haber sido analizados teniendo como marco de referencia todos los conceptos analizados en el marco teórico.
- Comprobación de la hipótesis mediante métodos estadísticos establecidos.
- Formulación de conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

2.7. Análisis de los Resultados

2.7.1 Curtiduría Tungurahua – descripción de procesos

Curtiduría Tungurahua es una empresa 100% ecuatoriana que se ha mantenido durante 79 años haciendo cuero. En el procesamiento de pieles animales, existen variaciones según sea el tipo de piel, la tecnología disponible y las características finales a conseguir en el cuero. Estas características determinan el tipo de emisiones y consumos y las consecuencias ambientales del proceso. El proceso de curtido se puede dividir en tres etapas principales: ribera, curtido y terminación. Las etapas de ribera y curtido se realizan en grandes recipientes cilíndricos de madera llamados fulones. A estos recipientes se ingresan los cueros, el agua y los reactivos químicos necesarios, mientras que las etapas de terminación ocupan equipos de acondicionamiento físico en seco. Los aspectos ambientales principales del proceso se centran en las primeras etapas.

Descripción de procesos área de Acabado y Mezclas

Se aplica un acabado superficial final que puede contener disolventes, plastificantes, aglutinantes y pigmentos. Estas soluciones se aplican mediante felpas, por revestimiento con flujo o por rociadura. Curtiduría Tungurahua emplea mano de obra para aplicar el acabado utilizando felpas u otros tipos de acabado que se realizan en máquinas. En la mayoría de los casos, los cueros pintados o rociados no se secan en

estufas, sino en bandejas colocadas en estanterías. Esta práctica proporciona una amplia superficie de evaporación y contribuye a la contaminación del aire.

La gran variedad de ácidos, álcalis, taninos, disolventes, desinfectantes y otros productos químicos utilizados pueden ser irritantes para las vías respiratorias y la piel. El polvo de materiales curtientes vegetales, la cal y el cuero y las neblinas y vapores de productos químicos que se presentan en los distintos procesos pueden causar bronquitis crónica. Varios productos químicos implican riesgo de dermatosis por contacto. Procesos típicos de curtido y acabado del cuero. sustancias alcalinas, existe la posibilidad de que se genere sulfuro de hidrógeno si estas sustancias entran en contacto con ácidos. Los agentes cancerígenos potenciales utilizados en el curtido y el acabado del cuero son las sales de cromo hexavalentes (en el pasado), tintes de anilina y azoicos, taninos vegetales, disolventes orgánicos, formaldehído y clorofenoles.



2.7.2. Análisis de la encuesta realizada al área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A (Anexo 1)

De acuerdo con la encuesta propuesta para la recolección de la información, se aplicó a los 23 trabajadores pertenecientes al área de mezclas, obteniéndose los siguientes resultados:

Pregunta 1. ¿Recibió inducción inicial de Seguridad Industrial?

Tabla 22 Inducción de seguridad

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
SI	23	100%
NO	0	0%
TOTAL	23	100%

Figura 16 Inducción de Seguridad Industrial



Figura 16: Determinación del % de operarios que ha recibido inducción de seguridad

Análisis

De acuerdo con la información obtenida, el 100% de la población en estudio, ha recibido la inducción inicial de Seguridad Industrial, orientada a comunicar las actividades a cumplir, así como los riesgos a los que va a estar expuesto.

Interpretación

Todos los trabajadores han recibido la inducción inicial de riesgos, como parte del proceso de reclutamiento, dicha actividad consta como parte del proceso de formación del trabajador nuevo.

Pregunta 2. ¿Conoce de los riesgos a los que está expuesto?

Tabla 23 Exposición a riesgos

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
SI	17	74%
NO	6	26%
TOTAL	23	100%

Figura 17 Exposición a Riesgos

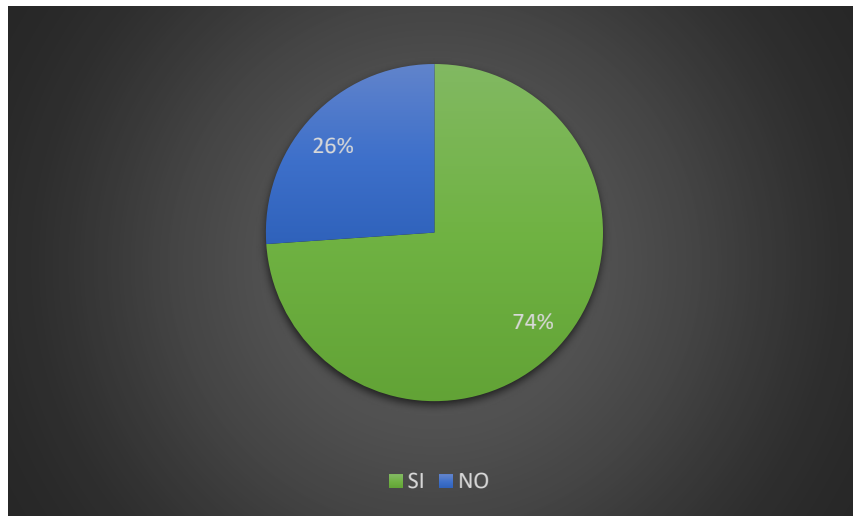


Figura 17: Determinación del % de operarios que conoce los riesgos a los que está expuesto durante el desarrollo de sus funciones.

Análisis

Posterior a la tabulación de los datos obtenidos se conoce que el 74% de la población conoce los riesgos a los que están expuestos en el lugar de trabajo.

Interpretación

Conocer los riesgos a los que está expuesto es de vital importancia para que el trabajador prevenga actos y condiciones que puedan causarle daño en la ejecución de sus actividades, las personas que desconocen tales riesgos se deben a una deficiente actualización en la comunicación de los riesgos, aumentando así, el riesgo de sufrir algún accidente y por ende de afrontar alguna sanción económica por incumplimiento.

Pregunta 3. ¿Dentro de su área de trabajo existe presencia de gases, vapores u olores a causa de los procesos de producción?

Tabla 24 Presencia de sustancias

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
SI	18	78%
NO	5	22%
TOTAL	23	100%

Figura 18 Presencia de sustancias

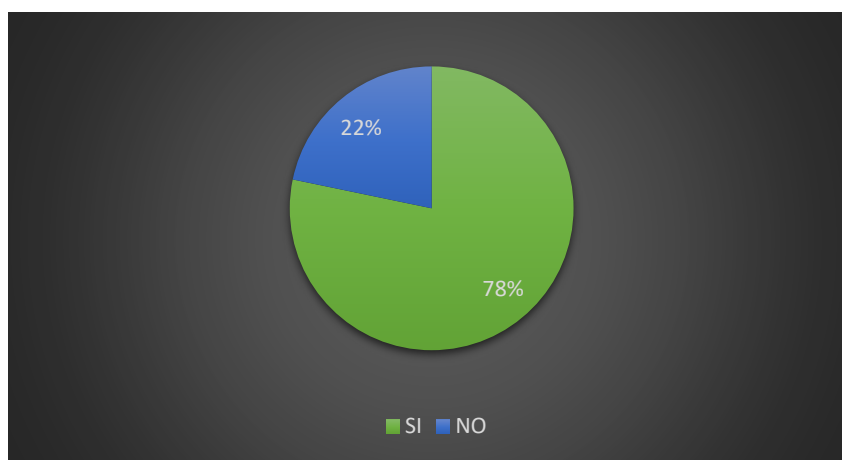


Figura 18: Determinación del % de operarios que considera que está en contacto con vapores, olores o gases a causa de sustancias presentes en el área.

Análisis

Del total de la población encuestada el 78% de la población manifiesta que hay presencia de vapores, gases y olores en el área de trabajo, el resto de población no identifican estos fenómenos o son imperceptibles a su consideración.

Interpretación

En el área de mezclas existen puestos que demandan de que el trabajador se encuentre expuesto directamente, es decir el mayor tiempo de su jornada laboral la desarrollan en el pesaje, manipulación y transporte de químicos, mientras que el porcentaje mínimo es dinámico y debido a sus actividades laborales deben permanecer fuera del área de trabajo.

Pregunta 4. ¿Qué tiempo está expuesto a las sustancias químicas?

Tabla 25 Tiempo de exposición

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
ALTO	4	17%
BAJO	19	83%
TOTAL	23	100%

Figura 19 Tiempo de exposición

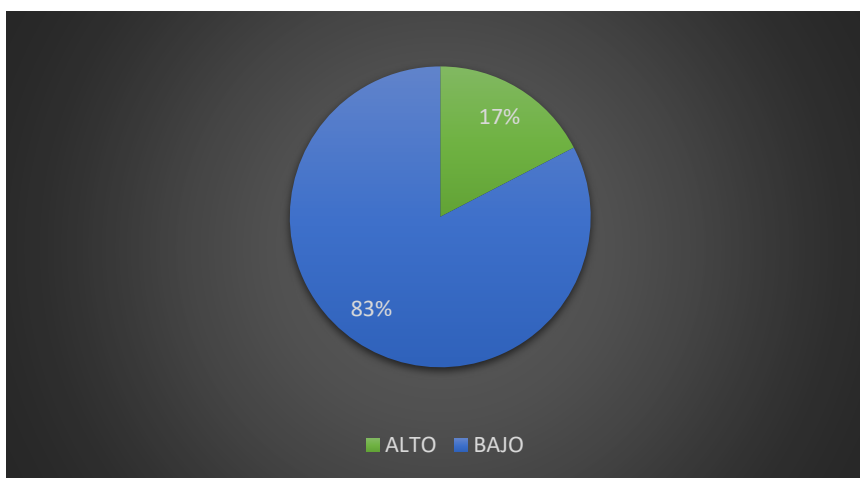


Figura 19: Determinación del tiempo de exposición a sustancias químicas, considerado por el operario.

Análisis

Finalizada la tabulación de los datos, como resultados tenemos que el 17% de trabajadores está expuesto en mayor grado a sustancias química.

Interpretación

La exposición depende de la actividad laboral que desarrolla, el personal operativo es el de mayor exposición y en sus actividades varían los tiempos, como consecuencias la exposición durante jornadas largas de trabajo puede dar lugar a la generación de enfermedades laborales.

Pregunta 5. ¿De qué tipo son los exámenes médicos preventivos que le han realizado?

Tabla 26 Exámenes médicos preventivos

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
PUNTUALES	11	48%
GENERALES	12	52%
	23	100%

Figura 20 Exámenes médicos preventivos

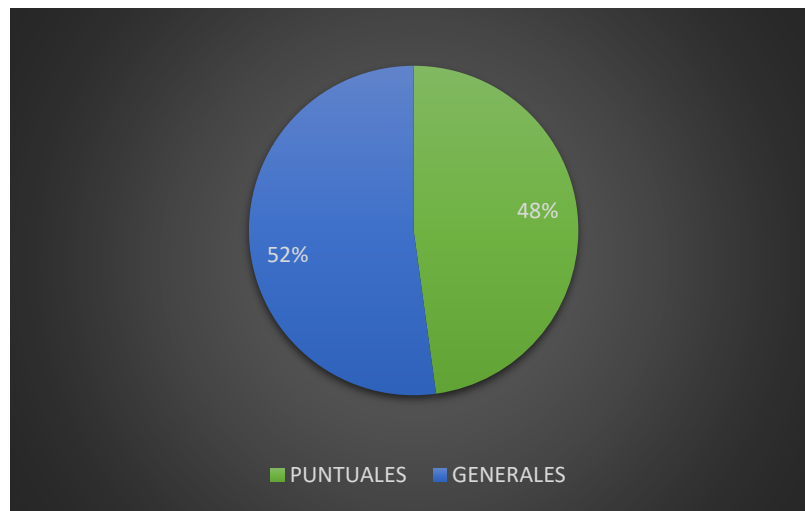


Figura 20: Determinación del tipo de exámenes realizados al personal operativo dependiendo las actividades que desarrolla.

Análisis

Del 100% de trabajadores encuestados los resultados indican que al 48% de trabajadores les han realizado exámenes médicos puntuales.

Interpretación

La evaluación médica se encuentra a consideración del profesional a cargo; en donde examina según criterios de seguimiento o síntomas presentados; el médico ocupacional se encarga principalmente de dar seguimiento a los puestos de alto riesgo de enfermedad según la estratificación de la matriz de riesgos.

Pregunta 6. ¿Durante el cumplimiento de sus actividades recuerda haber sufrido alguna malestar o dolencia en su salud?

Tabla 27 Consecuencias por exposición a riesgos químicos

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
SI	11	48%
NO	12	52%
	23	100%

Figura 21 Consecuencias por exposición a riesgos químicos

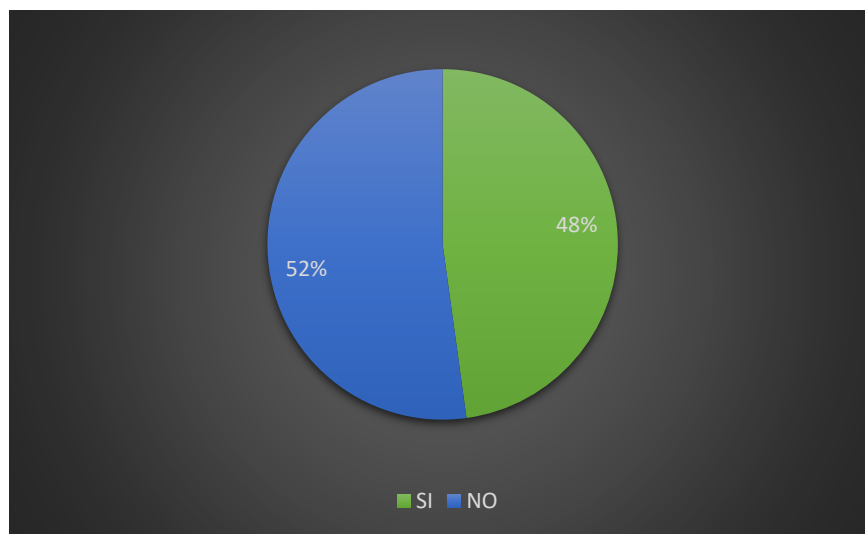


Figura 21: Determinación del % de operarios que manifiesta haber presentado alguna dolencia en consecuencia de la exposición de riesgos químicos presentes en su lugar de trabajo.

Análisis

Posterior a la tabulación de los resultados, existe el 48% de trabajadores quienes manifiestan haber presentado alguna dolencia al realizar sus actividades laborales.

Interpretación

Al tener un 17% de personas que está expuesto a vapores químicos son valores proporcionales al número de personal operativo directamente expuesto, por ende, dicho personal presenta las consecuencias de estas.

Pregunta 7. ¿Se ha ausentado de su trabajo a causa de dolencias o molestias por las actividades que realiza?

Tabla 28 Nivel de ausentismos

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
SI	6	26%
NO	17	74%
	23	100%

Figura 22 Nivel de ausentismos

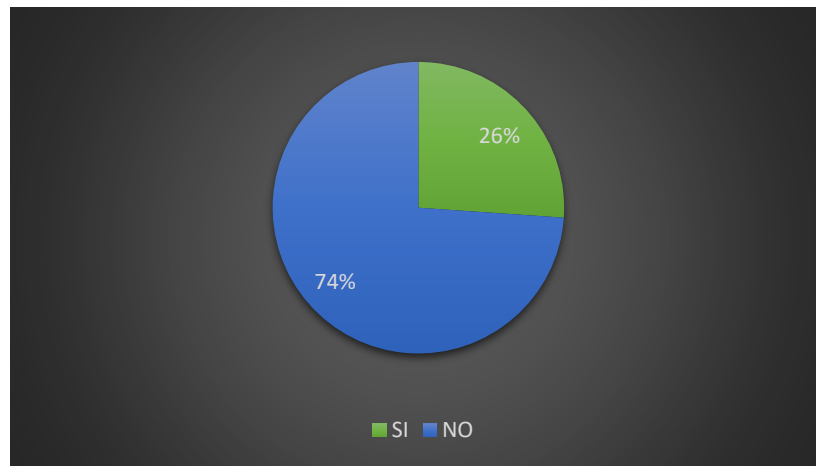


Figura 22: Determinación del % de operarios que indica haber presentado algún tipo de ausentismo en consecuencia de la exposición de riesgos químicos presentes en su lugar de trabajo.

Análisis

Del total de trabajadores encuestados el 26% de los trabajadores manifiesta que ha debido ausentarse de jornada de trabajo por presentar alguna molestia médica, debido al desarrollo de actividades laborales.

Interpretación

De acuerdo con lo manifestado anteriormente, el 52% no ha presentado alguna dolencia o malestar médico, por lo tanto, se corrobora que el 26% del personal se haya visto en la necesidad de abandonar su puesto de trabajo.

Pregunta 8. ¿Comunica de las presencias de olores, gases, vapores por productos químicos en su puesto de trabajo?

Tabla 29 Comunicación de riesgos

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
SI	9	39%
NO	14	61%
	23	100%

Figura 23 Comunicación de riesgos

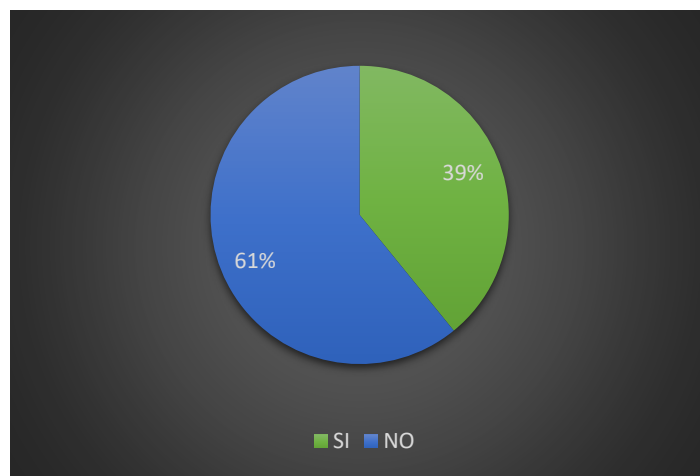


Figura 23: Determinación del % de operarios que comunica de las presencias de olores, gases, vapores por productos químicos en su puesto de trabajo

Análisis

Posterior a la tabulación de los datos el 39% de personas, cumplen con la política de comunicación de riesgos, es decir informan sobre la presencia de olores o vapores a causa de químicos.

Interpretación

De acuerdo con los datos manifestado por los trabajadores, se evidencia un déficit de comunicación de riesgos, muchos de los trabajadores no reportan dichas condiciones, lo que puede repercutir en un déficit de gestión para eliminar los contaminantes presentes.

Pregunta 9. ¿Dispone de Equipos de protección de seguridad en el trabajo?

Tabla 30 Equipos de protección personal

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
SI	23	100%
NO	0	0%
	23	100%

Figura 24 Equipos de protección personal

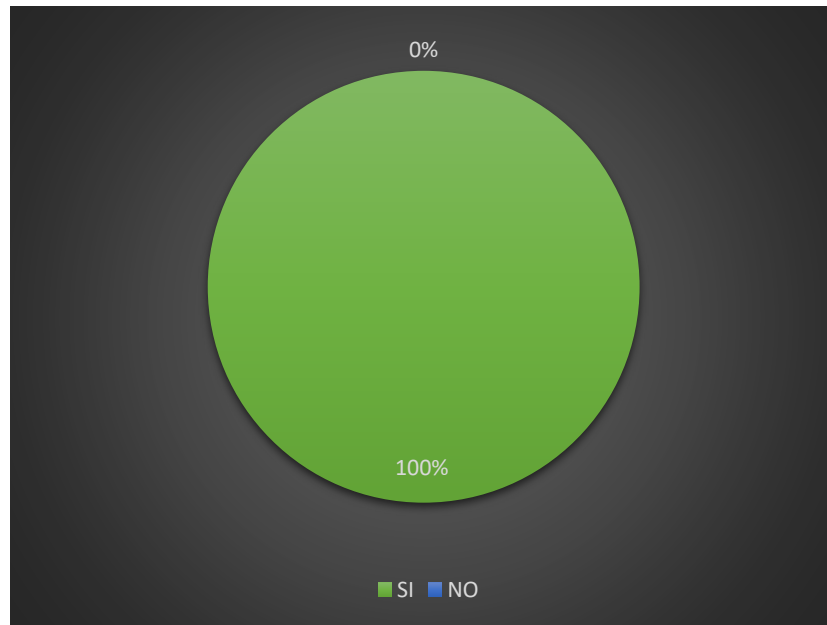


Figura 24: Determinación del % de operarios que manifiesta que dispone de implementos de seguridad, acorde a los riesgos a los que está expuesto en su área de trabajo.

Análisis

El 100% de los trabajadores manifiesta que ha recibido sus implementos de protección personal, de acuerdo con los riesgos identificados en sus áreas de trabajo.

