

Guía Orientativa para Evaluación Inicial del Riesgo Químico en Actividades de Cementación de Pozos Petroleros.



Jonathan Galeano
Sandra Rocío Corredor.
Abril 2016.

Escuela Colombiana de Carreras Industriales.
Especialización en Salud y Seguridad en el Trabajo.
Seminario de Investigación II

Guía Orientativa para Evaluación Inicial del Riesgo Químico en Actividades de Cementación de Pozos Petroleros.



Jonathan Galeano- COD: 24890
Sandra Rocío Corredor – COD: 46327
Abril 2016.

Docente Tutor:
Esp. Víctor Hugo Piñeros Báez

Escuela Colombiana de Carreras Industriales.
Especialización en Salud y Seguridad en el Trabajo.
Seminario de Investigación II

1. Tabla de contenido

Introducción.....	9
1. Titulo De La Investigación.....	10
2. Problema De Investigación.....	11
2.1 Descripción Del Problema.....	11
2.2 Formulación Del Problema.....	13
3. Objetivos.....	13
3.1 Objetivo General.....	13
3.2 Objetivos Específicos.....	14
4. Justificación Y Delimitación.....	14
4.1 Justificación.....	14
4.2 Delimitación.....	15
4.3 Limitaciones.....	16
5. Marcos De Referencia.....	16
5.1 Marco Teórico.....	16
5.1.1 Ingeniería de Cementaciones.....	16
5.1.2 Generalidades de Gestión del Riesgo.....	27
5.1.3 Generalidades de Evaluación del Riesgo Químico.....	33
5.1.4 Criterios para la Evaluación del Riesgo Químico.....	44
5.1.4.1 Metodologías Cualitativas Aceptadas Internacionalmente.....	44
5.2 Marco Legal.....	150
6. Marco Metodológico.....	156
6.1 Tipos de Investigación.....	156
6.2 Diseño de Investigación.....	164
6.2.1 Planteamientos preguntas de investigación.....	164
6.2.2 Fases de la labor de investigación.....	164
6.2.3 Población.....	172
7. Entrega de Resultados.....	172
7.1 Metodología Cualitativa para la Evaluación del Riesgo químico más adecuada al contexto de la actividad de Cementación de Pozos de Petróleo y Gas.....	172
7.1.1 Aplicabilidad.....	173
7.1.2 Objetividad.....	174
7.1.3 Versatilidad.....	174
7.1.4 Oferta de Controles.....	175
7.2 Estructura y Componentes de la guía metodología para la evaluación del riesgo químico.....	181
7.2.1 Establecer el contexto del proceso bajo estudio.....	181
7.2.2 Análisis de Riesgo.....	182
7.2.3 Caracterización del peligro.....	184
7.2.4 Estimación del Riesgo.....	197
7.2.5 Evaluación del Riesgo.....	200
7.2.6 Tratamiento del Riesgo.....	209
7.2.7 Aproximación a la medida de control recomendada.....	209

7.2.8 Monitoreo y Seguimiento	217iv
7.2.9 Comunicación y Consulta	218
7.3 Aplicación de la Guía de Evaluación inicial del Riesgo Químico en las actividades de Cementación de pozos.	221
7.3.1 Contextualización de la Actividad de Cementación de pozos (Análisis Ocupacional).	221
7.3.2 Resultados de la Evaluación de Riesgo bajo la metodología INRS en las actividades de cementación de pozos	236
7.3.3 Resultados del Análisis de Riesgo y alternativas de Tratamiento.	242
8. Conclusiones y Recomendaciones	257
9. Lista de referencias	265
10. Bibliografía	268

Lista de Tablas

Tabla No. 1. Principales Aditivos en Cementación y sus funciones.....	22
Tabla No. 2. Ejemplos de Aditivos comúnmente usados en Cementación.....	23
Tabla No. 3 Propiedades Físico-químicas de las sustancias.....	34
Tabla No. 4. Categorías bajo el sistema Globalmente Armonizado.....	41
Tabla No. 5 Información requerida para aplicación del Modelo Control Banding.....	46
Tabla No. 6. Componentes Modelos Control Banding.....	48
Tabla No. 7. Bandas de Exposición bajo el Modelo Control Banding.....	50
Tabla No. 8. Resumen de las Principales Metodologías Cualitativas en uso.....	53
Tabla No. 9 Categorización del peligro en función de las frases R y H – COSHH Essentials.....	62
Tabla No. 10. Pulvurencia para sustancias sólidas – COSHH Essentials.....	65
Tabla No. 11 Cantidad de sustancia utilizada. COSHH Essentials.....	66
Tabla No. 12. Determinación del nivel de Riesgo Potencial. COSHH Essentials.....	67
Tabla No. 13. Recomendaciones de Control. COSHH Essentials.....	69
Tabla No. 14 Ventajas y Desventajas COSHH Essentials.....	70
Tabla No. 15. Clases de Peligro en función de las frases R y H. Metodología INRS.....	76
Tabla No. 16 Cambios respecto a la versión original. Metodología INRS.....	79
Tabla No. 17. Clases de Cantidad en función de Cantidades por día. Metodología INRS.....	81
Tabla No.18. Clases de Frecuencia de utilización. Metodología INRS.....	82
Tabla No. 19. Variable Exposición Potencial. Metodología INRS.....	83

Tabla No. 20. Variable de Riesgo Potencial. Metodología INRS.....	84
Tabla No. 21. Puntuación para cada clase de Riesgo Potencial. Metodología INRS.....	85
Tabla No. 22. Determinación de la Clase de Pulvurencia para Sólidos. Metodología INRS.....	86
Tabla No. 23. Clase de volatilidad en función de la presión de vapor. Metodología INRS.....	87
Tabla No. 24. Puntuación atribuida a cada clase de volatilidad o purulencia. Metodología INRS.....	88
Tabla No. 25. Factores de Corrección en función del TLV. Metodología INRS.....	91
Tabla No. 26. Evaluación del Riesgo por Inhalación. Metodología INRS.....	93
Tabla No. 27. Clases de Peligro en función de las frases R y H para exposición dérmica. Metodología INRS.....	94
Tabla 28. Puntuación por clase de peligro. Metodología INRS.....	98
Tabla No. 29. Puntuación para superficies expuestas. Metodología INRS.....	98
Tabla No. 30. Determinación del puntaje en función de frecuencias de uso. Metodología INRS.....	99
Tabla No. 31. Evaluación del Riesgo Químico por exposición Dérmica. Metodología INRS.....	100
Tabla No. 32. Ventajas y Desventajas Metodología INRS.....	101
Tabla No. 33. Categoría del Peligro – Metodología ILO.....	108
Tabla No. 34. Escala de Cantidad. Metodología ILO.....	110
Tabla No. 35. Escala de Pulvurencia – Metodología ILO.....	111
Tabla No. 36. Escala de Volatilidad – Metodología ILO.....	112
Tabla No. 37. Determinación del grupo de aproximación de controles. Metodología ILO.....	114

Tabla No. 38. Tabla de Directrices de Control para Pesticidas.....	116
Tabla No. 39. Directrices de control para riesgo inhalatorio. Metodología ILO.....	116
Tabla No.40. Directrices de control para riesgo dérmico y ocular, recomendaciones para selección y uso de equipos de protección respiratoria. Metodología ILO.....	120
Tabla No. 41. Directrices de control para riesgo ambiental y peligros de seguridad de equipos. Metodología ILO.....	121
Tabla No. 42. Ventajas y Desventajas. Metodología ILO.....	122
Tabla No. 43 Grupos de peligros para sustancias que no contengan pictograma de toxicidad y alta toxicidad por vía inhalatoria y dérmica, metodología BAUA.....	128
Tabla No. 44 Grupos de peligros para sustancias que contengan pictograma de toxicidad y alta toxicidad (T, T+) por vía inhalatoria y dérmica, metodología BAUA.....	129
Tabla No. 45. Grupo de cantidad, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.....	130
Tabla No. 46. Grupo de pulvurencia, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.....	131
Tabla No. 47. Potencial de transferencia al medio, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.....	132
Tabla No. 48 Estrategia de control para inhalación, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.....	134
Tabla No. 49. Escala de exposición dérmica, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.....	135
Tabla No. 50 Escala de duración de la exposición, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.....	136
Tabla No. 51 Estrategia de control para exposición dérmica, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.....	136
Tabla No. 52. Directrices de control recomendadas por grupo de protección, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas	139

Tabla No. 53. Ventajas y Desventajas. Metodología BAUA.....	143
Tabla No. 54. Requisitos Normativos Sustancias Químicas en Colombia.....	148
Tabla No. 55 Variables de Investigación.....	155
Tabla No. 56. Definición Variables de Investigación.....	156
Tabla No. 57. Clasificación de Variables según la forma.....	156
Tabla No.58. Definición de Escalas.....	157
Tabla No. 59. Definición de las Variables de Investigación para el Proyecto.....	159
Tabla No. 60. Documentos para la Investigación.....	165
Tabla No. 61: Escala para evaluación de la Aplicabilidad.....	172
Tabla No. 62: Escala para evaluación de la Versatilidad.....	172
Tabla No. 63: Escala para evaluación de la Objetividad.....	173
Tabla No. 64: Escala para evaluación de la Oferta de Controles.....	174
Tabla No 65: Resultados Evaluación de Metodologías Investigadas.....	176
Tabla No.66. Categorización del peligro metodología INRS.....	182
Tabla No. 67. Clase de Cantidad Metodología INRS.....	186
Tabla No. 68. Clases de frecuencia de utilización. Metodología INRS.....	187
Tabla No. 69. Determinación de la clase de pulverulencia para los materiales sólidos. Metodología INRS.....	188
Tabla No. 70. Clase de volatilidad en función de la presión de vapor. Metodología INRS.....	191
Tabla No. 71. Factores de corrección en función del TLV. Metodología INRS.....	192