Interpretación

Todos los trabajadores han recibido el EPP, sin embargo, es importante recalcar que el uso de implementos de seguridad se encuentra en tercer nivel, por lo que se deben agotar los controles en la fuente y en el medio.

Pregunta 10. ¿El área en donde ejecuta sus actividades, considera que es un lugar de trabajo seguro?

Tabla 31 Condiciones del lugar de trabajo

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
SI	19	83%
NO	4	17%
	23	100%

Figura 25 Consideraciones del lugar de trabajo

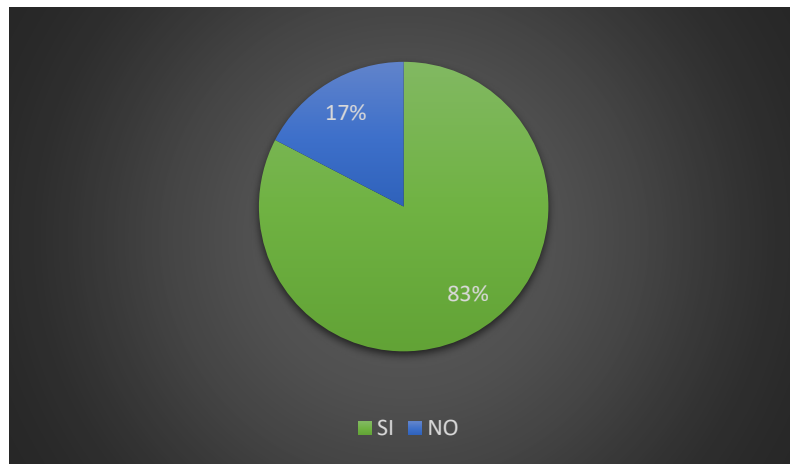


Figura 25: Determinación del % de operarios que manifiesta que el área en donde ejecuta sus actividades es un lugar de trabajo seguro

Análisis

Del 100% de la población encuestada el 83% de los trabajadores consideran que el lugar de trabajo es seguro en las situaciones actuales que se encuentra.

Interpretación

El menor porcentaje de trabajadores consideran que el lugar de trabajo es inseguro, esto se debe a la falta de difusión o capacitación de la gestión a desarrollar en temas de SSO.

Resumen de resultados

- **Preguntas de Si o No**

En la tabla 32 se recogen todos los resultados obtenidos, en las preguntas de si y no, posterior a la aplicación de la encuesta a los trabajadores del área de mezclas:

Tabla 32 Resumen de resultados encuesta

Detalle	Interrogante	SI	NO
Pregunta 1	¿Recibió inducción inicial de Seguridad Industrial?	100%	0%
Pregunta 2	¿Conoce de los riesgos a los que está expuesto?	74%	26%
Pregunta 3	¿Existe presencia de vapores, olores y/o gases a causa de las sustancias en el área?	78%	22%
Pregunta 6	¿Ha sufrido dolencias o molestias al realizar sus actividades con materiales químicos?	48%	52%
Pregunta 7	¿Se ha ausentado de su trabajo a causa de dolencias o molestias por las actividades que realiza?	26%	74%
Pregunta 8	¿Comunica de la presencia de olores, gases, vapores por productos químicos en su puesto de trabajo?	39%	61%
Pregunta 9	¿Dispone de Equipos de protección de seguridad en el trabajo?	100%	0%
Pregunta 10	¿El área en donde ejecuta sus actividades, considera que es un lugar de trabajo seguro?	83%	17%

En la tabla 32 se recogen todos los resultados obtenidos, en las preguntas de selección múltiple, posterior a la aplicación de la encuesta a los trabajadores del área de mezclas:

Preguntas de selección múltiple

Tabla 33 Resumen de resultados encuesta preguntas de selección múltiple

	Pregunta 4	Pregunta 5
	¿Qué tiempo está expuesto a las sustancias químicas?	¿De qué tipo son los exámenes médicos preventivos que le han realizado?
Alto	17%	

Bajo	83%
Puntuales	48%
Generales	52%

2.7.3. Información Médica de Empresa

Índice de Morbilidad

El Departamento Médico de la empresa dispone de información detallada sobre las atenciones realizadas al personal, así como de los certificados médicos, que sustentan los ausentismos presentados, esta base es primordial para el análisis de los requerimientos en cuanto a los exámenes periódicos y de control necesarios para los trabajadores del área de mezclas. Esta información es consolidada semestral y anualmente, como se muestra en la tabulación de las tablas, cumpliendo los lineamientos técnico-legales solicitado por los Organismos de Control Gubernamental como son el IESS y el Ministerio del Trabajo.

Figura 26 Enfermedades Respiratorias Anuales

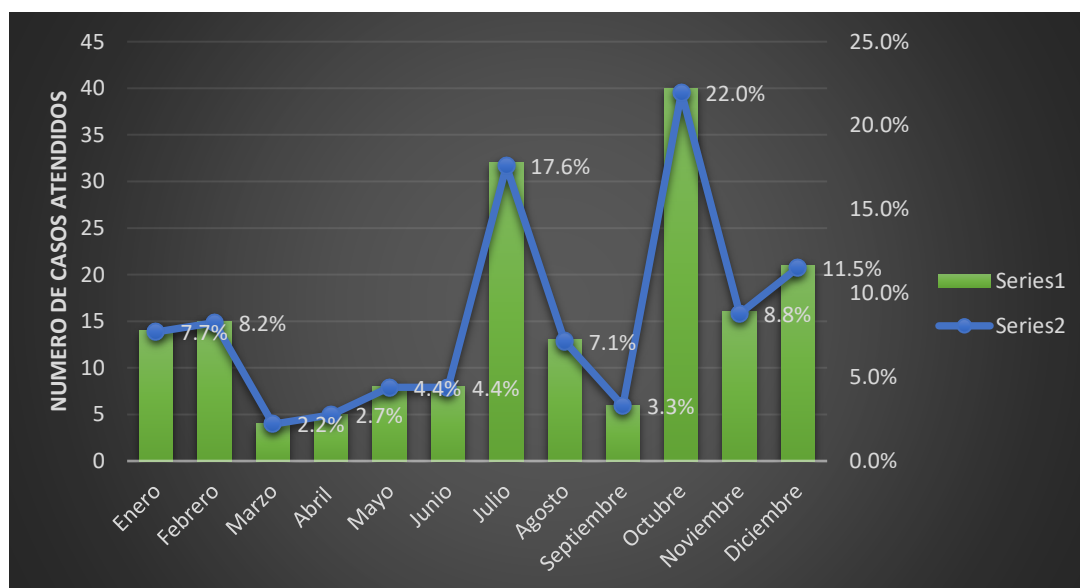


Figura 26: Determinación del % de enfermedades de tipo respiratorio atendidas por el Departamento médico en el periodo de año 2018.

Análisis

De acuerdo con el índice de Morbilidad del año 2018, se han presentado 182 casos de enfermedades del tipo respiratorio, siendo de mayor incidencia los meses de octubre con 40 casos, correspondientes al 22%, seguido del mes de julio con 32 casos reportados, correspondientes al 17.6% de la totalidad de casos.

Interpretación

La gran variedad de ácidos, álcalis, taninos, disolventes, desinfectantes y otros productos químicos utilizados pueden ser irritantes para las vías respiratorias y la piel. El polvo de materiales curtientes vegetales, la cal y el cuero y las neblinas y vapores de productos químicos que se presentan en los distintos procesos pueden causar bronquitis crónica. De acuerdo con los procesos que se desarrollan en el área de Mezclas, alrededor del 80% son pinturas y disolventes, dentro de este listado se utiliza Butilglicol, Laca Solvente, Unithane 2890, U-cryl SL-163 y RC-13-823 considerados los químicos de mayor peligrosidad, estos químicos son utilizados por el personal para aplicar en acabados superficiales finales mediante felpas, por revestimiento con flujo o por rociadura, por lo que el personal se encuentra expuesto por periodos de tiempo prolongados, motivo por el cual el indicador de morbilidad se ha visto afectado con el alto índice de presencia de enfermedades de tipo respiratorio.

2.7.4. Evaluación del Riesgo Químico

Para la evaluación del Riesgo Químico, se utiliza la metodología —Sistemática para la Evaluación Higiénica, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) establece que:

- La evaluación de los riesgos originados por los agentes químicos en los lugares de trabajo es una de las obligaciones para los empresarios. Dicha evaluación es compleja, no solo porque los agentes químicos tienen propiedades peligrosas muy diversas, que conllevan distintos tipos de riesgos, sino también porque estos agentes están presentes en una amplia variedad de actividades laborales ya sea por un uso intencionado o no. El hecho de que algunos agentes puedan

producir efectos sobre la salud a largo plazo complica aún más su evaluación y control.

En la actualidad, aparte de la legislación que regula el riesgo químico, existen muchas herramientas (guías, normas, métodos, etc.) para llevar a cabo una adecuada actividad preventiva frente a los agentes químicos. Estas herramientas se encontraban hasta el momento dispersas, por lo que se consideró necesario reunir las en un único texto.

Para garantizar el éxito de la evaluación del riesgo químico es fundamental llevar un orden y una sistemática que garantice que no se queda ningún aspecto sin considerar. Para ello se han elaborado unos esquemas que guían al lector a lo largo de todo el procedimiento. Además, se dan pautas que ayudan a decidir cuándo medir y cuando no, en caso de que el riesgo sea por inhalación, y para centrar la atención en aquellos riesgos de actuación prioritaria.

Los métodos simplificados de evaluación se han desarrollado considerablemente en los últimos años y están adquiriendo un papel importante cuando se trata el riesgo químico; por ello, se han integrado dentro del esquema general de actuación preventiva y se contemplan como una primera aproximación al problema higiénico y como un complemento de la evaluación cuantitativa.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, que, como parte de sus funciones de asesoramiento técnico y divulgación, tiene la obligación de suministrar herramientas que contribuyan a la mejora de las condiciones de trabajo, aporta de nuevo información para hacer frente a la problemática de los agentes químicos y para adaptarse a los cambios legislativos en los que nos encontramos inmersos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2010). *Sistemática para la evaluación Higiénica*, Madrid: Servicio de Ediciones y Publicaciones – INSHT.

En base a lo estipulado y expuesto en la normativa existente, el procedimiento a aplicar en dicha evaluación será en base al siguiente proceso:

Figura 27 Evaluación de la exposición a agentes químicos

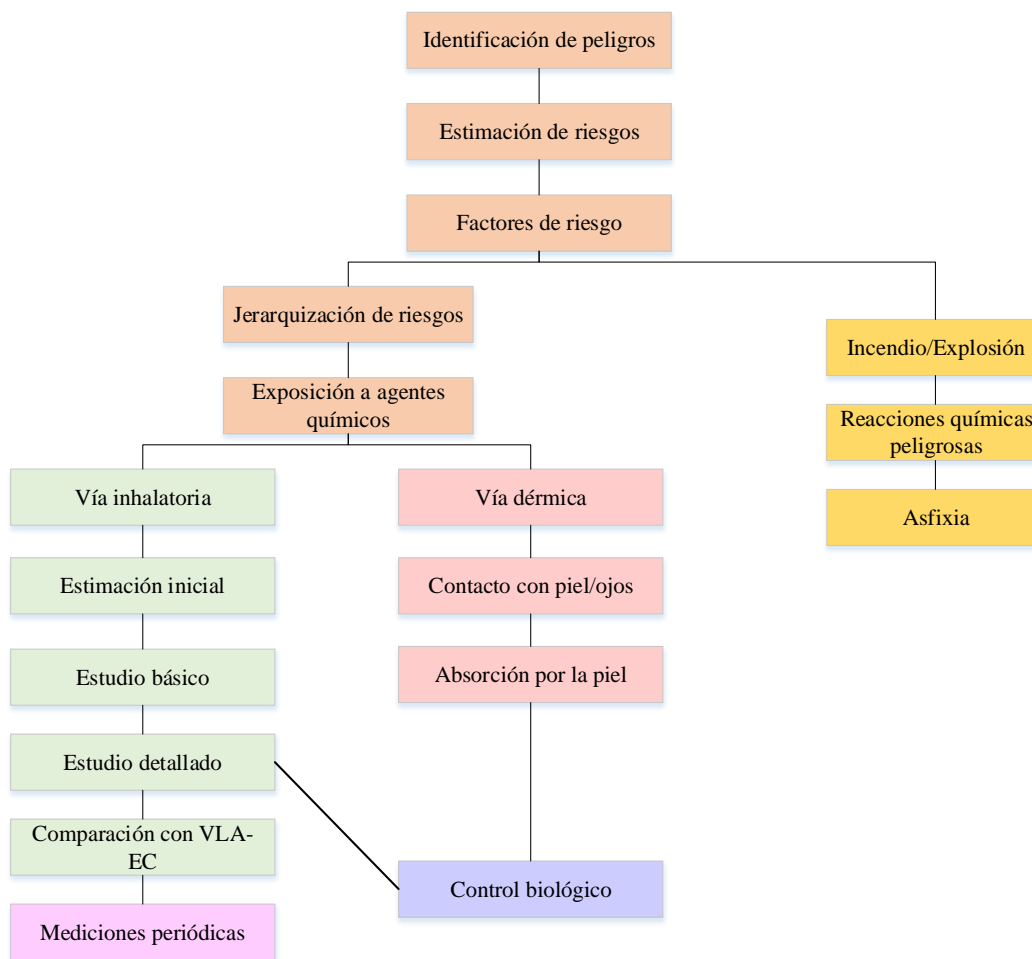


Figura 27: Evaluación de la exposición a agentes químicos. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora.

a. Estimación inicial

La identificación inicial de riesgos se ha realizado mediante la matriz del INSHT; esta metodología es una herramienta que permite identificar los riesgos por puesto de trabajo y diferenciar los de mayor peligrosidad mediante una valoración cuantitativa, la misma que va cataloga los riesgos desde trivial los de menor riesgo a intolerable los de mayor riesgo. (Anexo 2 Matriz de riesgo)

En la Tabla N.º 35 se detalla la tabulación de los riesgos para cada puesto de trabajo, información extraída de la Matiz Inicial de Riesgos levantada en el área de estudio.

Tabla 34 Evaluación inicial de riesgos

TABULACIÓN DE RIESGOS ÁREA DE MEZCLAS

NO	PUESTO DE TRABAJO	Trivial	Tolerable	Moderado	Importante	Intolerable	No. Trabajadores
1	Jefe Técnico de Acabado	8	5	0	0	0	2
2	Técnico Acabado	9	5	0	0	0	2
3	Coordinador Acabado	2	1	0	0	0	1
4	Supervisor Acabado	11	2	0	0	0	2
5	Digitador mezclas	27	15	3	0	0	1
6	Pesador mezclas	34	20	4	0	0	1
7	Operador líder pigmentado	12	16	3	0	0	2
8	Operador pigmentado	12	16	4	0	0	4
	TOTAL	115	80	16	0	0	23

Tabla 34: El método que se presenta pretende facilitar la tarea de evaluación de riesgos a partir de la verificación y control de las posibles deficiencias en los lugares de trabajo, NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. Elaborado por: La investigadora.

En la Tabla 34, se exponen las tabulaciones a las estimaciones de los peligros en relación con los riesgos; donde es posible especificar los riesgos con la estimación de moderado, los cuales se encuentran de la siguiente manera: Pesador de Mezclas, Digitador de Mezclas, Operador líder y operador pigmentador; de lo cual podemos evidenciar que los puestos determinados reflejan valores similares.

2.7.5. Evaluación de agentes químicos por contacto vía dérmica

a. Evaluación simplificada del riesgo por contacto y/o absorción por la piel.

Método del INRS

Posterior a la identificación de riesgos en base a la matriz de riesgos, se establece aplicar el método simplificado del INRS el mismo que permite realizar una primera aproximación durante la absorción por vía dérmica. La evaluación del riesgo se hace a partir de estas tres variables: peligro, superficie del cuerpo expuesta y frecuencia de exposición

Figura 28 Esquema para la evaluación de riesgo por contacto/absorción

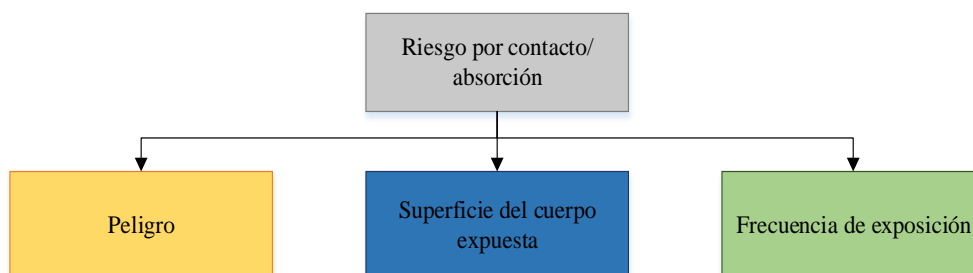


Figura 27: Esquema para la evaluación de riesgo por contacto/absorción. “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica”, por Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, INSHT. Elaborado por: La investigadora

b. Determinación y puntuación de la clase de peligro

Para determinar la clase de peligro, es necesario recopilar toda la información en base a la hoja MSDS de los químicos propuestos para el análisis, información que va a permitir determinar los parámetros necesarios para el estudio.

Por lo tanto, en el área de Mezclas se han determinado cinco tipos de químicos, que de acuerdo con su hoja MSDS, son considerados como peligrosos, de tal forma que la información inicial, es la siguiente:

Tabla 35 Determinación de la clase de peligro

PROCESO	MATERIA PRIMA	N° CAS	FRASES R	VLA-ED	CANTIDAD DE OPERACIÓN	FRECUENCIA DE USO	ESTADO	T° DE EBULLICIÓN
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	111-76-2	R36/38 R 20/21/22	98 mg/mm ³	100 kg	A diario	Líquido	171 °C
	Unithane 2890	-	R36/38	50 mg/mm ³	38 kg	A diario	Líquido	230 °C
	Laca Solvente	78-93-3	R11 R36 R66 R67	600 mg/mm ³	60 kg	A diario	Líquido	80 °C
	U-cryl SL-163	-	R36/38	50 mg/mm ³	34 kg	A diario	Líquido	200 °C
	RC-13-823	-	R36/38	50 mg/mm ³	16 kg	A diario	Líquido	200 °C

Tabla 36: Las 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. Elaborado por: La investigadora

En base a la información de las Frases R se determina la clase de peligro y la puntuación de peligro de acuerdo con cada clase de peligro.

En el caso del Butilglicol, su MSDS indica que sus frases R son:

Químico	Frases R
Butilglicol	R36/38 R20/21/22

Por lo tanto, usando como referencia la Tabla 11, se identifica que la Clase de Peligro de acuerdo con la información detallada en la hoja MSDS, es equivalente a 3, para el químico Butilglicol.

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mm/m ³
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	>100
2	R38 R36/37, R36/38, R36/37/38 R37/38 R66	H315 EUH066	>10 ≤100
3	R11, R21 R20/21, R21/22, R20/21/22 R33 R34 R48/21, R48/20/21, R48/21/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R67 R68/21, R68/20/21/22	H312 H314 (Corr. Cut. 1B y 1C) H361 H361f, H361d, H361fd H362 H371 H373	>1 ≤10

Posterior a determinar la Clase de Peligro, se establece la Puntuación de Peligro de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2, cuyo valor es 100.

Clase de peligro	Puntuación de peligro
5	10000
4	1000
3	100
2	10
1	1

Por lo tanto, bajo el mismo procedimiento, el resultado del análisis del resto de químicos es el siguiente:

Tabla 36 Determinación de la puntuación de peligro

PROCESO	MATERIA PRIMA	FRASES R	CLASE DE PELIGRO	PUNTUACIÓN DE PELIGRO
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	R36/38 R 20/21/22	3	100
	Unithane 2890	R36/38	2	10
	Laca Solvente	R11 R36 R66 R67	3	100
	U-cryl SL-163	R36/38	2	10
	RC-13-823	-	1	1

Tabla 36: Una vez determinado la clase de peligro se puntúa el peligro en base a la tabla 2 Determinación de la puntuación por clase de peligro. Elaborado por: La investigadora.

c. Determinación de la puntuación por superficie expuesta

En función de la superficie corporal expuesta se asigna una puntuación, es importante considerar que la utilización de EPI, que evidentemente disminuye la superficie expuesta, no garantiza una protección absoluta y, en cualquier caso, hay que seccionar, utilizar y mantener el EPI adecuadamente.

Por lo tanto, de acuerdo con el método de trabajo que realiza el personal operativo del área de Mezclas se determina lo siguiente:

Figura 29 Método de trabajo personal área de Mezclas



Posterior a la observación del método o forma de trabajo utilizado por el personal del área de mezclas para la manipulación de químicos y en base a la Tabla 12 se puede determinar lo siguiente:

Tabla 37 Determinación de la puntuación por superficie expuesta

PROCESO	COMPUESTO	FRASES R	SUPERFICIES EXPUESTAS	PUNTUACIÓN DE SUPERFICIE
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	R36/38 R 20/21/22	Dos manos + antebrazo	2
	Unithane 2890	R36/38	Dos manos + antebrazo	2
	Laca Solvente	R11 R36 R66 R67	Dos manos + antebrazo	2
	U-cryl SL-163	R36/38	Dos manos + antebrazo	2
	RC-13-823	R36/38	Dos manos + antebrazo	2

Tabla 37: En base al tipo de exposición se determina la puntuación de superficie expuesta, de acuerdo con tabla 12. Elaborado por: La investigadora.

d. Determinación de la puntuación por frecuencia de exposición

La clase de frecuencia de exposición se determina en función de que el uso del producto químico sea ocasional, intermitente, frecuente o permanente y cada una lleva asignada una puntuación. En el caso del área de mezclas se determina en base a la Tabla 13, de la siguiente manera:

Frecuencia de exposición	Puntuación de frecuencia
Ocasional: < 30 min/día	1
Intermitente: 30 min – 2 h/día	2
Frecuente: 2h – 6h/día	5
Permanente: > 6h/día	10

Por lo tanto, en resumen, del análisis de los químicos en estudio es el siguiente:

Tabla 38 Determinación de la puntuación por frecuencia de exposición

PROCESO	COMPUESTO	FRASES R	FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN	PUNTUACIÓN DE FRECUENCIA
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	R36/38 R 20/21/22	Frecuente	5
	Unithane 2890	R36/38	Frecuente	5
	Laca Solvente	R11 R36 R66 R67	Frecuente	5
	U-cryl SL- 163	R36/38	Frecuente	5
	RC-13-823	R36/38	Frecuente	5

Elaborado por: La investigadora

Cálculo de la Puntuación del Riesgo por Contacto/Absorción

Una vez que se han determinado la puntuación del peligro, de la superficie expuesta y de la frecuencia de exposición, se calcula la puntuación del riesgo por contacto con la piel y/o absorción (Ppiel) aplicando la siguiente fórmula:

$$P_{piel} = \text{puntuación peligro} \times \text{puntuación superficie} \times \text{puntuación frecuencia}$$

Tabla 39 Cálculo de la puntuación del riesgo por contacto/absorción

Proceso	Agente químico	Puntuación de peligro	Puntuación de superficie	Puntuación de frecuencia	Puntuación del riesgo por contacto por AQ	Caracterización de riesgo
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	100	2	5	1000	Riesgo probablemente muy elevado
	Unithane 2890	10	2	5	100	Riesgo moderado
	Laca Solvente	100	2	5	1000	Riesgo probablemente muy elevado
	U-cryl SL-163	10	2	5	100	Riesgo moderado
	RC-13-823	1	2	5	10	Riesgo a priori bajo

Tabla 39: En función de la puntuación del peligro, de la superficie expuesta y de la frecuencia de exposición, se calcula la puntuación del riesgo por contacto con la piel y/o absorción. Elaborado por: La investigadora.

De acuerdo con los resultados obtenidos la priorización de los riesgos se analizaría en el siguiente orden:

Tabla 40 Priorización de los riesgos

Agente químico	Puntuación del riesgo por inhalación por AQ	Prioridad de acción
Butilglicol	1200	1
Laca Solvente	1200	1
Unithane 2890	120	2
U-cryl SL-163	120	2
RC-13-823	12	3

Tabla 41: Con la puntuación obtenida se clasifica el riesgo en tres categorías, riesgo probablemente muy elevado, riesgo moderado y riesgo a priori bajo, cada una de las cuales lleva asociada, correlativamente, una prioridad de acción. Elaborado por: La investigadora

Evaluación de agentes químicos por vía inhalatoria. Jerarquización de riesgos

a. Determinación y puntuación de la clase de peligro

Para determinar la clase de peligro, se determinarán los productos de mayor utilización en el área de Acabado y que de acuerdo con la información de la ficha técnica se pueden considerar un riesgo para la salud.

Tabla 41 Determinación y puntuación de la clase de peligro

PROCESO	MATERIA PRIMA	N° CAS	FRASES R	VLA-ED	CANTIDAD DE OPERACIÓN	FRECUENCIA DE USO	ESTADO	T° DE EBULLICIÓN
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	111-76-2	R36/38 R 20/21/22	98 mg/mm ³	100 kg	A diario	Líquido	171 °C
	Unithane 2890	-	R36/38	50 mg/mm ³	38 kg	A diario	Líquido	230 °C
	Laca Solvente	78-93-3	R11 R36 R66 R67	600 mg/mm ³	60 kg	A diario	Líquido	80 °C
	U-cryl SL-163	-	R36/38	50 mg/mm ³	34 kg	A diario	Líquido	200 °C
	RC-13-823	-	R36/38	50 mg/mm ³	16 kg	A diario	Líquido	200 °C

Tabla 41: Las 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. Elaborado por: La investigadora

En el caso del Butilglicol, su MSDS indica que sus frases R son:

Químico	Frases R
Butilglicol	R36/38 R20/21/22

Por lo tanto, usando como referencia la Tabla 11, se identifica que la Clase de Peligro de acuerdo con la información detallada en la hoja MSDS, es equivalente a 3, para el químico Butilglicol.

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mm/m³
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	>100
2	R38 R36/37, R36/38, R36/37/38 R37/38 R66	H315 EUH066	>10 ≤100
3	R11, R21 R20/21, R21/22, R20/21/22 R33 R34 R48/21, R48/20/21, R48/21/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R67 R68/21, R68/20/21/22	H312 H314 (Corr. Cut. 1B y 1C) H361 H361f, H361d, H361fd H362 H371 H373	>1 ≤10

Posterior a determinar la Clase de Peligro, se establece la Puntuación de Peligro de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2, cuyo valor es 100.

Clase de peligro	Puntuación de peligro
5	10000
4	1000
3	100
2	10
1	1

Por lo tanto, bajo el mismo procedimiento, el resultado del análisis del resto de químicos es el siguiente:

Tabla 42 Determinación de la puntuación de peligro

PROCESO	MATERIA PRIMA	FRASES R	CLASE DE PELIGRO	PUNTUACIÓN DE PELIGRO
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	R36/38 R 20/21/22	3	100
	Unithane 2890	R36/38	2	10
	Laca Solvente	R11 R36 R66 R67	3	100
	U-cryl SL-163	R36/38	2	10
	RC-13-823	-	1	1

Tabla 42: Una vez determinado la clase de peligro se puntúa el peligro en base a la tabla 2 Determinación de la puntuación por clase de peligro. Elaborado por: La investigadora.

b. Determinación de la Clase de Cantidad

La clase de cantidad se calcula según el criterio de la Tabla 3:

Clase de Cantidad	Cantidad/día
1	< 100 g o ml
2	≥ 100 g o ml < 10 kg o l
3	≥ 10 y < 100 kg o l
4	≥ 100 y < 1000 kg o l
5	≥ 1000 kg o l

Teniendo en cuenta las cantidades de utilización por día. Por lo tanto, de acuerdo con los químicos en estudio se tiene lo siguiente:

Tabla 43 Determinación de la clase de cantidad

PROCESO	MATERIA PRIMA	FRASES R	CANTIDAD	CLASE DE CANTIDAD
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	R36/38 R 20/21/22	150 kg	4
	Unithane 2890	R36/38	38 kg	3
	Laca Solvente	R11 R36 R66 R67	110 kg	4
	U-cryl SL-163	R36/38	34 kg	3
	RC-13-823	R36/38	8 kg	2

c. Determinación de la clase de frecuencia

Para asignar la clase de frecuencia se emplea la Tabla 4, siendo los resultados los siguientes valores:

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
Día	≤ 30 min	>30 - ≤120 min	>2 - ≤6 h	>6 h
Semana	≤ 2h	>2 - 8 h	1 – 3 días	> 3 días
Mes	1 día	2 – 6 días	7 – 15 días	>15 días
Año	≤ 15 días	>15 días - ≤ 2 meses	>2 - ≤ 5 meses	>5 meses
Clase	1	2	3	4
	0: El agente químico no se usa hace al menos un año. El agente químico no se usa mas			

Como resultado posterior a la aplicación de la Tabla 4, se tiene lo siguiente:

Tabla 44 Determinación de la clase de frecuencia

Proceso	Materia prima	Frases R	Frecuencia de utilización	Clase de frecuencia
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	R36/38 R 20/21/22	A diario	3
	Unithane 2890	R36/38	A diario	2
	Laca Solvente	R11 R36 R66 R67	A diario	3
	U-cryl SL-163	R36/38	A diario	2
	RC-13-823	R36/38	A diario	2

d. Determinación de la clase de exposición potencial

Con las clases de cantidad y frecuencia se determina la exposición potencial, utilizando la Tabla 5:

Como referencia entonces, el Butilglicol tiene Clase de cantidad: 4 y Clase de Frecuencia: 3, teniendo como resultado la Clase de exposición potencial: 4.

Clase de cantidad						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Clase de frecuencia

En resumen, los resultados obtenidos son:

Proceso	Materia prima	Frases R	Clase de peligro	Cantidad	Clase de cantidad	Clase de frecuencia	Clase de exposición potencial
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	R36/38 R 20/21/22	3	150 kg	4	3	4
	Unithane 2890	R36/38	2	38 kg	3	2	3
	Laca Solvente	R11 R36 R66 R67	2	110 kg	4	3	4
	U-cryl SL-163	R36/38	2	34 kg	3	2	3
	RC-13-823	R36/38	2	8 kg	2	2	2

e. Determinación y puntuación de la clase de riesgo potencial

A partir de los resultados obtenidos en referencia a la clase de exposición potencial y de la clase de peligro, se determina la Clase de riesgo potencial, por lo tanto, en referencia al Butilglicol se tiene:

Butilglicol, clase de exposición potencial:4, clase de peligro:3, como resultado se tiene que el riesgo potencial es igual a 3

Clase de exposición potencial						
5	2	3	4	5	5	
4	1	2	3	4	5	
3	1	2	3	4	5	
2	1	1	2	3	4	
1	1	1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	Clase de peligro

En resumen, del análisis de todos los químicos en estudio se tiene lo siguientes:

Proceso	Materia prima	Frases R	Clase de peligro	Cantidad	Clase de cantidad	Frecuencia de utilización	Clase de frecuencia	Clase de exposición potencial	Clase de riesgo potencial
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	R36/38 R 20/21/ 22	3	150 kg	4	A diario	3	4	3
	Unithane 2890	R36/38	2	38 kg	3	A diario	2	3	2
	Laca Solvente	R11 R36 R66 R67	2	110 kg	4	A diario	3	4	2
	U-cryl SL-163	R36/38	2	34 kg	3	A diario	2	3	2
	RC-13-823	R36/38	2	8 kg	2	A diario	2	2	1

Determinado el riesgo potencial en base a la Tabla 7 se puede establecer la Puntuación del riesgo Potencial, por lo tanto, los resultados son los siguientes:

Tabla 45 Determinación de la clase de exposición y riesgo potencial

Proceso	Materia prima	Frases R	Clase de peligro	Cantidad	Clase de cantidad	Frecuencia de utilización	Clase de frecuencia	Clase de exposición potencial	Clase de riesgo potencial	Puntuación de Riesgo Potencial
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	R36/38 R 20/21/22	3	150 kg	4	A diario	3	4	3	100
	Unithane 2890	R36/38	2	38 kg	3	A diario	2	3	2	10
	Laca Solvente	R11 R36 R66 R67	2	110 kg	4	A diario	3	4	2	10
	U-cryl SL-163	R36/38	2	34 kg	3	A diario	2	3	2	10
	RC-13-823	R36/38	2	8 kg	2	A diario	2	2	1	1

Tabla 45: Una vez determinado la clase de peligro se puntúa el peligro en base a la tabla 11. Determinación de la puntuación por clase de peligro. Elaborado por: La investigadora.

f. Determinación de la volatilidad o pulverulencia

La tendencia del agente químico a pasar al ambiente se establece en función del estado físico, al estar en estado líquido los químicos en estudio se determina la volatilidad o pulverulencia. Por lo tanto, se define en base a la información detallada en la hoja MSDS la volatilidad de los químicos en estudio:

Figura 30 Determinación de la clase de volatilidad del estado líquido

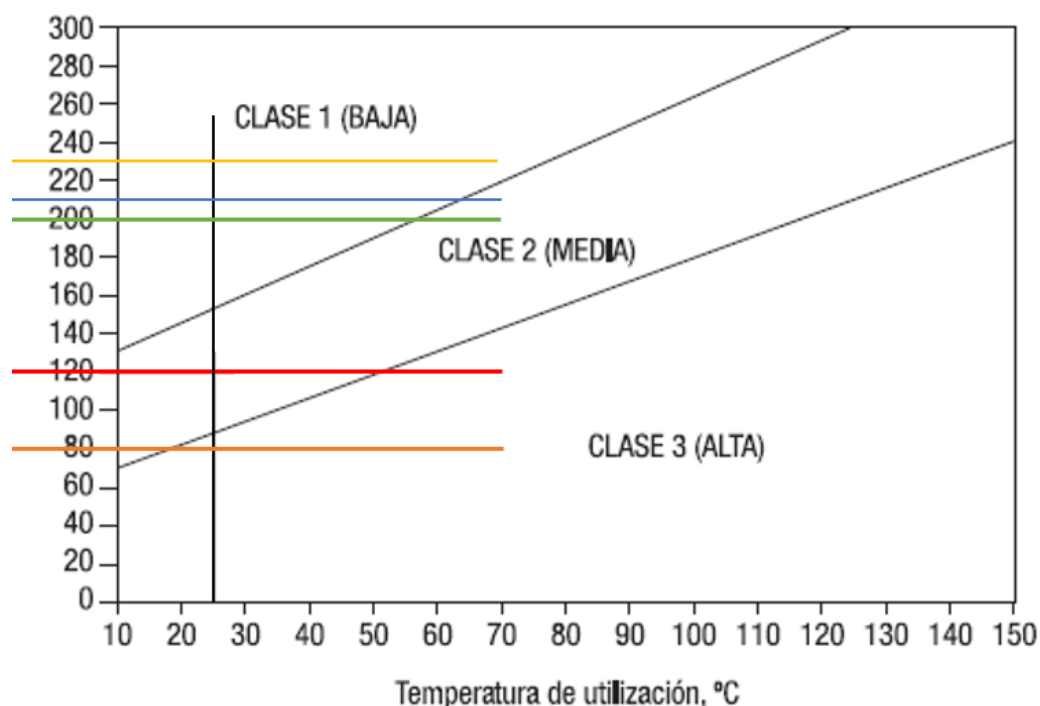


Figura 30: Para los líquidos existen tres clases de volatilidad, en función de la temperatura de ebullición y la temperatura de utilización del agente químico. En caso de duda se debe optar por la categoría superior, para tomar la opción más desfavorable. Elaborado por: La investigadora

Posterior a determinar la clase de volatilidad asignada a cada agente químico se puntúa siguiendo el criterio de la Tabla 8, por lo tanto, los resultados finales se recogen en la tabla 46:

Tabla 46 Clase de volatilidad o pulverulencia

Proceso	Compuesto	Estado	T ebullición (°C)	T trab (°C)	Presentación	Clase de volatilidad o pulverulencia	Puntuación de volatilidad o pulverulencia
ACAB ADO MEZC	Butilglicol	Líquido	121 °C	20-25	Líquida	2	10
	Unithane 2890	Líquido	230 °C	20-25	Líquida	1	1

Laca Solvente	Líquido	80 °C	20-25	Líquida	3	100
U-cryl SL-163	Líquido	200 °C	20-25	Líquida	1	1
RC-13-823	Líquido	210 °C	20-25	Líquida	1	1

Tabla 46: Para los líquidos existen tres clases de volatilidad, en función de la temperatura de ebullición y la temperatura de utilización del agente químico. Elaborado por: La investigadora

g. Determinación del procedimiento

Otro de los parámetros que hay que considerar en la evaluación es el procedimiento de utilización del agente químico, en base a la Figura 8 y a las condiciones actuales de la empresa se ha determinado que el tipo de procedimiento es dispersivo para todos los casos.

Figura 31 Método de trabajo personal mezclas



Tabla 47 Determinación del procedimiento

PROCESO	AGENTE QUÍMICO	CLASE DE RIESGO POTENCIAL	CLASE DE VOLATILIDAD O PULVERULENCIA	PROCEDIMIENTO	CLASE DE PROCEDIMIENTO	PUNTUACIÓN POR PROCEDIMIENTO
ACABADO MEZCLAS	Butilgli col	3	2	Dispersivo	4	1
	Unithan e 2890	2	1	Dispersivo	4	1
	Laca Solvente	2	3	Dispersivo	4	1
	U-cryl SL-163	2	1	Dispersivo	4	1
	RC-13-823	1	1	Dispersivo	4	1

Tabla 47: Otro de los parámetros que hay que considerar en la evaluación es el procedimiento de utilización del agente químico. Se establecen cuatro clases de procedimiento: dispersivo, abierto, cerrado con aperturas regulares y cerrado permanentemente. Elaborado por: La investigadora.

h. Determinación de la protección colectiva

En función de la protección colectiva utilizada se establecen cinco clases, estipuladas en la figura 9, y analizando las condiciones actuales del área de mezclas se determina que la clase de protección colectiva de 4, por lo tanto, la puntuación por protección colectiva es 1

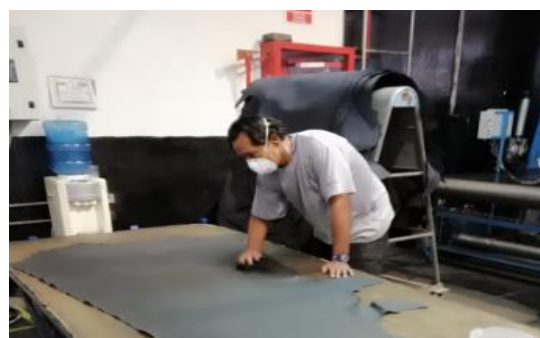
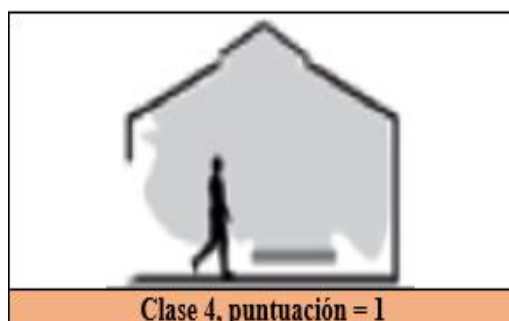


Tabla 48 Determinación de la protección colectiva

PROCESO	AGENTE QUÍMICO	PROTECCIÓN COLECTIVA	CLASE DE PROTECCIÓN COLECTIVA	PUNTUACIÓN POR PROTECCIÓN COLECTIVA
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	Ausencia de ventilación mecánica	4	1

Unithane 2890	Ausencia de ventilación mecánica	4	1
Laca Solvente	Ausencia de ventilación mecánica	4	1
U-cryl SL-163	Ausencia de ventilación mecánica	4	1
RC-13-823	Ausencia de ventilación mecánica	4	1

Tabla 48: Determinación de la protección colectiva en base a los parámetros establecidos. Elaborado por: La investigadora.

El procedimiento aplicado como se ha descrito puede subestimar el riesgo cuando se aplica a sustancias que tienen un valor límite muy bajo, ya que es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja. Por este motivo se hace necesario aplicar un factor de corrección, FC, en función de la magnitud del VLA, en mg/m³. En el caso de los químicos en estudio se desconoce el compuesto de VLA, se considerará que el FC_{VLA} es 1.

Por lo tanto, en resumen, de toda la información recopilada los valores del riesgo por inhalación, aplicando la siguiente ecuación:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ potencial} \times P_{volatilidad} \times P_{procedimiento} \times P_{protección\ colectiva} \times FC_{VLA}$$

Con esa puntuación se caracteriza el riesgo utilizando la tabla 10.

Tabla 49 Caracterización del riesgo por inhalación

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
>1000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
>100 y ≤ 1000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≤100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Tabla 9: Caracterización del riesgo por inhalación. Riesgo químico. Sistemática para la evaluación

Finalmente, la priorización de este son los siguientes:

Tabla 50 Corrección en función del VLA

PROCESO	AGENTE QUÍMICO	PUNTUACIÓN POR RIESGO POTENCIAL	PUNTUACIÓN POR VOLATILIDAD	PUNTUACIÓN POR PROCEDIMIENTO	PUNTUACIÓN POR PROTECCIÓN COLECTIVA	FCVLA	PUNTUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN POR AQ	PRIORIDAD DE ACCIÓN
ACABADO MEZCLAS	Butilglicol	100	10	1	1	1	1000	2
	Unithane 2890	10	1	1	1	1	10	3
	Laca Solvente	10	100	1	1	1	1000	2
	U-cryl SL-163	10	1	1	1	1	10	3
	RC-13-823	1	1	1	1	1	1	3

Tabla 50: Se puede subestimar el riesgo cuando se aplica a sustancias que tienen un valor limite muy bajo, ya que es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia. Elaborado por: La investigadora.