Tabla No. 72 Variable de Exposición Potencial. Metodología NRS.....	195
Tabla No. 73 Variable Riesgo Potencial. Metodología IRS.....	196
Tabla No. 74. Puntuación para cada clase de Riesgo Potencial.....	197
Tabla No. 75. Puntuación a cada clase de volatilidad o Pulvurencia.....	198
Tabla No. 76. Evaluación del Riesgo por inhalación.....	199
Tabla No. 77. Clase de peligro de Frases R y H.....	201
Tabla No. 78 Puntuación de la Clase de peligro por exposición dérmica.....	204
Tabla No. 79. Puntuación de Superficies Expuestas por exposición dérmica.....	204
Tabla No. 80. Determinación de Puntuación por Frecuencia de exposición.....	205
Tabla No. 81. Evaluación del Riesgo por Contacto.....	206
Tabla. No. 82. Equivalencia Categoría de Riesgo bajo INRS vs Enfoques de control Metodología ILO.....	209
Tabla No. 83. Directrices de control para riesgo inhalatorio, metodología ILO.....	210
Tabla No. 84. Directrices de Control para Pesticidas.....	213
Tabla No. 85 Directrices de control para riesgo dérmico y ocular, recomendaciones para selección y uso de equipos de protección respiratoria, metodología ILO.....	214
Tabla No. 86. Directrices de control para riesgo ambiental y peligros de seguridad de equipos, metodología ILO.....	215

Tabla No. 87. Principales Químicos Utilizados en Actividades de Cementación Primaria en pozos de los Llanos Orientales, Campos Castilla, Chichimene y Castilla Norte.....	226
Tabla No. 88. Roles Cuadrilla de Cementación.....	230
Tabla 89. Resultados de evaluación y controles propuestos.....	241

Lista de Figuras

Figura No. 1 Cementación Primaria.....	17
Figura No. 2 Esquema de las Secciones de Revestimiento.....	26
Figura No.3 Fases de la Gestión del Riesgo.....	32
Figura No. 4 Volatilidad para líquidos.....	65
Figura No. 5. Diagrama de Flujo de la metodología COSHH Essentials.....	73
Figura No. 6. Variable volatilidad en función de la relación de la temperatura de ebullición y la de trabajo. Metodología INRS.....	87
Figura No. 7. Tipos de procedimiento con su respectiva calificación. Metodología INRS.....	89
Figura No. 8. Tipo de protección colectiva con su calificación. Metodología INRS.....	90
Figura 9 a. Diagrama de flujo de la metodología simplificada INRS.....	103
Figura 9b Diagrama de flujo de la metodología simplificada INRS.....	104
Fgura 9c Diagrama de flujo de la metodología simplificada INRS.....	105

Figura No. 10. Escala de volatilidad en función de la relación entre la temperatura de ebullición y la temperatura de trabajo. Metodología ILO.....	113
Figura 11. Diagrama de Flujo metodología Chemical Control Kit (CCKT) – Oficina Internacional de Trabajo (ILO).....	125
Figura 12. Volatilidad en función de la relación de temperatura de trabajo y temperatura de ebullición, metodología BAUA.....	133
Figura 13.a Diagrama de Flujo Metodología BAUA.....	145
Figura 13.b Diagrama de Flujo Metodología BAUA. (Cont.).....	146
Figura 13.c Diagrama de Flujo Metodología BAUA. (Cont.).....	147
Figura No. 14. Variable volatilidad en función de la relación de la temperatura de ebullición y la de trabajo. Metodología INRS.....	190
Figura No. 15 Determinación de a clase de procedimiento y puntuación para cada clase. Metodología INRS.....	193
Figura No. 16 Determinación de las clases de protección colectiva y su puntuación respectiva. Metodología INRS.....	194
Figura. No. 17. Diagrama de Flujo Guía Metodológica para la evaluación inicial Cualitativa del riesgo químico.....	218
Figura No. 18 Unidad de Cementación.....	219
Figura No.17. Tanques escuadra para mezcla de sustancias.....	220
Figura No. 18 Conexiones Tuberías de alta presión entre equipos y pozo.....	221

Figura No. 19. Detalle tendido tuberías alta presión.....	221
Figura No. 20. Condiciones de la química utilizada en pozo.....	222
Figura No. 21. Condiciones de la química utilizada en pozo.....	222
Figura No. 22. Condiciones de la química utilizada en pozo. (Cont.).....	223
Figura No. 23. Condiciones de la química utilizada en pozo. (Cont.).....	223
Figura No. 24. Condiciones de la química utilizada en pozo. (Cont.).....	224
Figura No. 25. Distribución de la química en los lugares de uso.....	225
Figura No. 26. Recolección de agua para realizar las mezclas.....	227
Figura No. 27. Recolección de agua para realizar las mezclas. (Cont.).....	228
Figura No. 28. Vaciado de Sacos en tanque de mezcla.....	229
Figura No. 29. Vaciado manual de sacos de Barita para mezcla.....	229
Figura 30. Resultados Exposición Dérmica, Inhalatoria y Combinada para actividades de Cementación de pozos.....	237
Figura 31. Resultados Exposición Inhalatoria para actividades de Cementación de pozos.....	238
Figura 32. Prioridad de acción por exposición dérmica.....	240

Guía Orientativa para Evaluación Inicial del Riesgo Químico en Actividades de Cementación de Pozos Petroleros.

Introducción

En la actualidad todos los procesos industriales precisan del uso de químicos de diferente naturaleza; de acuerdo con Erlar (2009), el volumen de químicos producidos por el hombre ha crecido exponencialmente desde la revolución industrial, situación que trae como resultado, que tanto el medio ambiente como el hombre estén expuestos a nuevos químicos a un ritmo acelerado que en la mayoría de los casos no da tiempo para evaluar los diferentes riesgos que estos implican. Lo anterior establece un panorama preocupante para la salud de los trabajadores, ya que la falta de un control eficaz de los contaminantes higiénicos asociados al uso de productos químicos trae consigo un deterioro de sus condiciones de salud. Según la OIT, 2,34 millones de personas mueren cada año por accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo; de estas muertes 2,02 millones corresponden a enfermedades profesionales, La seguridad y la Salud en el Uso de Productos Químicos en el Trabajo (2013).

Las actividades de exploración y explotación de petróleo no son una excepción, en esta industria, los trabajadores están expuestos a diferentes factores de riesgo químico, físico, biológico y biomecánico. La afectación por estos factores puede variar desde un leve malestar hasta la exposición crónica que deriva en enfermedades ocupacionales; según datos de FASECOLDA, RL Datos Riesgos Laborales (2015), las estadísticas muestran que si bien la tendencia de accidentalidad en las actividades de las empresas de extracción de petróleo y gas tanto operadoras como de servicios ha disminuido, para las enfermedades laborales se muestra una tendencia ascendente. Otro aspecto de importancia y que llama la atención, es la ausencia de información específica acerca de la naturaleza de los riesgos que se materializan en accidentes y enfermedades en este sector en Colombia, lo cual impide establecer las verdaderas dimensiones del problema.

Partiendo de este marco, este estudio busca establecer una Guía para la evaluación inicial de los factores de riesgo químico presentes en las actividades de perforación, específicamente en las actividades de cementación de pozos, para una empresa de servicios petroleros. Para este fin, se desarrollará un estudio de caso descriptivo que permita explorar las condiciones actuales de exposición al riesgo químico durante las actividades de cementación, a través de la observación directa y el análisis cualitativo de datos de tal manera que se describa la realidad de los sujetos de estudio, y se evalúe el riesgo químico a través de la metodología más adecuada a la naturaleza de la exposición.

1. Título De La Investigación

Este proyecto de investigación pretende establecer una **Guía Orientativa para Evaluación Inicial del Riesgo Químico en Actividades de Cementación de Pozos**

Petroleros, en respuesta a la necesidad de este tipo de herramienta en el sector petrolero como se explicará más adelante.

2. Problema De Investigación

2.1 Descripción Del Problema

Según datos estadísticos de FASECOLDA acerca de la cantidad de enfermedades y accidentes laborales en los diferentes sectores productivos, la industria de Minas y Canteras (de la cual hace parte la industria petrolera), se encuentra en la octava posición con un total de 2.676 enfermedades laborales calificadas del 2003 al 2015 y en la novena posición respecto a la cantidad de accidentes con un total de 166.321 ocurridos en el periodo entre el año 2000 y el 2015; RL Datos Riesgos Laborales (2015). Aunque en tema de accidentalidad, esta cantidad representa el 4,8% del total de los accidentes ocurridos en este mismo periodo para sectores de Actividades Inmobiliarias y de alquiler, Industrias de manufactura y Construcción, los cuales ocupan los tres primeros lugares del ranking, la accidentalidad en el sector es un factor preocupante y que requiere atención.

La estadística específica para empresas operadoras y de servicios del sector petrolero en Colombia muestra un total de 57 casos de fatalidades asociadas a accidentes de trabajo además de una tendencia en la reducción de accidentes en el periodo comprendido entre el 2009 y el 2015, pero a su vez, muestra un incremento del número de enfermedades calificadas en este mismo periodo. De acuerdo al estudio desarrollado por Witter, Tenney, Clark & Newman (2014) en Estados Unidos, las más altas tasas de mortalidad en la industria corresponden a accidentes vehiculares y ocurren con mayor frecuencia en las empresas pequeñas y en las empresas contratistas (empresas de servicios); de igual forma

el personal principalmente afectado por las tasas de mortalidad son los empleados nuevos o que llevan menos de un año de servicio en la compañía sin importar que hayan tenido experiencia previa en el sector. Respecto a las lesiones más comunes resultantes de los accidentes, este estudio menciona el ser golpeado con/por un objeto, atrapamientos, caída a igual o diferente nivel, sobre extensiones del cuerpo, exposición a sustancias peligrosas y resbalones/tropiezos.