De acuerdo con los resultados obtenidos la priorización de los riesgos se analizaría en el siguiente orden:

Tabla 51 Priorización de riesgos

Agente químico	Puntuación del riesgo por inhalación por AQ	Prioridad de acción
Butilglicol	1000	2
Laca Solvente	1000	2
Unithane 2890	10	3
U-cryl SL-163	10	3
RC-13-823	1	3

Tabla 51: Con la puntuación obtenida se clasifica el riesgo en tres categorías, riesgo probablemente muy elevado, riesgo moderado y riesgo a priori bajo. Elaborado por: La investigadora.

2.7.6. Estudio Detallado

a. Confirmación del tipo de evaluación

Se determina evaluación por inhalación, según UNE-EN 689, que dice: “verificar que la exposición sea: por Inhalación, comparable con un Valor límite VL de larga duración, y sea repetitiva”. Por lo que los puestos a analizar cumplen con las características.

b. Número de trabajadores a muestrear

Se determina el número de trabajadores dentro del concepto de Grupo de Exposición Homogéneo, según INSHT RIESGO QUÍMICO, que dice: “El muestreo debe realizarse, al menos, a un trabajador del Grupo de 10.” (Pg. 80). Por lo que se determinaron que existen 7 trabajadores tipo en contacto con la manipulación y transporte de los químicos en estudio. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010)

c. Tiempo de duración de la muestra

Se determina el tiempo de duración de la muestra, según INSHT RIESGO QUÍMICO, que dice: “A de periodo completo, con una muestra única muestra”. Por lo que se escogió un periodo de exposición completo por contaminante. Tres réplicas por puesto. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010)

d. Equipo de medición

Se utilizó el monitor de gases múltiples MX6 que es la nueva generación de equipos de Industrial Scientific Corporation para los instrumentos de supervisión de múltiples gases, manuales y acoplables. Incluye hasta cinco sensores con compensación de temperatura para controlar hasta seis gases ambientales en todo el intervalo de temperatura del instrumento. La opción de sensor PID determina 116 compuestos orgánicos distintos. Este equipo dispone de bomba de succión.

Cuenta con alarmas visuales STEL, TWA, monitor LCD de lectura directa, puerto de comunicaciones IR y software para descarga de distintas sesiones y eventos simultáneos. Cumple con normativas.

- Anexo 3 Especificaciones equipo
- Anexo 4 Certificado de calibración

Figura 32 Equipo de medición



Figura 32: Medidor de Compuestos orgánicos Volátiles
IBRID MX 6

e. Datos de muestreo

En la tabla 52 se establecen las condiciones bajo las cuales se establecieron los datos del muestro:

Tabla 52 Datos de muestreo

ÁREA	Contaminante	Norma	Norma del Equipo	Tiempo medición (min)	Técnica
Mezclas	Butilglicol	UNE-EN 482 (requisitos)	EN 60079-0: 2009 EN 60079-1: 2007 EN 60079-11: 2007 EN 60079-26: 2007 EN 50303: 2000 EN 50271: 2001	Lo que dura tarea	Sensor de foto ionización (pid)
	Mek	UNE-EN 689 (evaluación)	EN 60079-29-1: 2007 EN 50104/A1: 2004 IEC 60079-0: 2007 IEC 60079-1: 26:2006 IEC 60079-11: 1999	Lo que dura tarea	

Tabla 53 Datos de muestreo

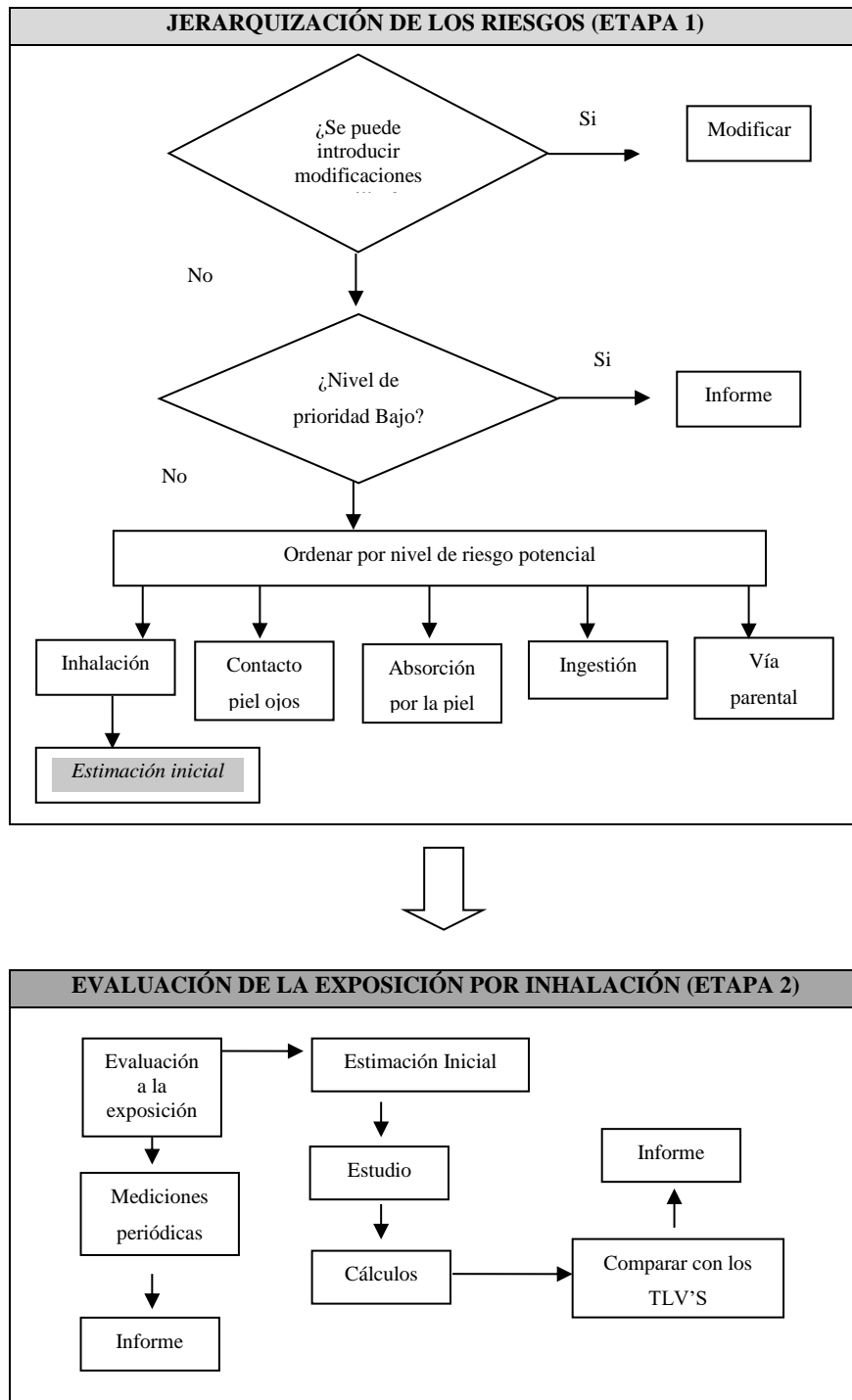
En la tabla 53 se establecen las condiciones bajo las cuales se establecieron los datos del muestro:

MUESTREO		MEDICIONES	
SAMPLER	Por puesto	REPLICAS	7
CONDICIONES	Críticas de mayor carga de trabajo y temperatura	DESCARGA DATOS	Software industrial científico accessoryv. 8.5.1.2.
CALCULOS	Parámetros acgih (tlv's)	AMBIENTE	Interno
NUMERO DE MUESTRAS	Toda la tarea cada 10 seg.	REPETICIÓN TAREA	No, condiciones reales.

f. Metodología

En la figura 33, se establece el procedimiento bajo el cual se toman las mediciones, considerando todo el proceso de evaluación de riesgos:

Figura 33 Procedimiento de medición



2.7.7. Medición Butilglicol

a. Detalle del producto

- **Butilglicol:** Solvente para pinturas, lacas, tintas de impresión, para la elaboración de thinner, solvente para nitrocelulosa; utilizado como solvente para aceites, barnices, esmaltes, cosolvente, en tinturas textiles, tratamiento de cueros, producción de plastificantes, estabilizador en metales, compuestos de secado en seco y limpiadores domésticos, fluidos hidráulicos, insecticidas, removedores.

b. Información toxicológica (Anexo 5 MSDS Butilglicol)

- **INHALACION:** Tos. Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Fatiga, debilidad muscular y, en casos extremos, pérdida de la consciencia.
- **ABSORCION:** El contacto repetido o prolongado, puede causar la eliminación de la grasa de la piel, dando lugar a una dermatitis de contacto no alérgica y a que se absorba el compuesto a través de la piel. Las salpicaduras en los ojos pueden causar irritación y daños reversibles.
- **INGESTIÓN:** La ingestión provoca un gusto que se convierte en sensación de quemazón seguida de insensibilidad de la lengua, indicio de parálisis de las terminaciones nerviosas sensoriales. Depresión del CNS, Dolor de cabeza, narcosis.

c. Información de seguridad

Clasificación NFPA 704



Clasificación HMIS®

SALUD	2
INFLAMABILIDAD	2
PELIGROS FÍSICOS	0
PROTECCIÓN PERSONAL	G

d. Resumen de mediciones

La tabla 53 muestra el cuadro de resumen de todas las mediciones realizadas al personal del área de mezclas del químico Butilglicol:

Tabla 54 Resultado de mediciones de Butilglicol tomadas en el área de mezclas

ME DIC ION 1	ME DIC ION 2	ME DIC ION 3	ME DIC ION 4	ME DIC ION 5	ME DIC ION 6	ME DIC ION 7	ME DIC ION 8	ME DIC ION 9	MED ICIO N 10	MED ICIO N 11	MED ICIO N 12	MED ICIO N 13	MED ICIO N 14	MED ICIO N 15	MED ICIO N 16	MED ICIO N 17	MED ICIO N 18	MED ICIO N 19	MED ICIO N 20	MED ICIO N 21
516. 9	366	282. 7	170. 5	424. 8	276. 9	179. 5	427. 9	185. 9	265.7	257	589	272.3	455.6	241.9	812.4	836.4	697.8	482.3	690.3	594.9
535. 4	379. 8	285. 7	184. 1	447. 2	291	189. 3	401. 4	167. 7	295.9	262	503.7	408.9	398.6	270	834.7	838.2	747.8	445.7	682	536.1
593. 4	388. 9	311	297. 4	462. 7	289. 2	182. 1	419	181. 5	333.2	299.1	434.4	440.9	402.4	300.5	903.8	1141. 2	825.6	550.1	686	479
591. 8	371	306. 3	654. 2	496. 7	283	191	490. 1	222. 1	354	281.9	372	451.1	635.2	298.1	945.5	1540	789	661.8	619.1	412.7
596. 3	365. 2	379. 1	1056. .3	527. 1	268. 9	195. 7	474. 2	310. 9	408.2	281.4	327.2	485.7	950.2	281.2	1236. 3	1511. 8	696.5	708.3	628.7	361.4
540. 7	346. 4	466. 6	1261	525. 1	253. 7	218. 4	510. 4	303. 4	349.4	386.7	309.6	451.4	950.9	284.2	1546. 7	1408. 7	599.9	629.9	653.8	334.5
551. 9	331. 8	491. 8	1168	513	251. 5	227. 6	543. 7	296. 3	286.4	374.6	288.5	491.2	800.5	373.9	1619. 1	1285. 6	576.7	539.9	636.8	310.7
543. 4	331. 6	438. 1	1168. .6	473. 8	304	222. 4	493. 9	264. 1	239.4	393.4	270.8	709.3	654.4	382.3	1640. 2	1257. 1	670.7	456.7	775.7	325.3
555. 1	379. 3	386. 1	1260. .3	481. 2	376. 1	238. 2	508. 4	224. 1	211.8	489	281.9	866.7	632	373.6	1732. 6	1133. 5	773.2	394.3	751.3	446.2
575. 8	499. 7	342. 4	1217. .2	517	365. 1	230. 8	477. 1	194. 8	213.3	512.8	314.6	1061. 5	804.3	375.5	1699. 7	1147. 5	852.1	408.1	655.7	565.3
526. 6	518	323. 2	1180. .5	498. 2	406. 8	249. 7	444	195. 6	204.3	605.7	341.5	1239. 7	1051. 9	383	1690. 8	1081. 2	916.3	557.7	569.4	560.2
481. 3	584. 2	307. 1	1105. .5	465. 4	524. 4	275. 8	455. 8	204. 9	200.9	837.5	370.1	1508. 1	1141. 7	422.3	1834. 5	1002. 3	950.1	718.1	528.4	552.8
429. 1	631. 2	355. 9	983. 1	455	558. 2	292. 8	445. 2	200. 4	197	973.5	364.1	1642. 6	1181. 7	722.6	1989. 5	865.5	939.2	649.1	485.8	519.9

Figura 34 Medición de Butilglicol



De acuerdo con lo establecido en el tipo de muestreo, el análisis se realiza en base al muestreo tipo, D, es decir, se han tomado varias muestras de corta duración y de forma aleatoria a lo largo de la jornada, la exposición diaria se calcula mediante una estimación del valor más probable de la media de las mediciones efectuadas.

Por lo tanto, en base a lo establecido, se proponen los siguientes calculo en ase a las concentraciones tomadas:

- b. Calcular los logaritmos neperianos de las “n” concentraciones (c_i).

Tabla 55 Resumen de cálculo de logaritmos neperianos para mediciones de Butilglicol

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
PROMEDIO	541.36	422.55	366.27	900.52	483.63	342.22	222.56
LOGARITMO NATURAL	6.29	6.05	5.90	6.80	6.18	5.84	5.41
	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
PROMEDIO	447.28	227.05	273.81	458.05	363.29	771.49	773.80
LOGARITMO NATURAL	6.10	5.43	5.61	6.13	5.90	6.65	6.65
	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21
PROMEDIO	362.24	1421.98	1157.62	771.92	554.00	632.64	461.46
LOGARITMO NATURAL	5.89	7.26	7.05	6.65	6.32	6.45	6.13

- c. Calcular m_L , la media aritmética de los $L_n c_i$

$$m_L = \frac{\sum L_n c_i}{n}$$
$$m_L = \frac{130,69}{21}$$
$$\mathbf{m_L = 6,22}$$

- d. Calcular la desviación estándar, s_L

$$s_L = \sqrt{\frac{\sum (m_L - L_n c_i)^2}{n - 1}}$$

$$s_L = \sqrt{\frac{4,92}{21 - 1}}$$

$$\mathbf{s_L = 0,4962306}$$

- e. Calcular la media geométrica, MG

$$MG = e^{m_L}$$

$$MG = e^{6,22}$$

$$\mathbf{MG = 504,330177}$$

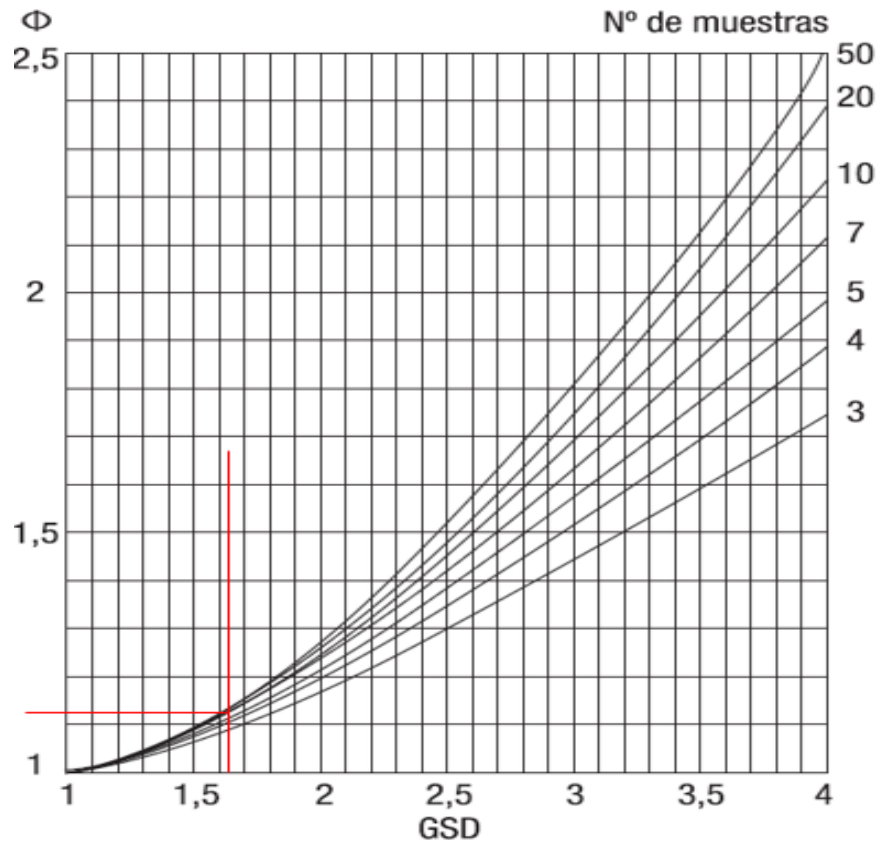
- f. Calcular la desviación estándar geométrica, DSG

$$DSG = e^{s_L}$$

$$DSG = e^{0,4962306}$$

$$\mathbf{DSG = 1,642518}$$

- g. Calcular F, se puede obtener de la figura 14, conociendo DSG y el número de muestras.



$$\varphi = 1,15$$

- h. A partir de la media geométrica y de φ se estima la media aritmética, es decir, el valor más probable de la media de la concentración (media estimada):

$$m_{estimada} = MG \times \varphi$$

$$m_{estimada} = 504,330177 * 1,15$$

$$m_{estimada} = 579,979703 \text{ ppm}$$

8. Cálculo del Índice de Exposición

El índice de exposición (I) [7.2, anexo C] se determina de acuerdo con la expresión:

$$I = \frac{ED}{VL}$$

donde:

- a. ED = exposición diaria de un trabajador al contaminante
- b. VL = VLA-EDR del contaminante

$ED = C_8$ (Concentración en 8 horas de trabajo)

Tiempo de exposición = 60 min

$$C_8 = \frac{m_{estimada} \times \text{Tiempo de exposición}}{480}$$

$$C_8 = \frac{579,979703 \times 60}{480}$$

$$C_8 = 72,497463 \text{ ppm/h}$$

Tlv Twa = 50 ppm (de acuerdo a ficha técnica del producto)

$$I = \frac{2,497463 \text{ ppm/h}}{50 \text{ ppm}}$$

$$I = 1,449949$$

e. Valoración a partir del índice de exposición obtenido

La valoración de la exposición se realiza en función del valor de I

- Si algún valor de I es superior a 1, la exposición está por encima del VL, en este caso hay que investigar las causas y tomar medidas para corregir la situación y, una vez tomadas, hacer una nueva evaluación de riesgos. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 89)

2.7.8. Medición Mek (Metiletilcetona)

a. Detalle del producto

- **MEK:** El metil etil cetona (MEK) es un líquido incoloro con un olor dulce/agudo, fragante, parecido al de la acetona. Es un líquido y vapor

extremadamente inflamable. El uso principal es como solvente, particularmente para diversos sistemas de recubrimiento, como el vinilo, adhesivos, nitrocelulosa y revestimientos acrílicos; para removedores de pintura, laqueadores, barnices, pinturas en spray, selladores, pegamentos, cintas magnéticas, tintas de impresión, resinas, colofonías, soluciones de limpieza y polimerización. Se usa para eliminar cera en aceites lubricantes, desengrasado de metales, en la producción de cueros sintéticos, papel transparente y papel aluminio, y como químico intermedio y catalizador.

b. Información toxicológica (Anexo 6 MSDS Metiletilcetona)

- Inhalación: irritación de nariz y garganta, dolor de cabeza, náuseas, mareos, confusión y pérdida de conciencia. La exposición prolongada a solventes causa daños permanentes al sistema nervioso.
- Contacto con la piel: puede causar irritación y dermatitis.
- Contacto con los ojos: puede causar irritación y ardor. Ingestión: puede producir molestias gastrointestinales. Puede provocar otros síntomas semejantes a los de inhalación.

c. Información de seguridad

Clasificación NFPA 704



Clasificación HMIS®

SALUD	1
INFLAMABILIDAD	3
PELIGROS FÍSICOS	0
PROTECCIÓN PERSONAL	B

d. Resumen de mediciones

La tabla 56 muestra el cuadro de resumen de todas las mediciones realizadas al personal del área de mezclas del químico Metiletilcetona:

Tabla 56 Resultado de mediciones de MEK tomadas en el área de mezclas

ME DIC ION 1	ME DIC ION 2	ME DIC ION 3	ME DIC ION 4	ME DIC ION 5	ME DIC ION 6	ME DIC ION 7	ME DIC ION 8	ME DIC ION 9	MED ICIO N 10	MED ICIO N 11	MED ICIO N 12	MED ICIO N 13	MED ICIO N 14	MED ICIO N 15	MED ICIO N 16	MED ICIO N 17	MED ICIO N 18	MED ICIO N 19	MED ICIO N 20	MED ICIO N 21
99.5	49	132	41.6	109.	34.3	286.	70.5	46.2	61.4	1448.	165.6	66.7	64.8	57.8	81.8	59.3	43.8	71.9	76.2	77.4
				5			5			9										
85	47.4	99.3	62.3	101	32.7	290.	97.2	45.1	65.4	1273.	135.9	63.8	66	77.1	83.1	56.2	41.6	89.6	61.9	83.1
						3				4										
76.7	47.1	130.	101.	95.1	34.4	227.	108.	222.	98.9	863.5	110.9	86.9	81	90.8	76.9	50.4	47.1	70.1	112.9	93.2
		5	3			2	3	5												
74.9	56.1	290.	359.	79	39.9	210.	105.	945.	174.2	584.7	92.5	99.6	613.6	84.1	70.3	45.3	71.7	55.6	193.3	86.5
		2	8			2	9	6												
78.6	226.	295.	625.	66.1	41.5	167.	135.	1381	378.3	431.9	93	94.7	1270.	81.3	66.1	43	83.2	67.3	170	75.3
	8	5	7			9	9	.5					7							
86.6	622.	221.	508.	102.	60.2	136.	121.	1069	365.2	339.9	103.1	273.4	1204.	382	60.9	52.8	79.3	103.4	159.4	89.7
	2	6	6	7		3	1	.3					1							
133.	572.	197.	325.	371.	307.	117.	104.	687.	245.9	273.8	98.7	564.9	828.6	841.6	64	101.3	77	144.9	145.9	214.9
3	3	4	8	9	1	4	4	8												
191.	364.	188.	212.	334.	688.	102.	146.	454.	163.7	228.6	101.1	469.9	567.4	697.1	61.3	115.3	85.6	147.7	120.3	284.8
3	1	6	3	4	5	4	8	8												
158.	242.	192.	155.	222.	700.	96.4	121.	321.	122.3	191.6	107.4	312.4	413.4	478.8	60.2	95.2	70.7	147.6	113.9	223.4
8	1	8	5	8	5		3	5												
127.	183.	191	137.	192.	525.	114	88.7	244.	100.9	169.8	98.7	222.5	323.7	338.4	182.2	84.9	54.6	128.3	134.6	182.8
5	2		2	1	3			9												
106.	148.	156.	139.	225.	439.	128.	70.2	196.	91	161.9	110.9	188	264	244.9	356.1	106.9	50.5	109.4	144.2	194.1
5	5	1	2	9	1	5		7												
94	135	120.	115.	213	370.	121.	60.5	164.	80.2	149	216.7	183.3	239.3	191.4	272	90.6	64	92.4	143.4	165.7
		4	1		2	4		4												
93	111.	99.6	95.7	159.	272.	125.	72.4	141.	85.1	131.5	303.4	151.9	213.8	154.5	189.6	75.9	72.2	75.7	114.1	125.9
	3			1	5	1		7												

Figura 35 Medición de MEK



De acuerdo con lo establecido en el tipo de muestreo, el análisis se realiza en base al muestreo tipo, D, es decir, se han tomado varias muestras de corta duración y de forma aleatoria a lo largo de la jornada, la exposición diaria se calcula mediante una estimación del valor más probable de la media de las mediciones efectuadas.

Por lo tanto, en base a lo establecido, se proponen los siguientes calculo en base a las concentraciones tomadas:

1. Calcular los logaritmos neperianos de las “n” concentraciones (c_i).

Tabla 57 Resumen de cálculo de logaritmos neperianos para mediciones de MEK

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
PROMEDIO	107.47	215.78	178.08	221.55	170.83	272.78	163.35
LOGARITMO NATURAL	4.68	5.37	5.18	5.40	5.14	5.61	5.10
	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
PROMEDIO	100.25	455.54	156.35	480.65	151.51	213.69	473.11
LOGARITMO NATURAL	4.61	6.12	5.05	6.18	5.02	5.36	6.16
	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21
PROMEDIO	275.00	124.96	74.40	64.72	100.30	130.01	145.91
LOGARITMO NATURAL	5.62	4.83	4.31	4.17	4.61	4.87	4.98

2. Calcular m_L , la media aritmética de los $L_n c_i$

$$m_L = \frac{\sum L_n c_i}{n}$$
$$m_L = \frac{130,69}{21}$$

$$\mathbf{m_L = 5,16}$$

3. Calcular la desviación estándar, s_L

$$s_L = \sqrt{\frac{\sum (m_L - L_n c_i)^2}{n - 1}}$$

$$s_L = \sqrt{\frac{6,32}{21 - 1}}$$

$$\mathbf{s_L = 0,562074}$$

4. Calcular la media geométrica, MG

$$MG = e^{m_L}$$

$$MG = e^{5,16}$$

$$\mathbf{MG = 174,192370}$$

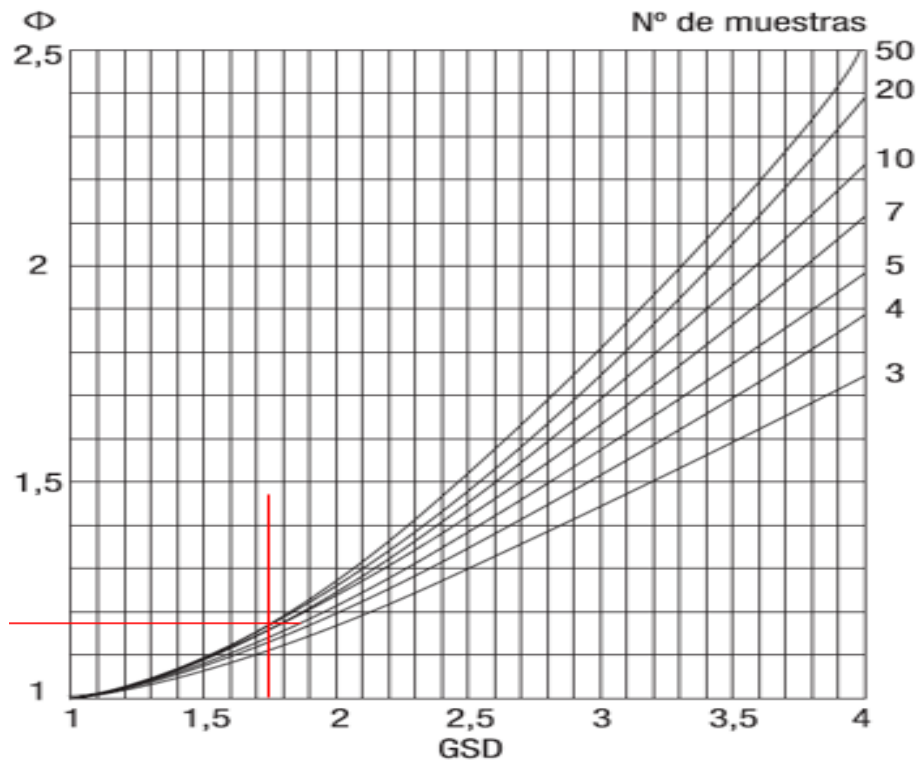
5. Calcular la desviación estándar geométrica, DSG

$$DSG = e^{s_L}$$

$$DSG = e^{0,562074}$$

$$\mathbf{DSG = 1,754307}$$

6. Calcular F, se puede obtener de la figura 14, conociendo DSG y el número de muestras.



$$\varphi = 1,17$$

7. A partir de la media geométrica y de φ se estima la media aritmética, es decir, el valor más probable de la media de la concentración (media estimada):

$$m_{estimada} = MG \times \varphi$$

$$m_{estimada} = 174,192370 * 1,17$$

$$m_{estimada} = 203,805073 \text{ ppm}$$

8. Cálculo del índice de exposición

El índice de exposición (I) [7.2, anexo C] se determina de acuerdo con la expresión:

$$I = \frac{ED}{VL}$$

donde:

- a. ED = exposición diaria de un trabajador al contaminante
- b. VL = VLA-EDR del contaminante

$ED = C_8$ (Concentración en 8 horas de trabajo)

Tiempo de exposición = 180 min

$$C_8 = \frac{m_{estimada} \times \text{Tiempo de exposición}}{480}$$

$$C_8 = \frac{203,805073 \times 180}{480}$$

$$C_8 = 76,426903 \text{ ppm/h}$$

Tlv Twa = 50 ppm (de acuerdo a ficha técnica del producto)

$$I = \frac{76,426903 \text{ ppm/h}}{50 \text{ ppm}}$$

$$I = 1,528538$$

e. Valoración a partir del índice de exposición obtenido

La valoración de la exposición se realiza en función del valor de I

- Si algún valor de I es superior a 1, la exposición está por encima del VL, en este caso hay que investigar las causas y tomar medidas para corregir la situación y, una vez tomadas, hacer una nueva evaluación de riesgos. (Aguilar Franco, Bernaola, & Gálvez Virginia, 2010, pág. 89)

2.8. Resumen de valores

La tabla 58 muestra el resumen de los resultados obtenidos para las mediciones de Butilglicol y Mek en el área de mezclas, en donde se puede verificar que el Índice de exposición se encuentra sobre 1 lo que indica que se debe investigar las causas y proponer mejoras para salvaguardar la salud de los trabajadores.

Tabla 58 Resumen de resultados mediciones

Compuesto	Media estimada	C8	Índice de exposición
Butilglicol	579,979703 ppm	72,497463 ppm/h	1,449949
Mek	203,805073 ppm	76,426903 ppm/h	1.528538

2.9. Comprobación de hipótesis

Para el proceso de comprobación de la hipótesis se utilizó el método estadístico de Chi cuadrado, el procedimiento Prueba de chi-cuadrado tabula una variable en categorías y calcula un estadístico de chi-cuadrado. Esta prueba de bondad de ajuste compara las frecuencias observadas y esperadas en cada categoría para contrastar que todas las categorías contengan la misma proporción de valores o que cada categoría contenga una proporción de valores especificada.

2.9.2. Formulación de la hipótesis

a. Hipótesis nula

H₀: Los riesgos químicos NO inciden significativamente en la salud de los trabajadores del área de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A

b. Hipótesis alternativa

H_a: Los riesgos químicos SI inciden significativamente en la salud de los trabajadores del área de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A

c. Planteamiento Matemático

Ho = Ha
 Ho – Ha = 0

d. Región de Aceptación y Rechazo

La región de aceptación y rechazo se determina por la existencia de los grados de libertad y su nivel de significación, que se la obtiene de la siguiente manera:

- g. l. = (F-1) * (C-1)
- g. l. = (2-1) * (2-1)
- g. l. = (1) * (1)
- g. l. = 1

Dónde:

- F = Número de Filas
- C = Número de columnas
- g.l. = Grados de Libertad

e. Nivel de Significación

Para el estudio y el análisis de la hipótesis planteada se ha escogido el grado de libertad 1 y un nivel de significación del 5% (0,05), en donde el valor de chi cuadrado de Tablas es 3,84.

Figura 36 Distribución de Chi cuadrado x2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418

Cuando existe un grado de libertad igual a 1 y un nivel de significación del 5%, el valor del CHI-CUADRADO en la tabla es del 3,84.

f. Valor Observado

Tabla 59 Valor observado

	Pregunta 3. ¿Existe presencia de vapores, olores y/o gases a causa de las sustancias en el área?	Pregunta 6. ¿Ha sufrido dolencias o molestias al realizar sus actividades con materiales químicos?	Total
SI	18	11	29
NO	5	12	17
TOTAL	23	23	46

Tabla 59: Matriz de resultados de la encuesta a las dos preguntas seleccionadas para el análisis.

g. Valor esperado

$$E_i = \left[\left(\sum \text{fila} \right) * \left(\sum \text{columna} \right) * \right] / \sum \text{total}$$

Tabla 60 Valor esperado

	Pregunta 3. ¿Existe presencia de vapores, olores y/o gases a causa de las sustancias en el área?	Pregunta 6. ¿Ha sufrido dolencias o molestias al realizar sus actividades con materiales químicos?	Total
SI	14.5	14.5	37
NO	8.5	8.5	25
TOTAL	31	31	62

Tabla 60: Nota: Matriz de resultados de los datos de la tabla 42, se multiplica la sumatoria de la fila con la sumatoria de la columna y se divide para el total

h. Valor estadístico de la prueba χ^2

$$\chi^2 = \sum [(O - E)^2 / E]$$

Tabla 61 Valor estadístico

Valor observado	Valor esperado	(O-E)²/E
18	14.5	0.844827586
5	8.5	1.441176471
11	14.5	0.844827586
12	8.5	1.441176471
		4.572008114

Tabla 61: Ordenamiento vertical de los datos de las tablas 57 y 58

$$x^2 = 4.572008$$

$$4.572008 > x^2 > 3.84$$

De acuerdo con lo obtenido y lo establecido se rechaza la hipótesis nula ya que el valor de X^2 calculado = 4,572008 es mayor al X^2 tabla = 3,841; por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, entonces: Los riesgos químicos SI inciden significativamente en la salud de los trabajadores del área de Mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Para el estudio se aplicó la Matriz de Riesgos NTP 330, en donde se identificaron que del total de la muestra de 23 trabajadores, existen 115 riesgos de tipo Trivial, 80 riesgos tolerables y 16 riesgos moderados, de los cuales en base a la aplicación del método de evaluación de agentes químicos por contacto y vía inhalatoria se demuestra que los químicos de alto riesgo son el Butilglicol y el Meck, obteniendo resultados con valores superiores a 1000, que de acuerdo a la Guía Técnica de Agentes Químicos requieren de evaluaciones más detalladas.

- En base a lo estipulado en Guía Técnica de Agentes Químicos se establece un procedimiento para la toma de mediciones al grupo de trabajadores del área de mezclas, con la finalidad de determinar el índice de exposición a los agentes químicos peligrosos, determinados en la identificación inicial, obteniendo resultados de 1.449 para el Butilglicol y de 1.52 para el Meck, lo cual indica que la exposición está por encima de Valor límite permisible.

- De acuerdo al indicador de morbilidad del año 2018, de acuerdo con los procesos que se desarrollan en el área de Mezclas, alrededor del 80% son pinturas y disolvente considerados químicos de mayor peligrosidad, por lo cual, en el año 2018 se han presentado 182 casos de enfermedades del tipo respiratorio, siendo de mayor incidencia los meses de octubre con 40 casos,

correspondientes al 22% y al mes de julio con 32 casos reportados, correspondientes al 17.6% de la totalidad de casos.

- El área de trabajo actual, en donde se desarrollan las actividades laborales del área de mezclas no cuenta con un sistema de ventilación natural que permita la extracción de los vapores producidos, motivo por el cual los valores obtenidos en mediciones sobrepasan los límites permisibles de exposición, por lo tanto, es primordial que se establezcan medidas correctoras con sistemas de extracción adicionales.

"

5.2.Recomendaciones.

- Diagnosticar si las personas que manifiesta molestias con mayor frecuencia de tipo respiratorio presentan alguna enfermedad respiratoria como cáncer, asma, defectos congénitos, rinitis; estas también pueden ser causas de discomfort ambiental.
- Implementar medidas correctivas y preventivas en los sistemas de ventilación del área de mezclas de la Curtiduría Tungurahua S.A., que permitan alcanzar los niveles adecuados a la normativa legal vigente.
- Profundizar el estudio de confort ambiental, a una población más grande para cada centro de trabajo; con tiempos de exposición de 8 horas. En diferentes horarios del día, y registrar los niveles de exposición; para obtener datos más representativos.
- Dotar de ventilación adecuada para alcanzar los estándares en los laboratorios donde haya manipulación, trasvase y transporte de químicos de alto riesgo.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. Tema

Diseño y simulación de un sistema de extracción localizada de aire mediante técnicas de Dinámica de Fluidos Computacional.

6.2. Datos informativos

- **Institución ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato – Maestría en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental.
- **Ubicación:** Av. Los Chasquis y Río Payamino
- **Beneficiarios:** Trabajadores del área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A
- **Equipo técnico responsables:** Investigador y Tutor.
- **Costo estimado:** Indeterminado

6.3. Antecedentes de la propuesta

La industria del cuero se ha caracterizado por presentar niveles altos de contaminación no solo para el medio ambiente sino por la exposición de agentes químicos peligrosos para la salud de los trabajadores, ejecutado el estudio, se ha determinado que el área de Mezclas de Curtiduría Tungurahua no cumple con las condiciones de ambiente recomendadas para su actividad respectiva, por lo tanto se vuelve necesario conocer y evaluar los riesgos derivados del uso o de la exposición para garantizar un buen estado de seguridad y salud de los trabajadores, así, en función de las condiciones de trabajo y de los resultados de la evaluación de riesgos, se aplicarán las medidas de prevención

o protección necesarias, para eliminar lo evitable o, al menos, tener controlado el riesgo dentro de unos márgenes aceptables.

6.4. Justificación

Posterior a la evaluación realizada, se puede determinar que los resultados de la evaluación superan los límites permisibles de exposición de una persona; y a pesar de que el personal de área de mezclas utiliza adecuadamente sus implementos de seguridad, la contaminación por inhalación o contacto con organismos de agentes químicos como el Butilglicol y el Mek, se mantienen, por lo tanto el uso de los implementos de seguridad no es suficiente para brindarles una adecuada protección al personal, es de ahí de donde nace la necesidad de implementar otras medidas de prevención que ataquen directamente la fuente del peligro para minimizar la exposición, la propuesta establecida es el diseño de un sistema de extracción focaliza mediante la aplicación de la dinámica de fluidos computacional que tiene como objetivo la simulación del flujo de fluidos y los procesos de transferencia de calor.

Analizando la situación actual de la empresa, su infraestructura y condiciones de trabajo se puede notar que no se dispone de ventilación natural que permita disipar los vapores y gases, por lo tanto, la implementación de un sistema de extracción mecánica se vuelve necesaria como una medida de gestión en la fuente, que permita disminuir las concentraciones de gases y vapores, y por ende mejorar las condiciones de trabajo del personal reduciendo las dosis de exposición actuales.

6.5. Objetivo

6.5.1. Objetivo General

Diseñar y simular un sistema de extracción localizada de aire mediante técnicas de Dinámica de Fluidos Computacional.

6.5.2. Objetivo Específico

- Seleccionar la configuración de campana de extracción localizada para el proceso del área de químicos en función del caudal.
- Establecer la distancia adecuada de instalación de la campana de extracción en relación con el foco de contaminantes.
- Simular y validar las velocidades de captación con la utilización del software Flow Simulation.

6.6. Fundamentación

6.6.1. Dinámica de fluidos computacional (CFD)

La dinámica de fluidos computacional (CFD) tiene como objetivo la simulación del flujo de fluidos y los procesos de transferencia de calor. El proceso de análisis se basa en la utilización de métodos numéricos para resolver las ecuaciones que describen la conservación de la masa, el momento y la energía en el seno de un fluido. En la actualidad el análisis CFD es una herramienta muy práctica y eficiente en el análisis de situaciones en las que intervienen fluidos, todo esto es posible por las posibilidades de los ordenadores y el desarrollo de los métodos numéricos.

a. Aplicaciones:

La dinámica de fluidos computacional representa una herramienta en la industria del diseño, producción e incluso mantenimiento. Es ampliamente utilizada para analizar fenómenos termo fluidos en el medio ambiente, para predecir el movimiento del aire y el confort. Mediante análisis CFD se puede resolver diferentes problemas de simulación, pero básicamente se resumen en:

- Simulación de equipos existentes con el propósito de apreciar su funcionamiento y/o diagnosticar problemas.
- Realizar mejoras a determinados equipos.

- Ejecutar simulaciones de equipos o procesos con o sin transiciones de fase, interacciones de fluidos con sólidos, etc. Son muchas ventajas que se obtiene a través de la CFD, teniendo en cuenta que las técnicas de CFD son complementarias a la teoría y los experimentos.
- En la industria del automóvil la CFD nos proporciona datos que no se pueden medir directamente, además de una visualización de estructuras transitorias de flujo, incluyendo simulaciones de aerodinámica externa, sistema de ventilación, refrigeración del motor, sistema de escape, refrigeración de frenos, etc. (Sala, 2010)

b. Etapas en un análisis CFD

El análisis de la dinámica de fluidos computacional consta de las siguientes etapas:

- **Preproceso:** Se formula el problema, se establece el modelo matemático, mallado y las condiciones de contorno.
- **Proceso:** Se ejecuta la solución numérica de las ecuaciones.
- **Postproceso:** Se realiza el análisis y la validación de los resultados.