Respecto a las enfermedades laborales, el mismo estudio indicó que de acuerdo a un estudio de la NIOSH en asociación con compañías productoras de gas, durante las actividades de cementación, estimulación y Fracturamiento, los trabajadores están expuestos a niveles de sílice por encima de los aceptados como seguros, además de posible exposición a Benceno; aunque los estudios adicionales al respecto son escasos es de vital importancia el seguimiento de este factor de riesgo.

Específicamente en el área de cementación, según un estudio reciente desarrollado en Colombia para medir la exposición a Cemento Portland y Sílice cristalina, Roa (2013), se encontró que para los cargos de Asistente de Bodega, Asistente de Cementación, Operador de Cementación y Operador de planta de Cemento, se sobrepasa el límite seguro establecido ($0,5 \text{ mg/m}^3$); igualmente para la exposición a sílice cristalina, los cargos de Asistente de Bodega, Asistente de Cementación, Operador de Cementación, Técnico de Laboratorio, Operador de Planta de Cemento e Ingeniero de Cementación también se sobrepasan los límites seguros establecidos ($0,0125 \text{ mg/m}^3$).

2.2 Formulación Del Problema

La anterior situación plantea un problema alrededor de los riesgos químicos en la industria petrolera y específicamente en las actividades de cementación ya que se desconoce la verdadera magnitud de la exposición a riesgo químico lo cual no permite que se establezcan controles efectivos para reducir la exposición y por ende prevenir enfermedades y accidentes laborales ocasionadas por este factor de riesgo. Por tal motivo este proyecto plantea la pregunta de investigación **¿Qué estructura y contenidos debe poseer una guía metodológica para la evaluación del riesgo químico en los procesos de Cementación de pozos de petróleo y gas, abordando métodos cualitativos que permitan establecer una evaluación inicial, para una intervención inmediata y fundamente la aplicación de métodos cuantitativos (mediciones higiénicas)?**

Para dar respuesta a dicha pregunta a su vez indagaremos por ¿Qué factores implícitos influyen en la manifestación del riesgo químico? ¿Qué principios rigen la gestión del riesgo? ¿Qué metodología (s) de evaluación sería(n) la(s) más adecuada(s) para una estimación inicial del riesgo químico de acuerdo a las condiciones específicas de la operación?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

- Diseñar una Guía Orientativa para la Evaluación del Riesgo Químico en el proceso de cementación de pozos de petróleo y gas.

3.2 Objetivos Específicos

-Identificar, evaluar y seleccionar la(s) metodologías cualitativas para evaluación del riesgo químico más adecuada(s) de acuerdo al contexto de la actividad de cementación de pozos de petróleo y gas.

-Identificar la estructura y componentes de la guía metodología para la evaluación del riesgo químico.

-Demostrar la aplicabilidad de la guía orientativa para gestión del riesgo químico al proceso de cementación de pozos de petróleo y gas.

4. Justificación Y Delimitación

4.1 Justificación

El propósito de esta investigación es proveer una metodología práctica que permita identificar los factores de riesgo químico de forma cualitativa para con esta evaluación preliminar identificar necesidades de acción inmediata y posteriores estudios cuantitativos que permitan controlar de manera adecuada la exposición a las sustancias peligrosas utilizadas en la cementación de pozos petroleros y reducir las consecuencias en el trabajador. El tema abordado en este proyecto es de especial interés de los autores pues constituye un tema que hace parte del desarrollo de la gestión de la salud y seguridad en el trabajo de las organizaciones y de acuerdo a su experiencia y a lo expuesto en la introducción es necesario fortalecer el conocimiento y habilidades para el control de este tipo de riesgo.

Se espera que con la creación y aplicación de esta guía se generen beneficios en diferentes actores relacionados con la salud y seguridad en el trabajo. En primer lugar los trabajadores, al elevar la calidad de vida en la ejecución de sus labores, como consecuencia de la mejora de las condiciones higiénicas de su ambiente de trabajo en las cuales hay un contacto directo con diferentes sustancias químicas; de igual manera se verán beneficiados los empleadores ya que al proteger la salud de los empleados, se mejora la productividad de sus empresas, por la disminución de las tasas de ausentismo e incapacidades que generan costos ocultos para la organización; por último, los encargados de liderar el tema de salud y seguridad en las organizaciones contarán con una herramienta práctica y sencilla que les permita tomar acciones tempranas y adecuadas logrando instaurar programas de riesgo químicos efectivos.

Por último, cabe mencionar que esta guía no se constituye como una metodología exhaustiva para la evaluación y el control del riesgo químico, en cambio será la primera aproximación en la toma de decisiones hacia las posibles medidas correctivas para lograr la prevención de enfermedades laborales resultado del inadecuado manejo de sustancias químicas. La aplicación de la metodología contenida en esta guía tendrá que ser complementada con mayores estudios (métodos cuantitativos) que permitan un control total del riesgo.

4.2 Delimitación

Las actividades operativas de cementación de pozos a las cuales se aplicará la metodología establecida en la Guía para su validación, se desarrollan en los pozos Castilla y Chichime en los llanos orientales, específicamente en los campos Castilla, Chichime

y Castilla Norte, en los alrededores de Villavicencio. Es válido mencionar que, dada la crisis petrolera en este momento, este tipo de actividades se encuentran detenidas, pero durante los últimos tres años se venían desarrollando en forma regular y este es el contexto que se evaluará en este proyecto.

4.3 Limitaciones

En cuanto al alcance del proyecto, se presentan varias limitantes relacionadas con la disponibilidad de la información y la dificultad de acceso para realizar la caracterización en campo de las condiciones de manejo de sustancias químicas de las actividades de cementación de pozos de petróleo y gas. Otro aspecto relacionado con la disponibilidad de la información, hace referencia a las estadísticas en temática de accidentalidad e incidencia de enfermedad laborales, ya que para lograr su acceso se requiere tramitología (autorizaciones, cartas, solicitudes) esta información previa es vital por que ayuda a establecer el contexto y plantear claramente el problema partiendo de una situación real.

Otra importante limitante que puede afectar el alcance del proyecto es el reducido tiempo que se tiene para poder hacer una investigación exhaustiva, ya que solo se cuenta con 1 mes y medio para desarrollar todo el proceso de investigación, sumado a las demás actividades académicas que implican bastante exigencia y los aspectos laborales que se deben ejecutar paralelamente a la investigación.

5. Marcos De Referencia

5.1 Marco Teórico

5.1.1 Ingeniería de Cementaciones.

De acuerdo a lo establecido en el Manual de Cementación de Schlumberger (2000), las operaciones de cementación se clasifican de acuerdo con los objetivos que se persiguen en:

- Cementación primaria
- Cementación forzada
- Taponos de cemento

La cementación primaria consiste en colocar cemento en el espacio anular, entre la tubería de revestimiento y la formación expuesta del agujero, asegurando un sello completo y permanente (ver figura 1). Se efectúa con fines específicos como:

1. Proporcionar aislamiento entre las zonas del pozo que contienen gas, aceite y agua.
2. Soportar el peso de la propia tubería de revestimiento.
3. Reducir el proceso corrosivo de la tubería de revestimiento con los fluidos del pozo y con los fluidos inyectados de estimulación.

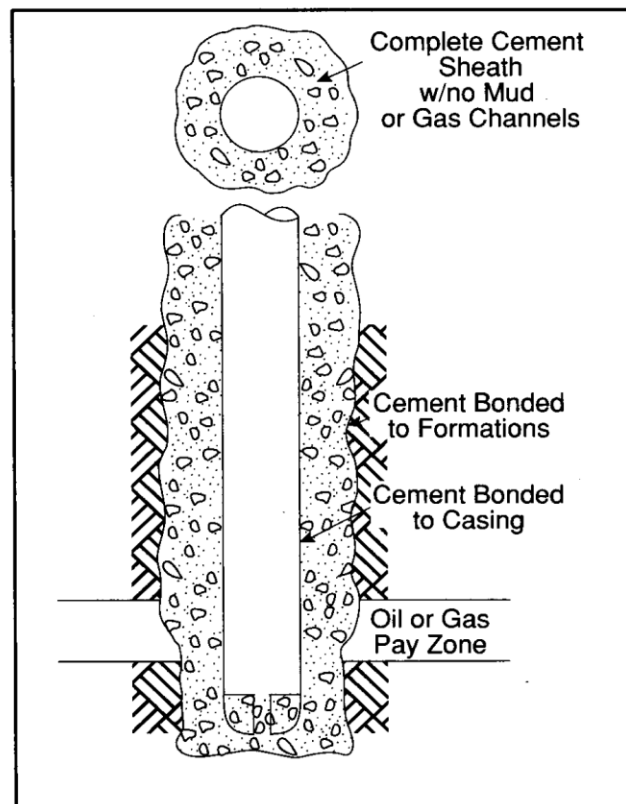


Figura No. 1 Cementación Primaria

Fuente: Manual de Cementación de Schlumberger (2000).

Por su parte la cementación forzada se define como el proceso que consiste en inyectar cemento a presión a través de disparos o ranuras en la tubería de revestimiento al espacio anular. Ésta es una medida correctiva a una cementación primaria defectuosa Manual de Cementación Schlumberger (2000). Las cementaciones forzadas se realizan con el objeto de:

1. Mejorar el sello hidráulico entre dos zonas que manejan fluidos.
2. Corregir la cementación primaria en la boca de una tubería corta, o en la zapata de una tubería cementada, que manifieste ausencia de cemento en la prueba de goteo.

3. Eliminar la intrusión de agua al intervalo productor.
4. Reducir la relación gas-aceite.
5. Sellar un intervalo explotado.
6. Sellar parcialmente un intervalo que se seleccionó incorrectamente.
7. Corregir una canalización en la cementación primaria.
8. Corregir una anomalía en la tubería de revestimiento.

Los tapones comprenden un cierto volumen de lechada de cemento, colocado en el agujero o en el interior de la tubería de revestimiento. Manual de Cementación Schlumberger (2000). Entre los objetivos de los tapones de cemento se cuentan:

1. Desviar la trayectoria del pozo arriba de un pescadillo o para iniciar la perforación direccional.
2. Taponar una zona del pozo o taponar el pozo.
3. Resolver un problema de pérdida de circulación en la etapa de perforación.
4. Proporcionar un amarre en la prueba del pozo.

5.1.1.1 Materiales usados en Cementación.

5.1.1.1.1 Cemento Portland.

El cemento es una mezcla compleja de caliza (u otros materiales con alto contenido de carbonato de calcio), sílice, hierro y arcilla, molidos y calcinados, que al entrar en contacto con el agua forma un cuerpo sólido. Esta mezcla de ingredientes se muele, se

calcina en hornos horizontales con corriente de aire y se convierte en Clinker, el cual contiene todos los componentes del cemento, excepto el sulfato de calcio, que se le agrega como ingrediente final. Manual de Cementación Schlumberger (2000).

Los componentes que forman el cemento son óxidos superiores de oxidación lenta. Esto significa que terminan su grado de oxidación al estar en contacto con el aire al enfriarse.

De todos los cementos, el Portland es el más importante en cuanto a términos de calidad. Es el material idóneo para las operaciones de cementación de pozos.

El cemento Portland es, además, el ejemplo típico de un cemento hidráulico: fragua y desarrolla resistencias a la compresión como resultado de la hidratación, la cual involucra reacciones químicas entre el agua y los componentes presentes en el cemento.

El fraguado y endurecimiento no solamente ocurre si la mezcla de cemento y agua se deja estática al aire, también se presenta si la mezcla se coloca en agua. El desarrollo de resistencia es predecible, uniforme y relativamente rápido. Manual de Cementación Schlumberger (2000).

El cemento fraguado tiene baja permeabilidad y es insoluble en agua, de tal forma que expuesto a ésta no se destruyen sus propiedades.

Tales atributos son esenciales para que un cemento obtenga y mantenga el aislamiento entre las zonas del subsuelo.

El American Petroleum Institute ha establecido 9 clases de cementos especiales (de la Clase A hasta la Clase J), los más usados en las operaciones de cementación de pozos, son los denominados Cementos Clase G y H, comúnmente conocidos como cementos petroleros; los minerales que comúnmente los componen son el silicato tricálcico y dicalcico, complementados con Aluminoferrita tetracalcica y una baja cantidad de aluminato tricalcico. Palou, Soukal, Bohac, Siler, Ifka y Zivica (2014).

5.1.1.1.2 Principales compuestos del cemento y sus funciones.

1. Silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) habitualmente conocido como C_3S .

Es el componente más abundante en la mayoría de los cementos y, además, el factor principal para producir la consistencia temprana o inmediata (1 a 28 días). Generalmente, los cementos de alta consistencia in- mediata contienen en mayor concentración este compuesto; más que el Portland común y los retardados.

2. Silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) habitualmente conocido como C_2S .

Compuesto de hidratación lenta que proporciona la ganancia gradual de resistencia.

Ocurre en un periodo largo: después de 28 días.

3. Aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) habitualmente conocido como C_3A .

Tiene influencia en el tiempo de espesamiento de la lechada. Es responsable de la susceptibilidad al ataque químico de los sulfatos sobre los cementos. Esta susceptibilidad se clasifica en moderada y alta resistencia al ataque químico, cuando contienen este compuesto en 8 y 3% respectivamente.

4. Alúmino ferrito tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) habitualmente conocido como C4AF. Este compuesto es de bajo calor de hidratación y no influye en el fraguado inicial.

Según Palou, Soukal, Bohac, Siler, Ifka y Zivica (2014) los valores de resistencia a la compresión del cemento clase G son fuertemente influenciados por la temperatura y para mejorarlos se incrementa la relación escoria de alto horno/sílice, por lo cual es de esperar que el contenido de sílice en estos cementos es mayor al de otros tipos.

5.1.1.2 Categorías de los aditivos y sus funciones.

El adecuado diseño de una lechada de cemento es función de varios parámetros entre ellos la geometría de la cara del pozo, la tubería de revestimiento, la integridad de la formación, las características del lodo de perforación, la presencia de espaciadores y lavadores y las condiciones de mezcla. El desempeño de la lechada depende en gran medida del tipo y la dosis de los aditivos químicos usados. Rahuma, Salem, Alkhem, Nuri (2015). Esta es la razón por la cual estas sustancias químicas son imprescindibles en las actividades de cementación si se quieren conseguir excelentes resultados.

Los principales tipos de aditivos se resumen en la tabla No. 1 Principales Aditivos en Cementación y sus funciones. Manual de Cementación Schlumberger (2000).

Tabla No. 1. Principales Aditivos en Cementación y sus funciones

Tipo de Aditivo	Característica
Aceleradores	Productos químicos que reducen el tiempo de fraguado de los sistemas de cemento. Incrementan la velocidad de

	desarrollo de resistencia compresiva.
Retardadores	Productos químicos que prolongan el tiempo de fraguado de los sistemas de cemento.
Extendedores	Materiales que bajan la densidad de los sistemas de cemento y/o reducen a cantidad de cemento por unidad de volumen
Densificantes	Materiales que incrementan la densidad de los sistemas de cemento
Dispersantes	Productos químicos que reducen la viscosidad de las lechadas de cemento.
Controladores de Filtrado	Materiales que controlan la pérdida de la fase acuosa de los sistemas de cemento, frente a zonas permeables.
Controlador de pérdida de circulación	Materiales que controlan la pérdida de cemento hacia zonas débiles de la formación o fracturas.
Aditivos especiales	Es la miscelánea de aditivos complementarios para la cementación, tales como antiespumantes, controladores de la regresión de la resistencia compresiva, etcétera.

Ejemplos de los aditivos comúnmente usados de cada tipo se describen en la Tabla No. 2.

Tabla No. 2. Ejemplos de Aditivos comúnmente usados en Cementación.

Clase de Aditivo	Ejemplo
Aceleradores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cloruro de calcio (CaCl_2) ➤ Cloruro de sodio (NaCl) ➤ Sulfato de calcio (CaSO_4)
Retardadores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lignosulfonatos de Sodio y calcio (polímeros de pulpa de madera) ➤ Ácidos hidroxilcarboxílicos ➤ Compuestos sacáridos ➤ Derivados de Celulosa ➤ Organofosforados
Densificantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Barita ➤ Limadura de hierro
Reductores de	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bentonita
Densidad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Puzolana ➤ Metasilicato de sodio anhidro
Dispersantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sulfonato de polinaftalina (PNS o NSFC)

Controladores de	➤ Materiales pulverizados
Filtrado	➤ Polímeros solubles en agua
Extendedores	➤ Cloruro de Sodio
	➤ Cloruro de potasio
	➤ Sulfato de Calcio Anhidro
Aditivos especiales	➤ Antiespumantes

5.1.1.3 Cantidades de Cemento y Aditivos Utilizadas en Cementación.

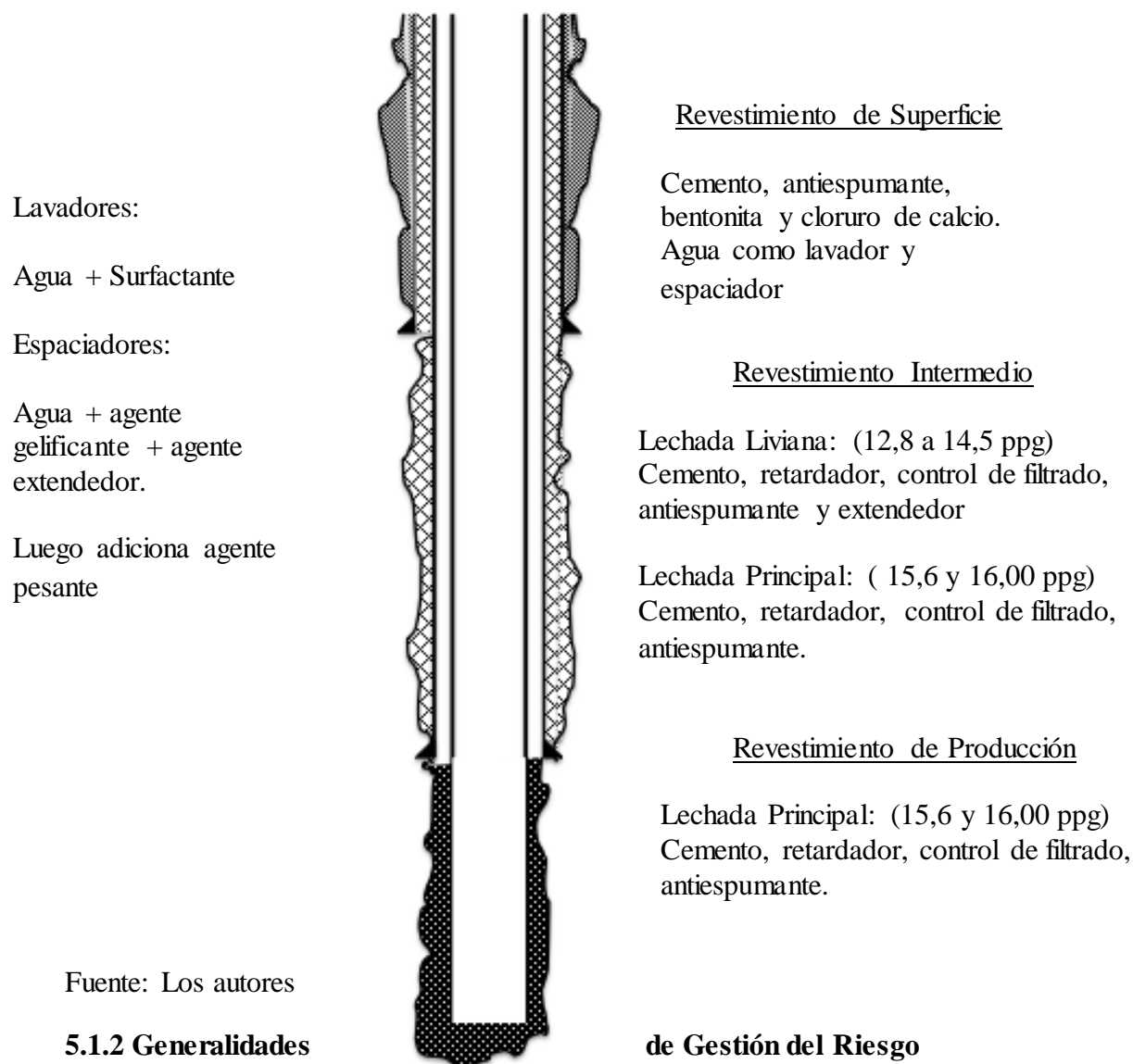
Las cantidades de cemento y aditivos utilizados dependen del diámetro del hueco, el tipo de revestimiento y la profundidad del pozo que se requiere cementar. Existen tres tipos de revestimientos a cementar durante la perforación de un pozo, el primero es el revestimiento de superficie que corresponde a la primera sección perforada, el cual por ser somero no requiere aditivos complejos ni grandes cantidades de cemento dado que las condiciones de presión y temperatura no tienen mucho impacto sobre la lechada de cemento; suele estar compuesto de cemento, antiespumante, cloruro de calcio y agua como lavador y espaciador.