6.6.2. Ventilación localizada

Cuando se pueda identificar claramente el foco de contaminación el sistema más efectivo, y económico, es captar localmente la emisión nociva. Ejemplo de la Figura 33.

Debe procederse así:

1. Identificar los puntos de producción del contaminante.
2. Encerrarlo bajo una campana.
3. Establecer una succión capaz de captar, arrastrar y trasladar el aire, posiblemente cargado de partículas. (Salvador Escoda S.A. 2006)

Figura 37 Ventilación localizada

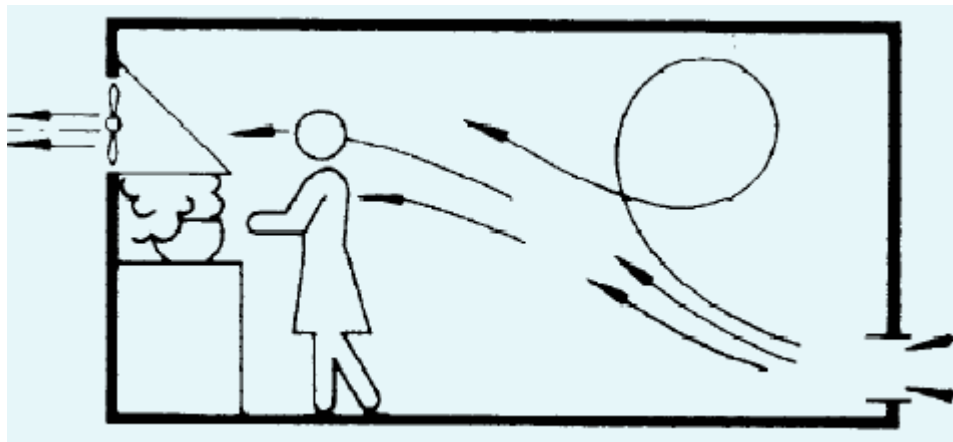


Figura 33:. Los elementos básicos de una instalación son: la captación, el conducto o canalización, el separador o filtro, el extractor de Aire. Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006)

a. Campanas de extracción

Cuando se habla de ventilación localizada se justifica el uso de esta cuando era posible identificar en un punto concreto el foco contaminante del aire. Entonces, decíamos, el sistema más racional y económico, así como el único eficaz si pretendíamos controlar emanaciones tóxicas o polvorientas o de humos, consistía en capturar la contaminación a medida que se producía y en el mismo lugar de origen, para impedir su difusión por todo el ambiente. La Campana de captación es el elemento esencial en este caso, consistiendo en una caja cerrada con una cara abierta a la emisión nociva y la de qué parte un conducto de evacuación activado por un extractor mecánico.

El proyecto de una Campana de captación o extracción debe resolver dos cuestiones principales:

- a. Forma, dimensiones y situación de la Campana.
- b. Cálculo del caudal necesario y determinación de las velocidades de aire para la captación y el arrastre.

Figura 38 Captación de aire contaminado

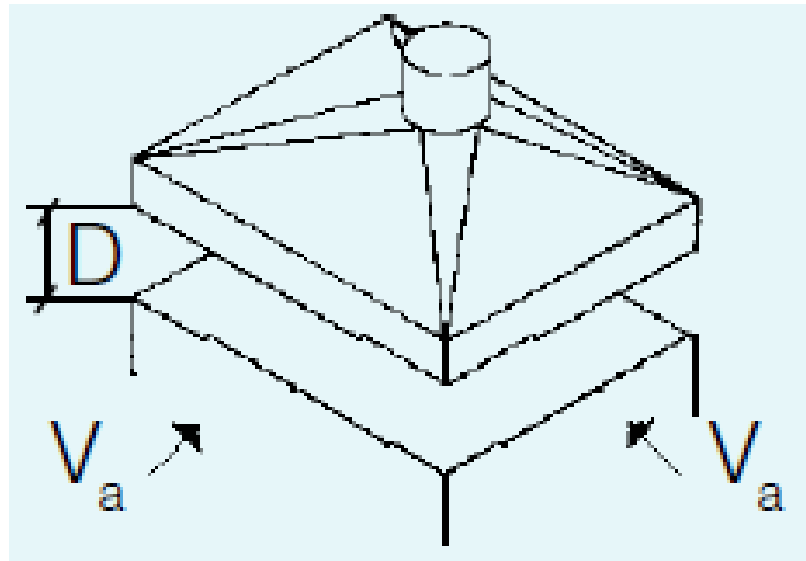


Figura 34. Los elementos básicos de una instalación son: la captación, el conducto o canalización, el separador o filtro, el extractor de Aire. Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006)

Distintas configuraciones de campanas de extracción localizada

Se ilustra las distintas configuraciones de las campanas extractoras y la caracterización de su comportamiento mediante ecuaciones matemáticas. La Tabla 55 proviene del manual y describe los distintos tipos de campana y las ecuaciones que esta siguiente.

Tabla 62 Configuraciones de campanas de extracción.

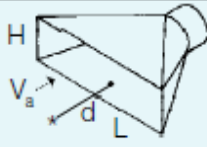
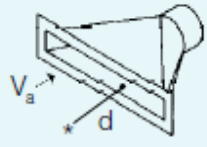
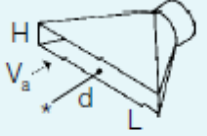
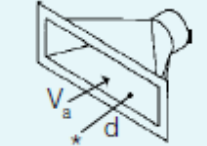
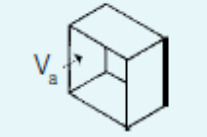
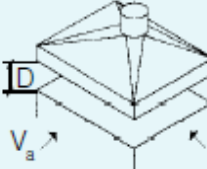
TIPO DE BOCA	ABERTURA	DIMENS.	CAUDAL NECESARIO
 $V_a = \text{Velocidad aire captación}$	RANURA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 13500 V_a Ld$
	RANURA CON BRIDA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 10000 V_a Ld$
	A CANTO VIVO	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 3600 V_a (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CANTO CON BRIDA	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 2750 V_a (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CABINA	De acuerdo a la función	$Q = 3600 V_a S$
	CAMPANA	De acuerdo a la función	$Q = 5000 V_a PD$ $P = \text{Perímetro [m]}$

Tabla 35: Su misión es la de poder atraer el aire con los contaminantes que contenga para trasladarlo al lugar de descarga. Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006)

6.7. Metodología

Para el diseño y simulación del presente estudio se necesita establecer las etapas de preprocesamiento, procesamiento y post- procesamiento. Estas fases se consideran una sistemática de pasos a seguir, en la Figura 35, se describe el diagrama de flujo a seguir para el proyecto.

Figura 39 Diagrama de flujo con las etapas para la simulación CFD.

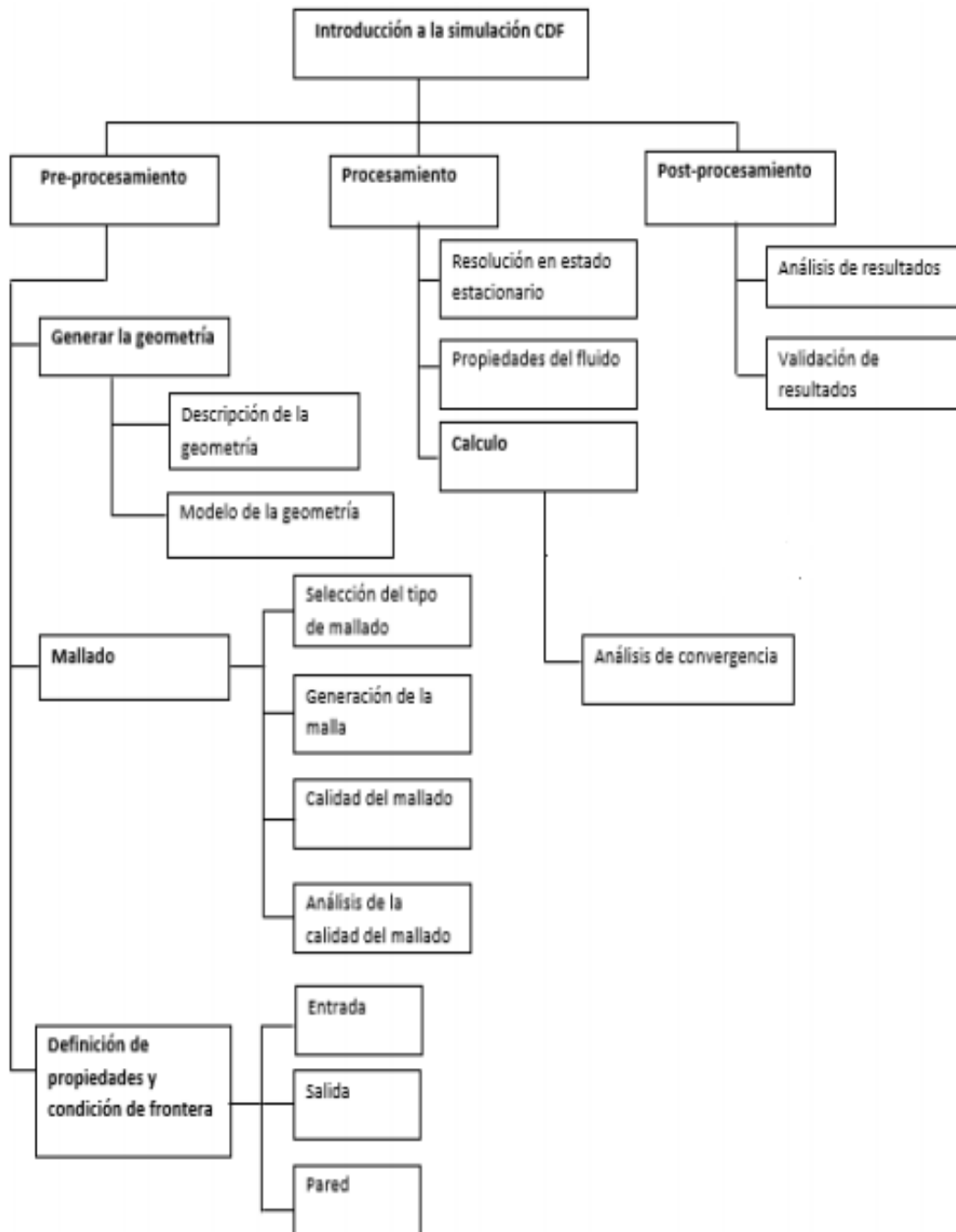


Figura 35: Los elementos básicos de una instalación son: la captación, el conducto o canalización, el separador o filtro, el extractor de Aire. Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006)

6.7.1. Pre-procesamiento:

La etapa de preprocesamiento es la que define las características generales del problema de simulación. En esta fase se debe realizar los siguientes pasos:

- Modelado del área de químicos, representar de la forma más adecuada la parte física con la experimental.
- Generación de la malla para para el proyecto, definir el tipo y tamaño de los elementos.
- Ingresar las condiciones de frontera y las condiciones de climáticas del área de trabajo.

6.7.2. Modelación del área de mezclas

La modelación de la geometría 3D se realiza en el programa SolidWorks con licencia estudiantil, para posterior exportarlo al software Flow Simulation para realizar la simulación.

Figura 40 Captación de aire contaminado

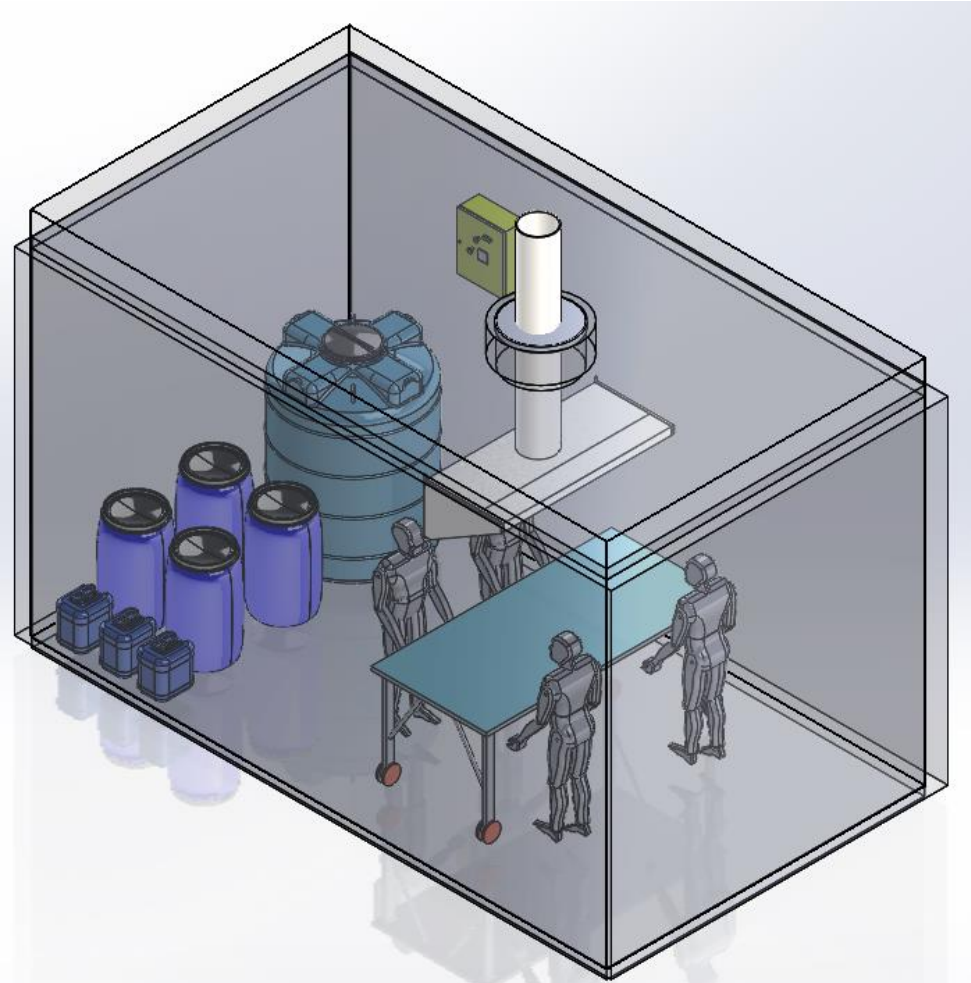


Figura .36 Modelación del área de mezclas, se ilustra los componentes y accesorios que forman parte de este proceso, adicional se realiza la implementación de la campana de extracción localizada.

6.7.3. Modelación 3D de la campana elevada:

Para el modelado geométrico de la campana rastreado el mercado online de campanas de extracción localizada en búsqueda de una campana extractora que se ajustara a los requisitos del documento ACGIH: Manual de Ventilación Industrial para dibujar la campana con sus medidas reales. La campana elegida para la validación del modelo se selecciona en función del caudal necesario para la extracción de gases, para las condiciones del área se elige una campana con las siguientes características: acero galvanizado, peso 48 kg y las dimensiones resaltadas en la Figura 37.

Figura 41 Características técnicas de campanas de extracción elevadas.

Características Técnicas Específicas										
Material	Calibre	A	B	C	$\varnothing D$		E	F	Peso y Dimensión con Empaque de Madera	
		mm	mm	mm	mm	pulg	mm	mm	Kg	cm
Galvanizado	18	1200	1190	470	152	6	100	51	48	125x125x65
Galvanizado	18	2000	1190	470	203	8	100	51	70	205x125x65
Galvanizado	18	2400	1190	470	254	10	100	51	81	245x125x65
Galvanizado	18	3000	1190	470	305	12	100	51	98	305x125x65


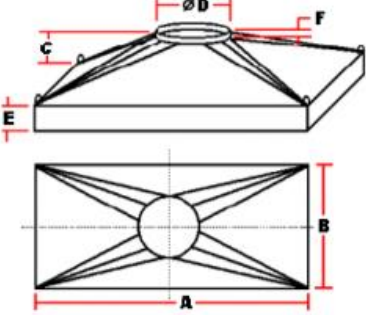
Dimensiones	
	

Figura 37: Características técnicas de la campana seleccionada: Acero galvanizado, Peso: 48 kg, Dimensiones: A= 1200 mm, B=1190 mm, C= 470 mm y D= 152 mm.

Bajo estas consideraciones, se determina que de acuerdo con las condiciones actuales del área de mezclas la mejor opción es sistema de extracción tipo campana, por lo tanto, en la simulación del modelado realizado en la Figura 36, se alimentan toda la información dimensional de los tipos de campanas que se encuentran disponibles en el mercado, figura 41.

Figura 42 Selección del tipo de extracción

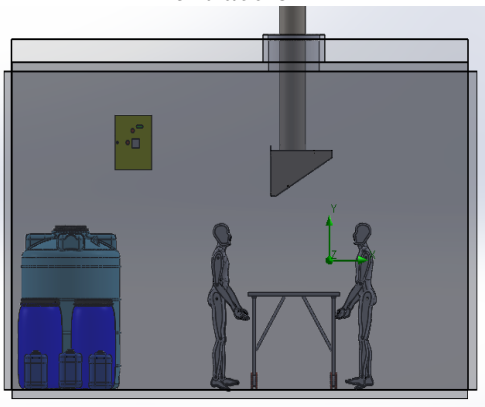
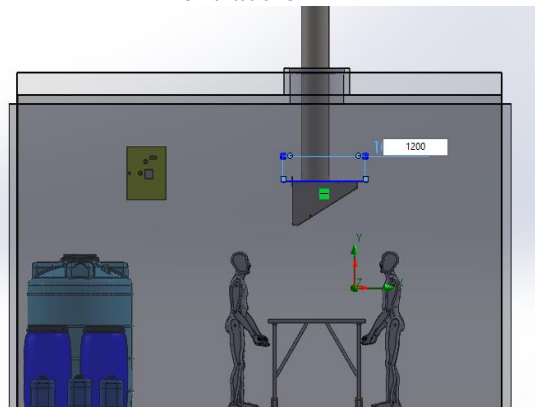


Figura 43 Parametrización del tipo de extracción



6.7.4. Mallado

El mallado de la geometría se realiza para dividir el dominio completo en varios volúmenes de control, se utiliza un mallado automático recomendado por el programa debido a que la calidad de la malla tiene un papel importante en la estabilidad del cómputo numérico y en la exactitud de los resultados.

Figura 44 Mallado automático de la modelación computacional.

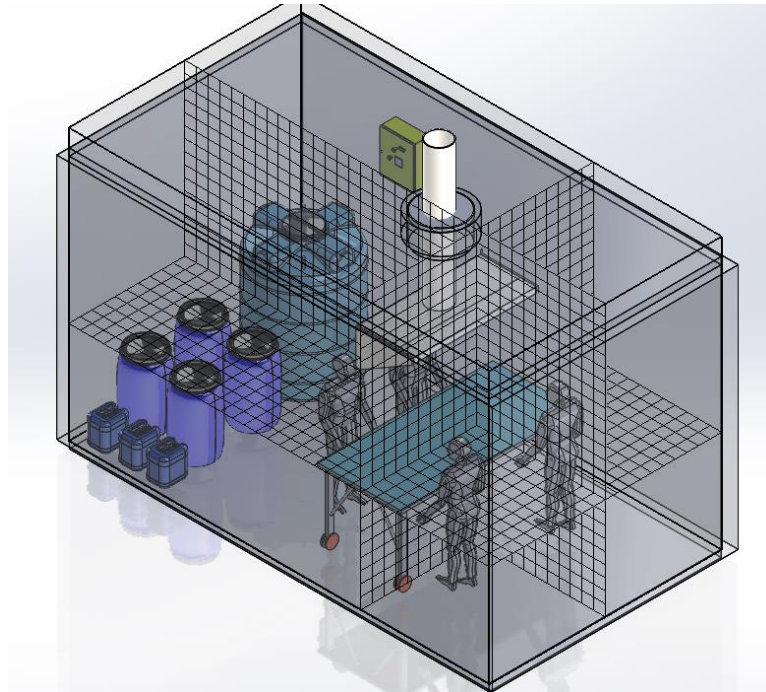


Figura 44. Malla estructurada de elementos finitos, a principal utilidad de la malla estructurada está en el ordenamiento de los elementos en memoria

6.7.5. Definición de las condiciones de frontera

Para determinar las condiciones de frontera, se realiza un análisis al modelo geométrico y las entradas y salidas de ingreso al programa, se describen a continuación:

- a. **Entrada:** Las condiciones de entrada están definidas por las variables de la ecuación del caudal (Ecuación 9), siendo el caudal necesario que debe proporcionar la campana para recoger aire, gases, polvo o humo, obligándoles a entrar en la misma.