La segunda sección a cementar es el revestimiento intermedio, el cual tiene mayor profundidad y es más complejo, ya que hay mayor influencia de la presión y la temperatura. Generalmente se utilizan dos tipos de lechada para cementar este tramo, una lechada liviana con densidad alrededor de 12,8 a 14,5 ppg de densidad y una lechada principal con densidad entre 15,6 y 16,0 ppg. La lechada liviana se compone de cemento,

retardador, control de filtrado, antiespumante y entendedor, la lechada principal se prepara con los mismos componentes, pero en diferentes proporciones.

La última sección a cementar es el revestimiento de producción una vez se ha alcanzado la profundidad objetivo a la cual se proyectó el pozo. Esta cementación es mucho más compleja debido a la profundidad y las condiciones de temperatura y presión del fondo del hueco, además que debe asegurar el aislamiento de la zona de producción y la estabilidad del fondo del hueco sin dañar la formación productora. Esta cementación se realiza con una lechada principal con densidad de 15,8 a 16,0 ppg con cemento, retardadores, controladores de filtrado y antiespumantes con condiciones especiales que permitan mantener las propiedades reológicas de los fluidos en el fondo. Además de la lechada de cemento se utilizan fluidos adicionales y espaciadores mezclados y bombeados en estricto orden para lograr el éxito de las actividades de cementación. El revestimiento de producción puede alcanzar diferentes intervalos de profundidad dependiendo de las condiciones geológicas del yacimiento que se quiere alcanzar. En la figura 2, se puede apreciar un esquema de las secciones a cementar en un pozo de petróleo o gas.

Figura No. 2 Esquema de las Secciones de Revestimiento.



5.1.2 Generalidades

Bajo el marco de la

de Gestión del Riesgo

norma NTC-ISO 31000: 2011, la gestión

del riesgo es un componente de la gestión global de una organización que debe ser

transversal a todos los procesos si se quiere mantener una posición ventajosa en los

entornos altamente competitivos que rodean las organizaciones. Según lo establecido por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC, 2011) en la NTC ISO 31000:2011, la gestión del riesgo descansa en 11 principios, los cuales en términos de la gestión de la Salud y la Seguridad en el trabajo (SG-SST) se describen a continuación:

- **Crea y Protege valor**, bajo la óptica de la SST se traduce en el alcance de objetivos encaminados a lograr la protección y promoción de la salud y seguridad de los trabajadores de forma eficiente.
- **Esta incorporada en todos los procesos**, no solo en proceso de SST sino todos los que conforman la cadena de valor de la organización
- **Es parte del proceso de toma de decisiones**, en el SG-SST el punto de partida para la gestión eficaz de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo es el proceso de Identificación de Peligros y evaluación de riesgos que hace parte de las actividades de planeación del sistema y permite la priorización y toma de decisiones de los controles para los diferentes riesgos identificados como prioritarios.
- **Ser usada para tratar con la incertidumbre**, permite disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones en materia de SST.
- **Ser estructurada, sistemática y oportuna**, las diferentes metodologías para la gestión del riesgo químico que se estudiarán más adelante dan lugar a procesos metódicos y ordenados con resultados claramente definidos y confiables si se siguen estrictamente.
- **Basado en la mejor información disponible**, este es un punto a asegurar para

- obtener los mejores resultados, ya que entre mayor sea la calidad de la información de entrada, mayor será el éxito en la gestión de los riesgos en SST, por esto es de vital importancia darle bastante relevancia a la contextualización de las actividades laborales que se van a evaluar.
- **Adaptarse a su entorno**, lo cual implica que está hecha a la medida de las necesidades específicas de lo que se desea evaluar.
 - **Considerar factores humanos y culturales**, los cuales desde el punto de vista de la gestión de la SST pueden dificultar el logro de los objetivos del SG-SST.
 - **Ser transparente, inclusiva y relevante**, en la gestión del riesgo bajo la óptica de la SST la participación de los trabajadores en estos procesos es de vital importancia para evitar el sesgo y dar validez a los resultados.
 - **Dinámica, sensible al cambio e iterativa**, los procesos de gestión del riesgo en SST son ejecutados a intervalos planificados, así como cuando ocurren cambios dentro de los procesos.
 - **Facilitar la mejora continua dentro de la organización**, la adecuada gestión del riesgo en SST le proporciona a una organización un enfoque preventivo que trae como resultado la mejora continua de sus procesos en términos de SST.

En términos generales la gestión del riesgo provee un marco de trabajo para lograr la adecuada gestión de los riesgos de cualquier tipo, permitiendo priorizar los controles, lograr la asignación eficiente de recursos para desarrollar estas actividades de control y por ende el cumplimiento de los objetivos al prevenir la materialización de los riesgos. Las etapas para la gestión del riesgo que permiten lograr estos resultados comprenden,

ICONTEC (2011):

1. Actividades de contextualización

Esta etapa permite definir los factores internos y externos que generan posibles situaciones de riesgo. Este análisis se realiza a partir del conocimiento de situaciones del entorno de la entidad, de sus procesos y sus servicios y el análisis de su situación actual. La contextualización también implica definir los criterios del riesgo, que son los que se van a utilizar para definir la importancia del mismo (ICONTEC, 2011).

2. Valoración del Riesgo

De acuerdo a lo establecido por ICONTEC (2011) la **valoración del riesgo** es el proceso total de **identificación del riesgo**, el **análisis** y la **evaluación del mismo**. El primer paso para una correcta identificación del riesgo está en una buena contextualización de la actividad objeto de estudio, ya que de ella salen las fuentes del riesgo, los eventos y sus causas y consecuencias potenciales, este proceso debe ser exhaustivo, ya que el riesgo que no se identifique en esta etapa, no será analizado en etapas posteriores y mucho menos controlado. La **fase de análisis de riesgo** implica la determinación de las consecuencias y su probabilidad, así como otros atributos del riesgo y provee la entrada para la **evaluación del riesgo**.

3. Evaluación del Riesgo

ICONTEC (2011) refiere la evaluación del riesgo como la comparación entre el nivel de riesgo resultado del análisis y los criterios de riesgo establecidos en la

fase de contextualización. Esta comparación trae como resultado la necesidad de intervención y facilita la toma de decisiones o en otros casos puede conducir a la conclusión de la necesidad de un análisis adicional.

4. Tratamiento del Riesgo

Implica la identificación y selección de opciones para impedir la materialización del riesgo y su implementación, además del seguimiento a su eficacia.

(ICONTEC, 2011).

5. Monitoreo y Revisión

La revisión de los procesos instaurados para la gestión del riesgo, así como los resultados obtenidos de su aplicación y la implementación de los planes de control identificados se debe realizar de forma permanente y estar planificada dentro de las actividades propias del sistema de la SST, con el fin de asegurar su vigencia y adecuación y pertinencia. Es muy importante notar que estas actividades de revisión cobran vital importancia cuando se materializan los riesgos en accidentes e incidentes, así como cuando el control ha sido eficaz (casos exitosos) ya que estos eventos permiten acumular el conocimiento y las lecciones aprendidas que fortalecen el proceso de gestión del riesgo. (ICONTEC, 2011).

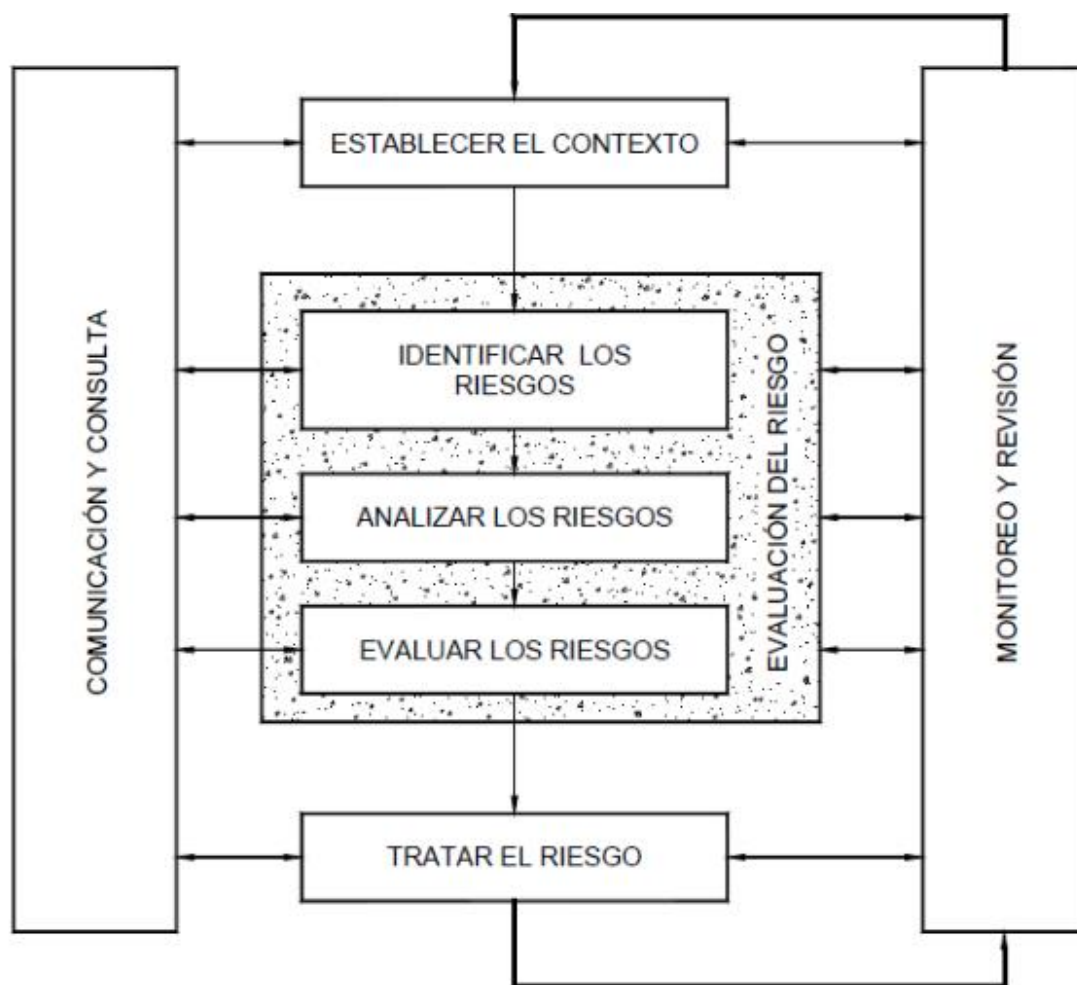
6. Comunicación y Consulta

Esta es una fase que debe tener lugar durante todo el proceso de gestión del riesgo, es muy importante asegurar la participación de todas las partes interesadas para darle validez a los resultados obtenidos. En el caso de la SST es crucial la participación de los trabajadores que están expuestos a los riesgos ya que sin su

participación se puede dar lugar a sesgo en la gestión de los riesgos lo cual no nos llevaría a conseguir los resultados esperados. (ICONTEC, 2011).

En la Figura No. 3 se puede ver la representación gráfica del proceso de Gestión del riesgo de acuerdo a lo establecido en la norma en la NTC ISO 31000:2011, Gestión del Riesgo. Principios y Directrices.

Figura No.3 Fases de la Gestión del Riesgo



Fuente: NTC ISO 31000:2011, Gestión del Riesgo. Principios y Directrices

5.1.3 Generalidades de Evaluación del Riesgo Químico

La capacidad de daño de un agente químico está en función de diferentes variables como: las propiedades del factor de riesgo, la concentración del factor de riesgo, el tiempo de exposición y la susceptibilidad de cada individuo, todos estos factores influyen en la dosis del contaminante en el organismo, la cual se ve particularmente afectada por la concentración del factor de riesgo en el ambiente, el tiempo de exposición (este a su

vez depende de las etapas del proceso y las condiciones de operación) y la velocidad de respuesta metabólica del organismo.

De acuerdo a lo establecido por Erler (2009), la exposición a un químico puede resultar del contacto directo con el mismo, de un químico presente en los alrededores o cuando el químico es transportado. La exposición a un químico puede involucrar sustancias líquidas, sólidas, gases y vapores; en el ambiente los gases pueden presentarse como aerosoles de naturaleza sólida como los polvos y humos y de naturaleza líquida como las neblinas y nieblas, esta gran variedad de formas dificulta la cuantificación de la exposición.

La exposición a agentes químicos se define como la concentración de una sustancia en el ambiente resultante de un uso particular sobre un periodo de tiempo, Erler (2009). Por otra parte, el peligro es la forma en la cual un químico, objeto o situación puede causar daño; el grado de la capacidad de un químico para causar daño depende de sus características intrínsecas como por ejemplo su capacidad de explotar, corroer o quemar (Whittaker y Heine 2013).

Para poder controlar la exposición a agentes químicos y sus posibles consecuencias en términos de daño es necesario evaluar los riesgos que supone el uso de los mismos, una de las dimensiones de este análisis, implica la evaluación de los peligros, la cual según Whittaker y Heine (2013), es un proceso sistemático para evaluar y clasificar los peligros a través de un amplio espectro de puntos finales y niveles de severidad que implica la caracterización de la naturaleza y fuerza de la evidencia de causación.

5.1.3.1 Identificación del peligro.

De acuerdo a lo establecido por Erler (2009), la evaluación de peligros usualmente comprende dos procesos interrelacionados que son la identificación del peligro y la caracterización del peligro. Según Mannan (2012), para la identificación del peligro se debe tener la comprensión e información de todos los químicos involucrados en el proceso, por ejemplo, materias primas, productos intermedios y productos finales; esta información incluye sus propiedades físicas y químicas, la cual se encuentra generalmente en las hojas de seguridad. Las principales propiedades físico-químicas de las sustancias se encuentran relacionadas en la tabla No. 3

Algunas de estas propiedades se describen en mayor detalle más adelante.

Tabla No. 3 Propiedades Físico-químicas de las sustancias

Propiedades Generales	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura molecular, Punto de Congelación, Presión de vapor, Punto de ebullición. • Presión, temperatura y volumen críticos. • Densidad de vapor, Calor específico, Viscosidad, Conductividad térmica • Densidad del líquido, Calor específico, Viscosidad, Conductividad térmica. • Calor latente de vaporización y de fusión • Constante dieléctrica, Conductividad eléctrica
------------------------------	---

Inflamabilidad	<ul style="list-style-type: none">• Límites de Inflamabilidad• Flash point• Temperatura de auto ignición• Energía Mínima de Ignición• Brecha de seguridad experimental máxima• Auto calentamiento
Corrosión	<ul style="list-style-type: none">• Corrosividad a materiales de construcción• Incompatibilidad con materiales particulares
Polimerización	<ul style="list-style-type: none">• Características de Polimerización
Descomposición	<ul style="list-style-type: none">• Características de descomposición e Hidrólisis.
Impurezas	<ul style="list-style-type: none">• Impurezas en materia prima o en material de planta• Solubilidad mutua con agua
Reacción, explosión	<ul style="list-style-type: none">• Calores de formación, combustión y descomposición• Energía potencial peligrosa• Estabilidad térmica• Sensibilidad al impacto
Toxicidad	<ul style="list-style-type: none">• Valores límites permisibles, Límites de exposición de emergencia (estándares higiénicos).• Concentración Letal (LC₅₀), Dosis Letal (LD₅₀)

- Efectos de la exposición (inhalación, ingestión, piel y contacto con los ojos)
- Efectos de exposición a largo plazo
- Niveles de advertencia

Radiactividad

- Reconocimiento de Radiación
- Exposición a partículas alfa, beta y gamma.

Fuente: Less´ Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control. Vol. 1.

5.1.3.1.1 Descripción de las propiedades Físico-químicas más importantes.

- Límites de Inflamabilidad

Los gases inflamables y los líquidos volátiles son peligrosos debido a la facilidad con la cual producen mezclas con aire dentro de un rango inflamable. Son influenciados por la temperatura y la presión, de tal manera que cuando la temperatura sube, se expande el rango inflamable y entre este sea más amplio es mayor el riesgo de incendio. Toda sustancia tiene una concentración mínima de gas o vapor bajo la cual no ocurrirá la propagación de llama y una concentración sobre la cual la mezcla es demasiado rica para encenderse. También es importante considerar que un incremento en el área de la superficie de cualquier líquido facilita su vaporización. Carson, Clive. (2002).

- Presión de Vapor

Provee información de que tan fácil una sustancia se volatiliza para producir vapores inflamables. Entre más alta sea la presión de vapor más alto es el riesgo. La presión de vapor de un químico aumenta con la temperatura. Carson, Clive. (2002).

- Flash Point

Representa la mínima temperatura a la cual una mezcla inflamable existe sobre la superficie del líquido. Por definición es aplicable a los gases. Entre más bajo sea el flash point mayor es el potencial de incendio. Materiales con flash point por debajo de la temperatura ambiente son altamente inflamables y pueden encenderse a Temperatura ambiente en contacto con fuentes de ignición. Las sustancias pueden arder bajo su flash point si:

- Están en forma de niebla o espuma
- Cubren una gran área de superficie
- Contienen pequeñas cantidades de un líquido inflamable más volátil.

Adicionalmente el Flash point se reduce con un aumento de la presión y los materiales con alto Flash point tales como aceites pesados y resinas pueden producir vapores inflamables debido a degradación térmica o calentamiento. Carson, Clive. (2002).

- Densidad de vapor

La densidad de un gas a presión constante es proporcional a su masa molecular relativa e inversamente proporcional a la temperatura. La mayoría de los gases y

vapores tienen una masa molecular relativa mayor que el aire (excepto hidrogeno, metano y amoniaco), por lo tanto, los vapores tienden a acumularse en niveles bajos. A mayor densidad de vapor esta tendencia es más fuerte. Carson, Clive. (2002).

- Temperatura de Autoignición:

La mínima temperatura requerida para iniciar o causar una combustión autosostenida del material en ausencia de cualquier fuente externa de energía (los valores pueden cambiar con la geometría, la concentración gas vapor y la presencia de catalizadores). Cualquier fuente con potencial de autoignición debe estar a una temperatura mayor a su temperatura de autoignición. Carson, Clive. (2002).