6.7.6. Modelo matemático de campana elevada

Cuando se habla de ventilación localizada se justifica el uso de esta cuando era posible identificar en un punto concreto el foco contaminante del aire. Entonces, decíamos, el sistema más racional y económico, así como el único eficaz si pretendíamos controlar emanaciones tóxicas o polvorientas o de humos, consistía en capturar la contaminación a medida que se producía y en el mismo lugar de origen, para impedir su difusión por todo el ambiente.

$$Q = 1,4 P V D$$

Ecuación 9

Donde:

- Q= Caudal (m³/h). Este concepto implica aire en movimiento y por tanto hay que relacionar la cantidad con el tiempo que circula.
- P= Perímetro (m).
- V= Velocidad de captación o arrastre (m/s). Es la velocidad del aire en la boca de una campana o cabina necesaria para vencer las corrientes contrarias y recoger, (arrastrar), aire, gases, polvo o humo, obligándoles a entrar en las mismas.
- D= Rango de alturas para la instalación de la campana de extracción (m).

6.7.7. Desarrollo experimental

La modelación toma en cuenta el rango de altura para la ubicación de la campana respecto a la fuente de contaminación, el rango de alturas tanto mínima como máxima es sugerido por el software con la finalidad de obtener el rendimiento de extracción adecuado de las sustancias químicas.

Figura 45 Rango de alturas para la instalación de la campana de extracción.

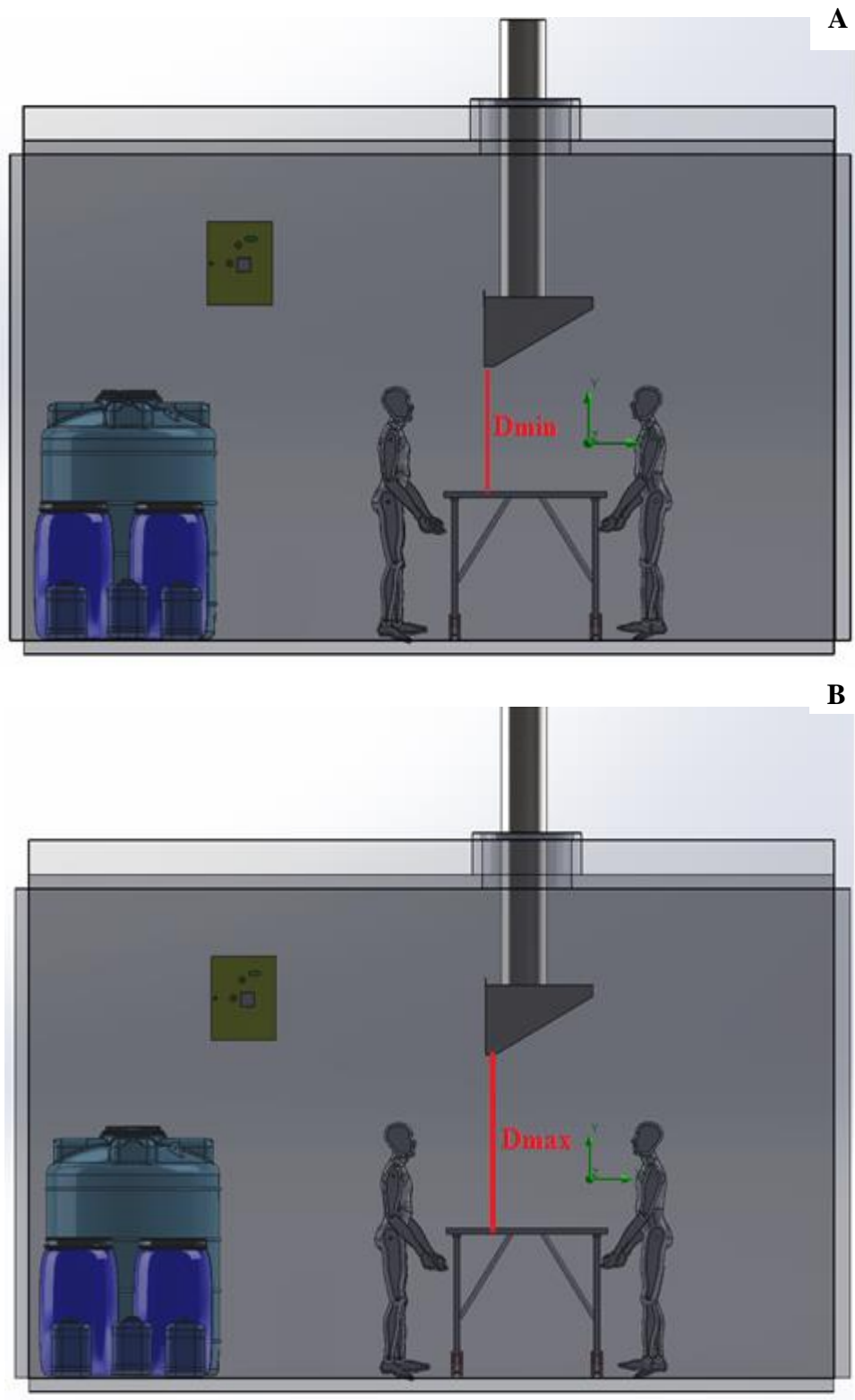


Figura 45. Rango de alturas. **A.** Distancia mínima desde el foco de contaminación hasta la campana. **B.** Distancia máxima desde el foco de contaminación hasta la campana.

6.7.8. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales del área de mezclas se determinó la temperatura, humedad y presión, se realizó un muestreo en cuatro puntos con la finalidad de determinar de manera representativa las condiciones promedio del lugar para el ingreso al programa de simulación, se realizó con la utilización del medidor de condiciones ambientales Kestrel 3500 (Anexo 7 Especificaciones medidor Kestrel)

Tabla 63 Registro de valores de mediciones de condiciones ambientales

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Temperatura (°C)	24,4	24,4	24,5	25,7
Humedad (%)	65,5	65,7	65,8	66,5
Presión (hPa)	739,9	740,0	740,0	740,0
Velocidad (m/s)	0	0	0	0

- b. Salida:** Las condiciones de salida están definidas por las dimensiones geométricas tanto de la campana (Figura 41) como también del diámetro de la tubería para la extracción de los gases.

La figura 46 y 47 muestra el ingreso en la simulación de los valores obtenidos con el medidor Kestrel sobre las condiciones ambientales del área de mezclas, se muestra en base a los resultados que el ambiente es considerado como un ambiente homogéneo debido a que los resultados se muestran similares en todos los puntos de referencia.

Figura 46 Ingreso de condiciones ambientales, temperatura y humedad.

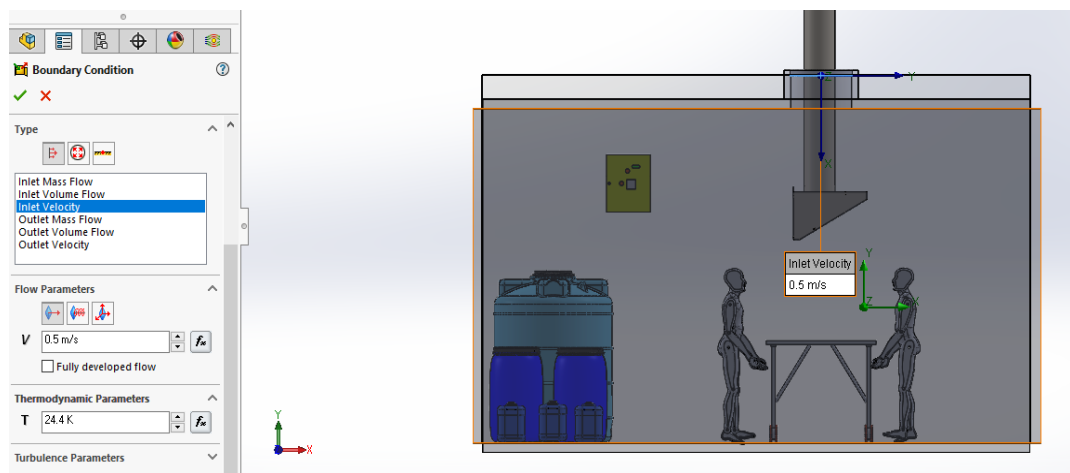


Figura 47 Ingreso de condiciones ambientales, presión atmosférica

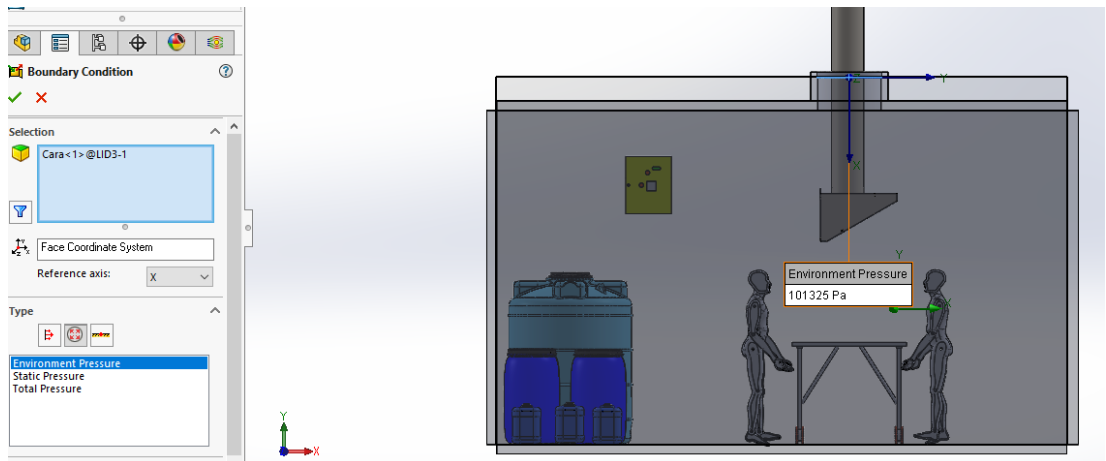


Figura 48 Definición de condiciones de entrada y salida para la simulación.

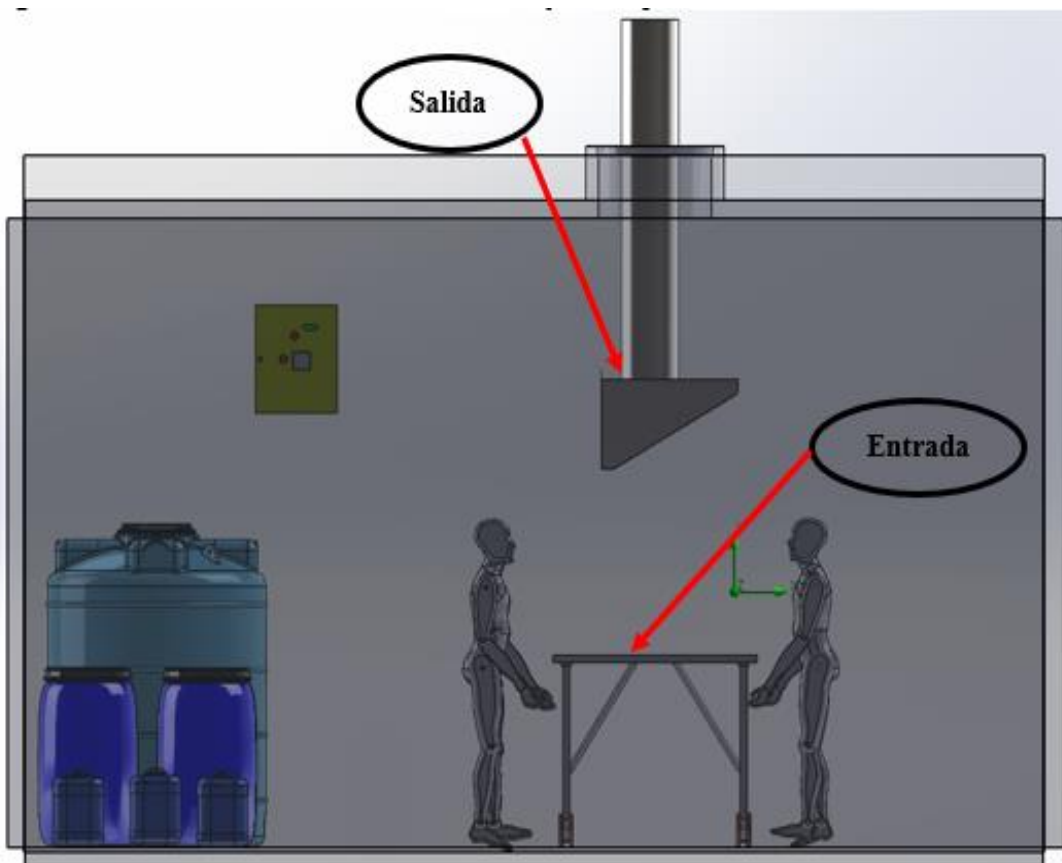


Figura 47. Definición de la simulación. Entrada: Caudal necesario y las condiciones ambientales del área de mezclas; Salida: Dimensiones de la campana y tubería de extracción de gases.

6.7.9. Procesamiento

En este proceso el programa con su motor de cálculo interno soluciona las ecuaciones que rigen el comportamiento del sistema. Para analizar esta etapa se la puede dividir en los siguientes pasos:

- a. **Resolución en estado estacionario (estable):** En la solución del modelo matemático, la simulación del fluido (aire) en el interior se realiza en estado estacionario.
- b. **Propiedades del fluido:** Se trabaja con las propiedades del aire a condiciones de temperatura y humedad medidas con el medidor de condiciones ambientales (Anexo 1).
- c. **Cálculo:** El programa de simulación (Flow Simulation) soluciona las ecuaciones que determinan el sistema mediante un proceso interactivo.
- d. **Análisis de convergencia:** El programa de dinámica de fluidos computacional se ejecuta hasta lograr convergencia de los resultados, es decir que los residuos se estabilicen.

6.7.10. Post-procesamiento

El post-procesamiento es la etapa de análisis e interpretación de los resultados obtenidos de la solución son presentados de forma visual sobre el modelo, con herramientas de contorno, líneas de corriente, trayectoria de partícula, Planos de corte y líneas de corrientes de aire, de manera que pueden analizarse los dominios para obtener una perspectiva de la solución del problema.

a. Análisis de resultados

Los resultados de se analizan en fusión de las velocidades necesarias que se deben alcanzar de acuerdo a la Tabla 57, para esto se utiliza herramientas de Planos de corte y líneas de corrientes de aire.

b. Rango de alturas para la instalación de la campana de extracción.

Altura máxima de la campana de extracción (D_{max})

La primera simulación se realiza con la altura máxima de instalación de la campana recomendada por el software ($D_{max}= 1,85$ m), se ilustra en la Figura 40 y 41.

Figura 49 Plano de corte frontal XY de velocidades.

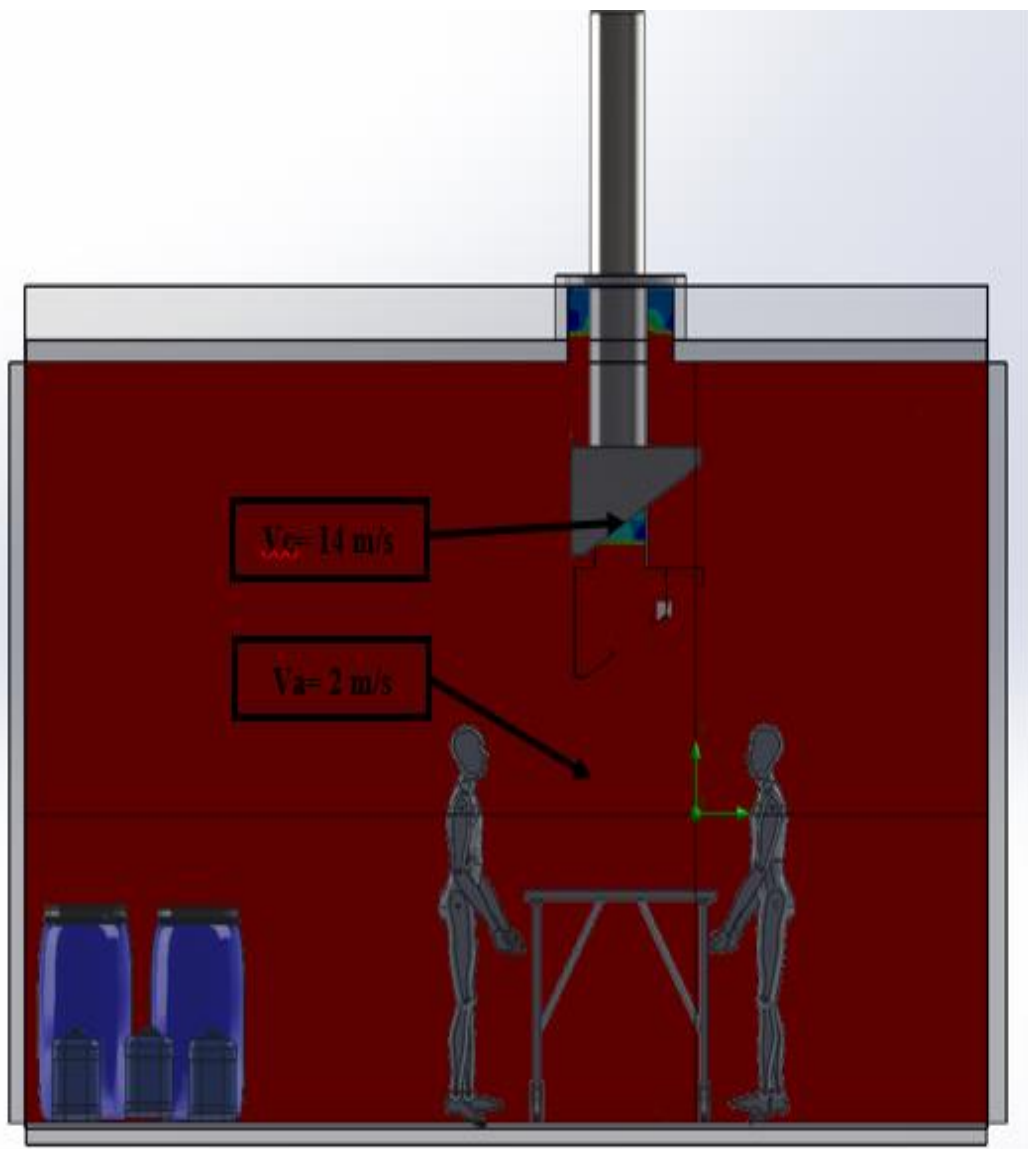


Figura 49. V_a : Velocidad de captación o de arrastre, V_c : Velocidad en el conducto o de transporte.
Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006)

Figura 50 Plano de corte superior frontal XZ de velocidades

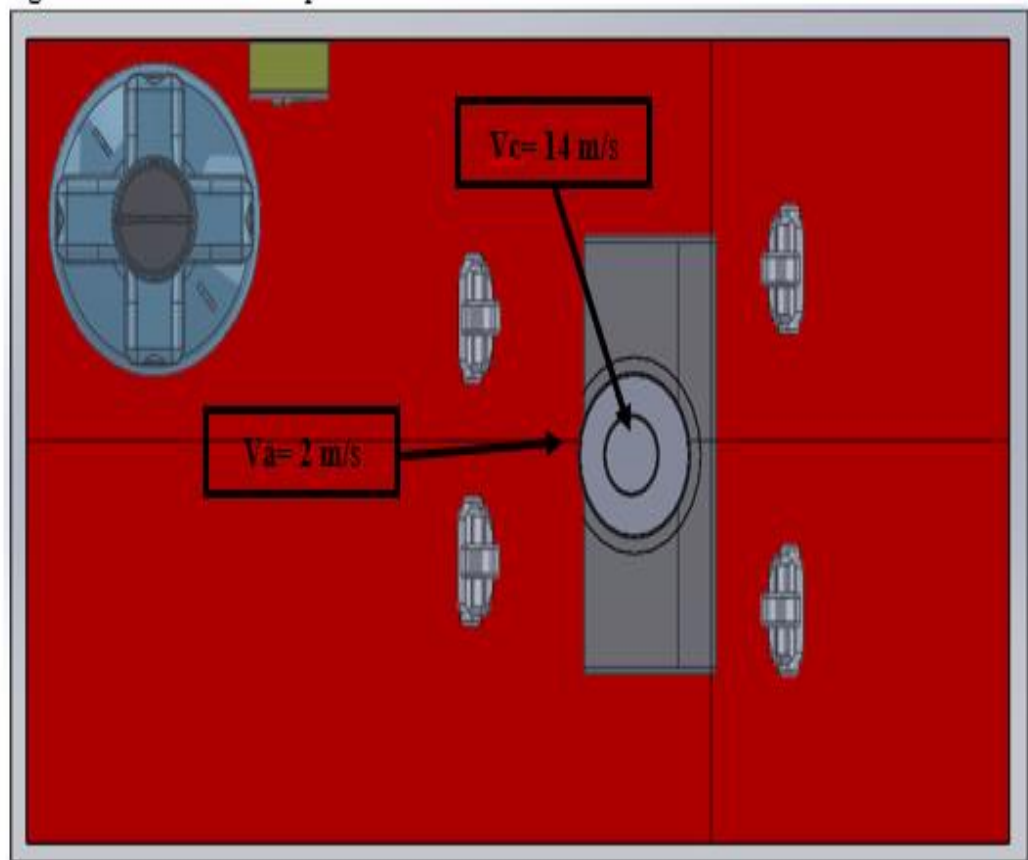


Figura 50. V_a : Velocidad de captación o de arrastre, V_c : Velocidad en el conducto o de transporte. Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006)

c. Interpretación de los resultados

En las figuras 49 y 50 se ilustra los planos de corte para la $D_{max}= 1,85$ m. De acuerdo con los valores recomendados de la Tabla 64 la velocidad de captación V_a esta fuera del rango recomendado de (0,25 a 0,5) m/s, así como también la velocidad en el conducto V_c es mayor a la recomendada de 12 m/s.

d. Altura mínima de la campana de extracción

La segunda simulación se realiza con la altura máxima de instalación de la campana recomendada por el software ($D_{min}= 1,25$ m), se ilustra en la Figura 51 y 52.