- Corrosivo:

Sustancia que químicamente ataca un material con el cual tiene contacto. Pueden atacar tejido vivo, mata las células y predispone a invasiones secundarias de bacterias. Los efectos de la corrosión son irreversibles por que destruye las células en el punto de contacto. Los efectos de la corrosión son influenciados por la naturaleza del componente, la concentración, la duración de la exposición, el PH y la susceptibilidad individual. Carson, Clive. (2002).

- Dosis Letal 50 (LD₅₀):

Es la dosis de una sustancia derivada estadísticamente que se puede esperar cause la muerte en el 50% de la muestra de la población. Este es más apropiado como indicador de toxicidad aguda. Se expresa en mg/Kg. Carson, Clive. (2002)

La LD₅₀ aporta información para identificar síntomas de la intoxicación y lesiones orgánicas macro y microscópicas, pero no aporta información sobre los efectos acumulativos de la sustancia. Vallejo (2007).

- Concentración Letal 50 (LC₅₀):

Es la concentración letal de químico que causará la muerte al 50% de la muestra de la población. Este es más apropiado como un indicador de la toxicidad aguda de los químicos en aire respirado. Se expresa en mg/L y es utilizado para gases, vapores y nieblas. Vallejo (2007).

- Estándares Higiénicos:

Según Carson, Clive. (2002), son indicadores del riesgo para el hombre causado por la inhalación de químicos tóxicos o molestos en el sitio de trabajo. Uno de los más conocidos es el TLV emitido por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), también están los PEL (Permissible Exposure Limit) emitidos por la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), los REL (Recommended Exposure Limited) emitidos por NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health), a continuación, la definición de TLV:

Threshold Limit Values (TLV):

Representan las concentraciones en el aire de sustancias a la cual se cree que los trabajadores pueden ser expuestos repetidamente por inhalación día tras día sin efectos adversos para la salud.

Tienen diferentes denominaciones de pendiendo del organismo los emita

- **Tamaño de Partícula:**

Las partículas suspendidas en el aire pueden comprender líquidos (aerosoles, neblinas y nieblas) y sólidos (polvos y humos), las cuales dependiendo de su tamaño facilitan la entrada en el cuerpo. El comportamiento de una partícula suspendida en el aire depende de su tamaño, forma y densidad. La velocidad de sedimentación de una partícula es directamente proporcional a su tamaño. El tamaño crítico de las partículas de polvo (y aerosol) es de 0,5 a 7 μm debido a que estas pueden llegar a ser depositadas en los bronquiolos y alveolos y producir diversas afecciones en los pulmones como por ejemplo la neumoconiosis. Carson, Clive. (2002).

- **Impurezas:**

Puede haber impurezas en la materia prima que causan inesperados efectos; pueden ocasionar reacciones, descomposición o polimerización. Fugas en el sistema pueden traer otras impurezas tales como lubricantes de bombas y fluidos de sello o incluso agua. Mannan (2012)

5.1.3.2 Caracterización del peligro.

Por otra parte, y como lo establece Erler (2009), la caracterización del peligro sirve para analizar los datos y establecer si una sustancia es peligrosa o no, los elementos de caracterización de los peligros de exposición guían el proceso de toma de decisiones. A nivel internacional se han identificado 68 tipos específicos de riesgo químico, cada uno correspondiente a una frase de riesgo particular, las cuales pueden ser usadas en forma combinada, estas frases son claramente utilizadas en clasificación y rotulado de

sustancias químicas.

Las frases de riesgos y sus correspondientes clases de seguridad, serán reemplazadas por las declaraciones de peligro y de precaución bajo el sistema globalmente armonizado para el etiquetado. Bajo este sistema 8 categorías distinguen los peligros físicos y 9 los peligros para la salud y el ambiente, los cuales se muestran en la tabla No. 4.

Tabla No. 4. Categorías bajo el sistema Globalmente Armonizado.

Peligros Físicos	Peligros para la Salud y el ambiente
Explosivos	Toxicidad Aguda
Inflamables	Corrosivos e irritantes para la piel
Oxidantes	Daño serio en ojos/irritación en ojos
Auto-reactivos	Mutagénicos para células germinales
Peróxidos orgánicos	Carcinógeno
Metales corrosivos	Toxicidad reproductiva
	Toxicidad objetivo a órganos sistémicos
	Sensibilidad respiratoria o a la piel
	Peligroso para ambientes acuáticos

Fuente: Framework for Chemical Risk Management under REACH. Rapra Technology

Ltd. 2009

Bajo el sistema globalmente armonizado cada categoría puede ser subdividida y un esquema numérico distingue entre niveles de peligro bajo cada categoría. Además, para la comunicación de los peligros se utilizan 5 pictogramas que representan las propiedades fisicoquímicas y otras 4 usadas para las categorías toxicológicas. Erler (2009)

Es muy importante aclarar que identificar y caracterizar los peligros es diferente a evaluar el riesgo. De acuerdo a lo establecido por Erler (2009) la evaluación del riesgo implica la probabilidad de que efectos adversos para la salud humana o el ambiente después de la exposición a un químico puedan ocurrir, al momento de hacer la identificación y caracterización del riesgo, se está estableciendo el marco para el análisis de riesgo que se puede realizar bajo alguna metodología de las explicadas más adelante y es el paso que me permite valorar y priorizar el riesgo, para posteriormente guiar la toma de decisiones. Norma ISO 31000 (2011).

Esta etapa en la cual se identifican y caracterizan los peligros (factores de riesgo), hace parte de lo que se conoce como análisis ocupacional y de acuerdo a lo establecido por Álvarez (2007), permite conocer las actividades que se realizan, sus factores de riesgo asociados, la cantidad de personas expuestas al riesgo, la manera como se realiza el trabajo y el tiempo de exposición.

Todo lo anterior hace parte de una gran fase inicial de reconocimiento, cuya principal herramienta es la observación cuidadosa del entorno analizado y la recopilación de fuentes de información del proceso analizado (hojas de seguridad, accidentes ocurridos,

etc.).

5.1.3.2.1 Concentración ambiental del Factor de Riesgo.

Según Álvarez (2007) corresponde a la cantidad del factor de riesgo en el ambiente laboral, a mayor concentración del factor de riesgo en el ambiente, mayor es el potencial de daño de una sustancia para la salud de los trabajadores. Otro aspecto importante es que a mayor cantidad de aire respirado de un ambiente con alta concentración de un químico mayor será la introducción del químico en el organismo, lo cual está directamente relacionado con la demanda física del trabajo realizado. La concentración en el ambiente también depende de si se siguen los protocolos de uso seguro de una sustancia como por ejemplo una adecuada ventilación (Erler, 2009)

Esta concentración ambiental se puede determinar a través de mediciones directas en el medio ambiente o toma de muestras para posterior análisis.

5.1.3.2.2 Tiempo de Exposición

El tiempo de exposición es una función directa de las condiciones operativas del proceso que se realiza, de sus etapas, actividades y complejidad.

5.1.3.2.3 Susceptibilidad de cada Individuo

Se debe a las características personales y genéticas de las personas que manejan sustancias químicas: hipersensibilidad, patologías, régimen vigilia descanso, entre otros (Menéndez, 2012).

5.1.4 Criterios para la Evaluación del Riesgo Químico

5.1.4.1 Metodologías Cualitativas Aceptadas Internacionalmente.

El enfoque tradicional desde el punto de vista de la higiene industrial para evaluar el

riesgo químico, se basa en la evaluación cuantitativa de las concentraciones en el ambiente a las cuales están expuestos los trabajadores en sus actividades laborales. Estos métodos si bien son los mayormente utilizados, también requieren que se cumplan ciertas condiciones, según Albuquerque, Gomes, Pereira & Miranda (2014) estas son:

- Las concentraciones muestreadas deben ser representativas de la atmósfera en la que el trabajador está respirando realmente.
- El TLV de la sustancia muestreada debe ser conocido.
- Existencia de apropiados métodos analíticos disponibles para cuantificar el nivel de exposición.
- Niveles de exposición a los cuales las partículas muestreadas pueden ocasionar efectos adversos para la salud deben estar disponibles.

Además de lo anterior, los métodos analíticos no deben presentar resultados ambiguos, ser selectivos y deben aportar la mayor cantidad de información sobre la naturaleza y magnitud de cualquier interferencia. (Menéndez 2012).

El problema de este tipo de mediciones, es que, si no están aseguradas las condiciones anteriormente expuestas, su uso se limita como herramienta de evaluación del riesgo, además de que su uso es limitado cuando se trata de nanopartículas. (Albuquerque, Gomes, Pereira & Miranda 2014). Otro aspecto, que afecta su uso es su costo ya que si se requiere evaluar una gran cantidad de sustancias los recursos necesarios sobrepasarán las expectativas sobre la gestión del riesgo que tienen los gerentes de las organizaciones.

Como alternativa a esta situación surgen los modelos cualitativos de gestión

del riesgo los cuales se constituyen una herramienta útil para hacer un diagnóstico inicial del riesgo químico de una manera costo-efectiva, de tal manera que, resultado de esta evaluación inicial, se puedan priorizar los esfuerzos para el control, destinando los recursos en donde se encuentra el Pareto de los problemas.

La evaluación cualitativa tiene como punto de partida la toxicidad intrínseca de una sustancia, la cantidad o concentración en que esta sustancia entre en contacto con el trabajador y el tiempo de exposición, lo cual permite evaluar el riesgo sin recurrir a mediciones, a través de procedimientos estandarizados que permitan combinar las variables de interés de forma sistemática y objetiva, los cuales se conocen como modelos de Control Banding (Cavallé; Van der Haar, 2014).

5.1.4.2 Modelos Control Banding

Los modelos **Control Banding** surgieron en la década de los 90's en Estados Unidos, como respuesta a las diferentes dificultades que se tenía en el momento como la ausencia de valores límites de exposición que se pudieran comparar con los valores obtenidos en las mediciones ambientales, además porque la labor implicaba una necesidad elevada de recursos técnicos y económicos (NIOSH 2009).