Figura 51 Plano de corte frontal XY de velocidades.

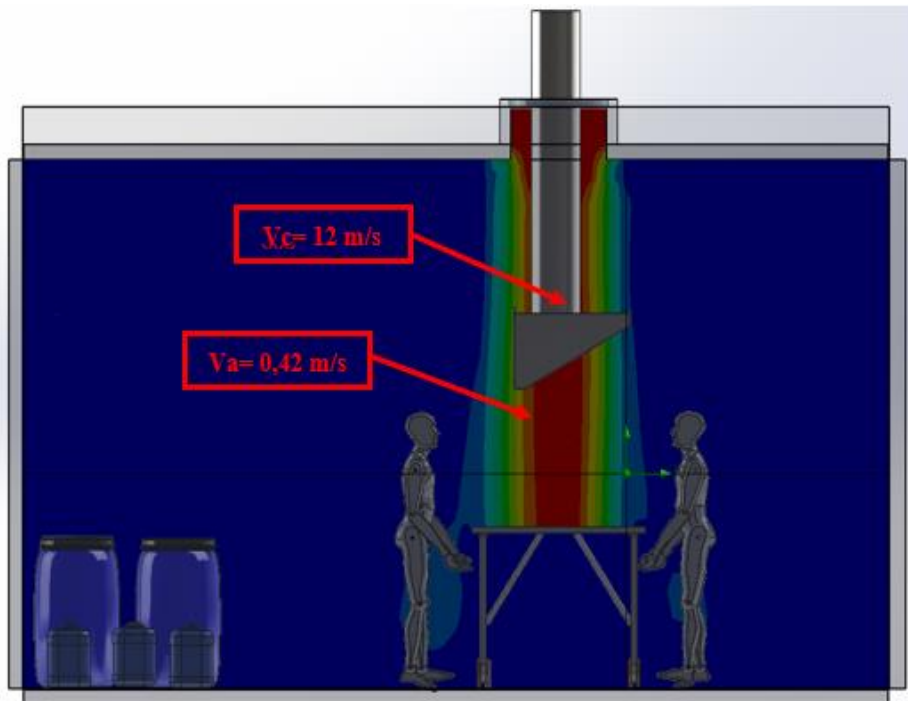


Figura 51. V_a : Velocidad de captación o de arrastre, V_c : Velocidad en el conducto o de transporte. Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006)

Figura 52 Plano de corte superior frontal XZ de velocidades.

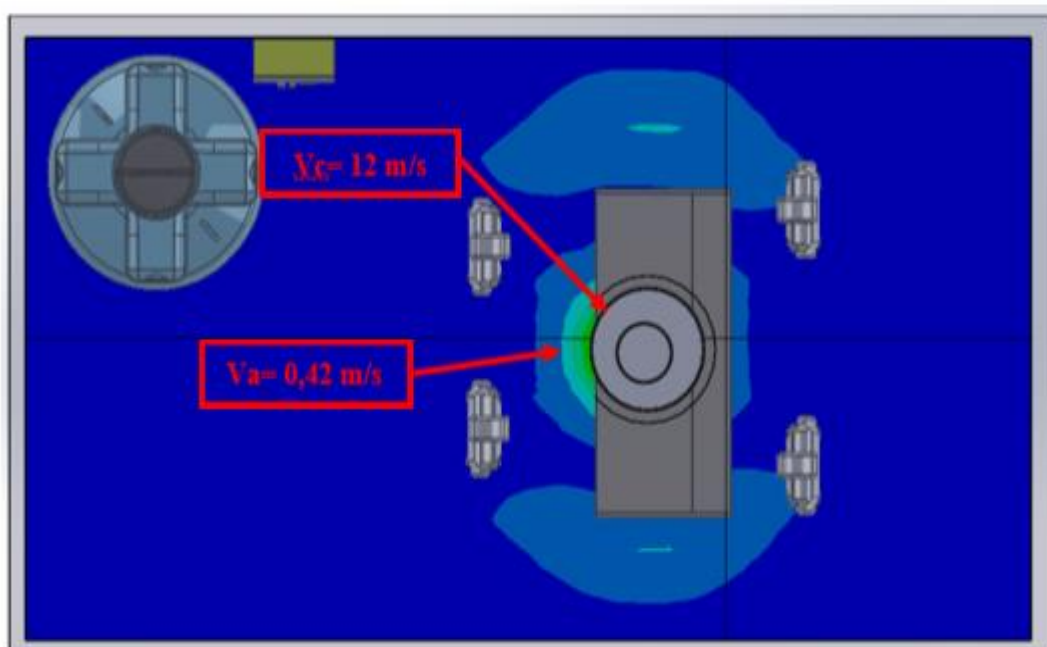


Figura 52. V_a : Velocidad de captación o de arrastre, V_c : Velocidad en el conducto o de transporte. Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006)

e. Interpretación de los resultados:

En las figuras 51 y 52 se ilustra los planos de corte para la $D_{min}= 1,25$ m. De acuerdo con los valores recomendados de la Tabla 64 la velocidad de captación V_a está dentro del rango recomendado de (0,25 a 0,5) m/s, así como también la velocidad en el conducto V_c es menor o igual a la recomendada de 12 m/s.

f. Validación de resultados

La validación de resultados se fundamenta en las recomendaciones del Manual práctico de ventilación de Salvador Escoda. En la Tabla 64 se indican los valores de las velocidades recomendadas tanto para la velocidad de captación o de arrastre (V_a) y en el conducto o de transporte (V_c), es importante que el diseño se encuentre en estos rangos con la finalidad de vencer las corrientes contrarias y recoger los gases obligándoles a entrar en las mismas (Salvador Escoda S.A. 2006). La selección de las velocidades para el arrea de mezclas se realiza de acuerdo con el tipo de trabajo de gases o vapores, las velocidades recomendadas para este caso son: $V_a= (0,25$ a $0,5)$ m/s y $V_c=12$ m/s.

Tabla 64 Valores recomendados para las velocidades para captación por campana.

Tipo de trabajo	Velocidad (m/s)	
	V_a	V_c
Gases o vapores	0,25 a 0,5	12
Gases de soldadura	0,5 a 1	15
Caldera de vapor	0,75	10
Estufa barnizada	1 a 1,25	8
Taladrado	2	22

Nota: V_a : Velocidad de captación o de arrastre, V_c : Velocidad en el conducto o de transporte. Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006)

La validación se realiza con la altura mínima de instalación ($D_{min}= 1,25$ m) ya diseñada anteriormente, se utiliza líneas de flujo con la finalidad de visualizar la distribución total en el área de trabajo y verificar la distribución uniforme de las velocidades, los resultados se ilustran en la Figura 53.

Figura 53 Validación de velocidades de extracción para $D_{min}= 1,25$ m.

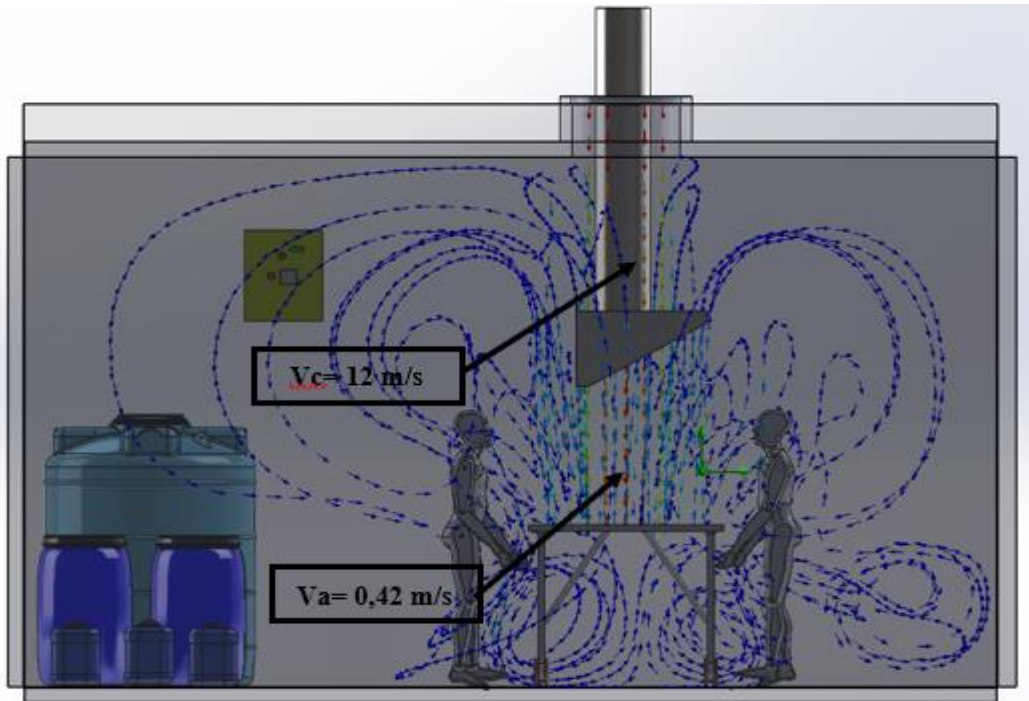


Figura 53. V_a : Velocidad de captación o de arrastre, V_c : Velocidad en el conducto o de transporte. Adaptado de (Salvador Escoda S.A. 2006).

g. Interpretación de los resultados:

De acuerdo con las líneas de flujo observadas en la figura 53 se verifica y valida las dimensiones y la altura de instalación de la campana de $D= 1,25$ m. Las velocidades de captación V_a y la velocidad en el conducto V_c están conforme a las recomendaciones para este tipo de trabajos.

6.8. Conclusiones

- Debido a las condiciones técnicas y económicas se seleccionó una campana de extracción localizada tipo elevada, es decir se captura la contaminación a medida que se producía y en el mismo lugar de origen, para impedir su difusión por todo el ambiente.
- Luego de realizar las simulaciones distancia adecuada de instalación de la campana de extracción en relación con el foco de contaminantes es de 1,25m.

- Se verifica y valida las dimensiones de la campana seleccionada, esto se confirma con las líneas de flujo de la velocidad de captación V_a está dentro del rango recomendado de (0,25 a 0,5) m/s, así como también la velocidad en el conducto V_c es menor o igual a la recomendada de 12 m/s.

6.9. Recomendaciones

- Cuando sea posible se debe simplificar la geometría para que cuando se malle no se presente ningún tipo de inconveniente con respecto a la geometría.
- Se debe tener en cuenta todas las características y propiedades de los materiales que se van a asignar a las diferentes superficies del habitáculo.
- Realizar la simulación en un computador de características computacionales adecuadas para evitar cualquier problema cuando se realice el cálculo numérico.
- Profundizar en conocimientos de simulación y mallado para mejorar y resolver la precisión y exactitud de los resultados.

6.10. Bibliografía

- 689:1996, N. U.-E. (1996). *Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición*. AENOR.
- Aguilar Franco, J., Bernaola, M., & Gálvez Virginia. (2010). *Riesgo Químico: Sistemática para la evaluación higiénica*. Madrid: Servicios de Ediciones y Publicaciones - INSHT Madrid.
- Bonilla Narvaez, G. A. (2014). "El manejo y almacenamiento de los productos químicos peligrosos y su incidencia en las condiciones de trabajo del personal de las plantas de producción y bodega del parque industrial de la empresa Plasticaucho".
- Cabrera Garcés, María Margarita; Cando Sánchez, Edelberto Rolando ;. (2010). *"Diseño De La Gestión De Seguridad Y Salud Ocupacional En Elingenio Azucarero San Carlos S.A. Según La Norma Oshas 18001 -2007"*.
- Cavassa, C. R. (2005). *Seguridad Industrial, Un enfoque Integral*. México: Limusa.
- Española, R. (s.f.). Productos Químicos en el Lugar de Trabajo. *Revista Española de Salud Pública*, 79.
- Eurofins. (2017). *Riesgos químicos*. Obtenido de Eurofins: www.eurofins.com
- Euskadi. (13 de 11 de 2013). *Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras*. Obtenido de <http://www.euskadi.eus/presentacion-seguridad-industrial/web01-a2indust/es/>
- exteriores, C. A. (2004). *Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Cartagena: Imprenta pública .
- García Álvarez, M. V. (2016). *"Riesgos Químicos y su incidencia en la Salud de los Trabajadores en el Área de Ingeniería de Calzado de la Empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A."*.
- INRS. (2005). *Metodología de evaluación simplificada del riesgo químico*.

INSHT. (2010). *Riesgo por Ingestión*. Madrid.

Isotools. (s.f.). Obtenido de <https://www.isotools.org/2015/12/22/cuales-son-los-riesgos-laborales-mas-frecuentes-en-las-empresas/>

ISTAS. (s.f.). *ISTAS*. Obtenido de <http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=2011>

López Fiallos, M. R. (2013). *Riesgos químicos por el uso de la sosa cáustica y su incidencia en el área de envasados en Industrias Licoreras Asociadas*.

Manual para la identificación y evaluación de riesgos laborales. (2006). Obtenido de <http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Manual-IPER.pdf>

N.A. Leidel, K. B. (1977). *Occupational Exposure Sampling*. U.S. Department of Health, Education and Welfare.: National Institute for Occupational Safety and Health.

Nacional, A. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Ecuador: Imprenta pública.

Nacional, C. (1971). *Código de la Salud Ecuatoriana*. Quito: Imprenta pública .

Palomino, A. E. (2012). *Seguridad Industrial, Puesta en servicio, Mantenimiento e Inspección de Equipos e Instalaciones*. España.

Prevención, Q. (17 de Marzo de 2015). *Quiron Prevención* . Obtenido de <http://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/prevencion-riesgos-laborales-prl>

Suarez Gil, D. A., & Albarracin Valderrama, A. (2008). *Problemas visuales y oculares asociados al trabajo con cromo en curtiembres de San Benito en una Empresa de Bogotá*.

Trabajo, I. N. (2003). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes*. Madrid: Servicio de Ediciones y Publicaciones.

Trabajo, O. I. (28 de Abril de 2014). *28 de abril - Día Mundial de la Seguridad y Salud en el Trabajo*. Obtenido de

https://www.ilo.org/safework/events/meetings/WCMS_235598/lang-es/index.htm

Yedra Machado, D. A. (2014). *Los Riesgos químicos producidos por compuestos orgánicos volátiles en la zona de abastecimiento de combustible del grupo aéreo N°44 Pastaza, y su efecto en la salud de los trabajadores del aeropuerto río Amazonas de Shell.*

Salvador Escoda S.A. (2006). Manual Práctico de Ventilación. Barcelona.

SALA, J. M. Interes y posibilidades de la dinámica de fluidos computacionales. [En línea] 15 de Junio de 2010. [Consulta: 10 de Mayo de 2017.] Disponible en: <http://www.casbil.com/documentacion/Technical%20Articles/INTERESCFD.pdf>.

6.11. Anexos

Anexo 1: Encuesta realizada al área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A

Ítems	Preguntas	Respuestas
1	¿Recibió inducción inicial de Seguridad Industrial?	Si No
2	¿Conoce de los riesgos a los que está expuesto?	Si No
3	¿Existe presencia de vapores, olores y/o gases a causa de las sustancias en el área?	Si No
4	¿Qué tiempo está expuesto a las sustancias químicas?	Alto Bajo
5	¿De qué tipo son los exámenes médicos preventivos que le han realizado?	Puntuales Generales
6	¿Ha sufrido dolencias o molestias al realizar sus actividades con materiales químicos?	Si No
7	¿Se ausentado de su trabajo a causa de dolencias o molestias por las actividades que realiza?	Si No
8	¿Comunica de la presencia de olores, gases, vapores por productos químicos en su puesto de trabajo?	Si No
9	¿Dispone de Equipos de protección de seguridad en el trabajo?	Si No
10	¿El área en donde ejecuta sus actividades, considera que es un lugar de trabajo seguro?	Si No

Anexo 2: Matriz inicial de identificación de riesgos

Anexo 3: Especificaciones equipo de medición de gases

Ítem	Característica
Tipo de batería	Placa de sensor
SN del SENSOR	01002892
Número de serie	1306GCT-2KU
Tipo del SENSOR	Sensor PID
Gas de Calibración:	ISOBUTILENO 10 ppm
Fabricante	IndustrialScientific
Número de serie:	130935W-001
Tipo:	MX6 iBrid
Número de pieza:	MX6-0000R213
Número de trabajo:	130935
Técnico de instalación:	SGB
Intervalo de calibración:	90 días
Intervalo de registro:	10 segundos
Opción de retroiluminación:	Temporizado
Base de tiempo TWA:	8 horas
Editar sitio en planta	Apagado
Alarma vibratoria permitida	Encendido
Vibración de buen funcionamiento permitida	Apagado
Alarma visual permitida	Encendido
Puede calibrar en campo	Encendido
Usuario activo indicado al encender	Apagado
Bip de confirmación activado	Apagado
Editar usuario en planta	Apagado
Visualización de fecha al encender	Encendido
Flash de buen funcionamiento permitido	Apagado
Pantalla reversible a 180 grados	Apagado
Editar factor de respuesta PID en planta	Encendido
Visualización de registro de datos en planta permitida	Encendido
Editar factor de correlación LIE en planta	Apagado
Puede poner a cero en campo	Encendido
Visualización del registro de eventos en planta permitida	Encendido
Sobreescritura de registro de datos activada	Encendido
Alarma audible permitida	Encendido
Nombre de la empresa mostrado en el arranque	Apagado
Modo Pantalla:	Modo gráfico

Anexo 4: Certificado de calibración medidor de gases

www.degso.com CERTIFICADO ISO 9001:2008 degso@degso.com



SHOWBEST

INDUSTRIAL SCIENTIFIC

QUITO: Mariano Pazo N73-77 (Ponciano Alto) Telefax: (503) 22804122 / 32904228
 GUAYAQUIL: Ciudadela Albatros, Mz B, Vlla 6, Telefax: (503) 42296728

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Cliente: INDUSTRIAL ALS

N° 00888

Descripción del Equipo: MULTIGAS MX6

Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC

N° DE Serie: 130935W-001

Sistema Fijo:

Sistema Portátil:

Condiciones ambientales del laboratorio: HR: 45% Temp.: 24,4 °C

CALIBRACIÓN DE ALARMAS:

Oxígeno	Tóxico 1	Lo	TWA	Tóxico 2	Lo	TWA
Lo	HI	STEL		HI	STEL	
Hi						
Combustible	Tóxico 3	Lo	100 ppm TWA 100 ppm	Tóxico 4	Lo	TWA
Lo	PID	HI	200 ppm STEL 200 ppm	HI	STEL	
Hi						

CALIBRACIÓN CON GASES: (Aprobados N.I.S.T)

SENSOR A SER CALIBRADO			RESPUESTA DEL SENSOR (SPAN)	VALOR ESTIMADO DE CALIBRACIÓN (Set Point)	CILINDRO DE CALIBRACIÓN		RESULTADO DE CALIBRACIÓN	
SENSOR	GAS USADO	SPAN GAS			Nº PARTE FABRICANTE	Nº LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
Nº SERIE								
OXIGENO								
COMBUSTIBLE								
TOXICO 1								
TOXICO 2								
TOXICO 3	ISOBUTILENO	100ppm	202,8	100	18102939	1411696	X	
01002892					ISC			
TOXICO 4								

Validez del Certificado: 6 MESES

Lugar y Fecha de Emisión: Quito, 14-02-18

Comentarios: Ninguno

Realizado por: BYRON GAMBOA

Recibido por:

INDUSTRIAL ALS

Por favor lea y entienda bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cia. Ltda.

Anexo 5: Hoja Msds Butilglicol

Anexo 6: Hoja Msds Mek