Toda metodología del modelo control banding incluye cinco acciones en su aplicación, que puede ser visto como fases; la aplicación de la metodología, el control operativo del agente peligroso, monitoreo post-control, y análisis de fallas durante la aplicación de la metodología.

La información que sirve de insumo para estas metodologías es la misma, la variación de una metodología a otra radica en criterios de evaluación y las escalas de calificación que

utiliza y el procedimiento de aplicación de la misma; para la estimación inicial del riesgo se requiere la información consignada en el Tabla No. 5

Tabla No. 5 Información requerida para aplicación del Modelo Control Banding.

	Frases R de las sustancias químicas.
Información requerida para evaluación cualitativa – Modelos Control Banding	<p data-bbox="824 655 1367 844">Frase R para la banda de riesgo o conjunto de riesgo al que pertenece la sustancia química.</p> <p data-bbox="824 911 1367 1100">Declaraciones de peligro especial para la sustancia del Sistema Globalmente Armonizado (SGA)</p>
	<p data-bbox="824 1159 1367 1276">Punto de ebullición de las sustancias líquidas o mezclas.</p> <p data-bbox="824 1339 1367 1381">Cantidad de la sustancia utilizada</p>
	<p data-bbox="824 1444 1367 1562">Tiempos o frecuencia de exposición a la sustancia química.</p> <p data-bbox="824 1625 1367 1734">Estado o presentación de la sustancia determinante para la exposición.</p>

Fuente: Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational

Hazards:Control Banding (CB)

5.1.4.2.1 Principios básicos de los modelos Control-Banding

De acuerdo a Money (2003), una metodología simplificada como lo dice la descripción debe ser **coherente**, dar resultados precisos cuando sea aplicado por inexpertos, identificando las determinantes de la exposición a la sustancia química, sin necesidad de requerir métodos de muestreo complejos.

Otro principio básico de estas metodologías radica en que debe ser **comprensible** para los trabajadores, de tal manera que facilite la evaluación y comunicación de resultados; su aplicación debe ser amigable para el personal que no cuente con experiencia o conocimientos exhaustivos, otro atributo es que la información base para la aplicación pueda **ser adquirida con facilidad**, sea en una hoja de seguridad u otra base de datos a la que puedan acceder los trabajadores; el instructivo de aplicación debe **ser práctico**, los trabajadores deben **ser partícipes** en las estrategias de control, resultado de la evaluación; la presentación de los resultados debe ser **clara y concisa**.

5.1.4.2.2 Componentes de los modelos Control Banding.

El componente clave de la aplicación de las metodologías modelo control banding es la categorización de las sustancias en función de información que está disponible como categoría de peligro, clasificación del peligro de acuerdo a sus características físico-químicas, uso de frases R y H, concentraciones límite de referencia promedio de 8 horas y las recomendaciones para cada categoría. Un resumen de los componentes de los modelos Control Banding se puede apreciar en la tabla No. 6. Componentes Modelos Control Banding.

Tabla No. 6. Componentes Modelos Control Banding.

Componente	Utilidad
Clasificación de peligro	Usando los fundamentos y conceptos de bioseguridad, se determinan 5 categorías de peligro, acorde a las características físico-químicas de la sustancia y los controles de ingeniería que se aplican para reducir la exposición a estas.
Categoría de peligro	Cada clasificación de peligro de la sustancia química tiene subdivisiones acordes a las consecuencias que puede generar en la salud y en la seguridad, de acuerdo a esto se ubica la sustancia o el compuesto de acuerdo a la información establecida en el resumen de riesgos.
Frases-R	Estrategia fruto de la combinación de la banda de riesgo con la exposición potencial, determinada por la cantidad de sustancia usada, la volatilidad en caso de ser líquidos y pulvurencia para sólidos.

Estas frases se definen también a partir de los valores referentes límite de exposición como los TLV de la Asociación Americana de Higienistas y los OEL de Alemania; utilizados como una guía para determinar medidas de control para exposición en el caso que no se cuente con información toxicológica o la información sea de difícil comprensión.

Fuente: Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational Hazards: Control Banding (CB) (2009)

Bandas de Control

Es la categoría de peligro determinada por la Asociación Internacional de Químicos (CIA) y la labor de Gardner y Oldershaw que incorporo 6 categorías o bandas de exposición ocupacional propone una guía de amplia cobertura y simple que integre las frases R y H con valores límite permisibles estándares, que pueden usarse cuando no se cuenta con valores límites permisibles nacionales o regionales. Las primeras categorías acogen las sustancias de consideración especial como cancerígenos y agentes sensibilizantes y las categorías A, B y C incluye sustancias tóxicas, teratogénicas y las perjudiciales para el sistema respiratorio. Estas bandas facilitan una evaluación inicial del riesgo ubicando la frase asignada a la sustancia o compuesto para conocer las consecuencias en la salud que

puede ocasionar por una exposición, a nivel de concentraciones límite si iguala o excede 10 mg/m³, se considera que es una sustancia nociva para la salud (Gardner & Oldershaw 1991). En la Tabla No. 7. Bandas de Exposición bajo el Modelo Control Banding.

Tabla No. 7. Bandas de Exposición bajo el Modelo Control Banding.

Banda de Exposición	Criterios para la sustancia
Categoría X	Cancerígenos establecidos por la COSHH (R45, R46, R49)
(Consideraciones especiales)	Sensibilizantes de la piel y el Sistema Respiratorio (R42, 43) Sustancias que generan efectos adversos en el ser humano con bajas concentraciones: <0.05 mg/m ³ por inhalación o <0.01mg/kg/día
BE A	Tóxicos para la reproducción- Teratogénicos (R60, R61) Muy tóxicos (R26, R27, R28)
BE B	Tóxicos para la reproducción (R62, R63) Tóxicos (R23, R24, R25, R48)
BE C	Perjudicial (R20, R21, R22, R48)

Concentración de polvo no asignado a una mayor Banda.

Fuente: Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational Hazards:

Control Banding (CB)

*BE= Banda de Exposición

*COSSH= Control de sustancias perjudiciales para la salud

5.1.4.3 Modelos Control Banding más Conocidos

El primer modelo de evaluación de Riesgo Cualitativo, desarrollado bajo este modelo, es el denominado COSHH Essentials, elaborado en Reino Unido por el Health and Safety Executive (HSE), el cual se ha mejorado dando origen a otros modelos, como el Francés, del Institute National de Recherche et de Sécurité (INRS), el Elsy-to-use Workplace Control Scheme for Hazardous Substances del Instituto Federal de Salud y Seguridad en el Trabajo de Alemania (BAUA), El International Chemical Control Toolkit, de la OIT, KJEMIRISK, de Noruega, el REGETOX y SOBANE de Alemania, KCT Corean Control Toolkit., Corea. Edemas hay methodologies superiores Como Riskofderm, Stoffenmanager, ART Advanced REACH Tool, TRA – Targeted Risk Assessment (ECETOC). En la tabla No.8. se resumen las principales metodologías Cualitativas en uso actualmente.

Tabla No. 8. Resumen de las Principales Metodologías Cualitativas en uso.

Modelo	Peligrosidad	Variables de entrada	Exposición	Variables de Salida	Comentarios
COSHH Essentials	Frasas R o H	Capacidad de pasar al ambiente Pulvurencia (P) o Volatilidad (V) 3 Niveles	Cantidad por operación. 3 Niveles	4 Niveles de Control Requerido	Dispone de un “modo experto” que permite añadir más información sobre peligrosidad en determinados casos.
Método OIT	Frasas H	Capacidad de pasar al ambiente (P) o (V). 3 Niveles	Cantidad por operación. 3 Niveles	4 Niveles de Control Requerido	Dirigido principalmente a países en desarrollo. Recomendaciones directas para

 plaguicidas

Easy-to-Use (BAuA)	Frasas R o H	Capacidad de pasar al ambiente (P) o (V). 3 Niveles	Cantidad por operación. 3 Niveles	4 Niveles de Control Requerido	El núcleo está basado en COSHH Essentials y realiza modificaciones sobre la clasificación de algunas frases. Ofrece orientaciones preventivas de acuerdo con las TRGS alemanas
INRS – Etapa 1. Jerarquización	Frasas R o H, VLA, Listado de	Cantidad relativa entre agentes (5 niveles)	Frecuencia (4 niveles)	3 Niveles de prioridad para realizar la	Jerarquiza el riesgo potencial de exposición,

contaminantes

siguiente etapa

indicando por que
agentes y situaciones
es prioritario evaluar
el riesgo por
exposición

INRS – Etapa 2. Evaluación	Frases R o H, VLA, Listado de contaminantes	Capacidad de pasar al ambiente (P) o (V). 3 Niveles.	Tipo de proceso (4 Niveles) Tipo de medida colectiva. (4 niveles)	3 niveles de Riesgo esperable: Bajo, Medio y Alto	Evalúa el riesgo por exposición inhalatoria sin estimaciones cuantitativas. Se pueden deducir medidas preventivas adecuadas por prueba y ajuste, recalculando el valor del riesgo
---------------------------------------	--	--	---	---	--

				final.
Stoffenmanager (TNO)	Frases R o H	<ul style="list-style-type: none"> • Estado físico del agente (sol o liq) • Presión de vapor de los líquidos o pulvurencia de los sólidos (6 niveles). • Naturaleza del polvo emitido por los sólidos • % de los agentes en el producto y dilución de líquidos. • Forma de manipulación (categorías discretas) • Medidas de control sobre el foco. • Distancia del trabajador a la fuente • Presencia de fuentes secundarias de 	<p>3 niveles de Riesgo, con posibilidad de comprobar como varían adoptando distintas medidas preventivas</p>	<p>Dispone de otros dos módulos además del control banding:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de la exposición laboral según REACH. • Estimación cuantitativa de la concentración ambiental

emisión.

- Vol. Del local y características de la ventilación general.
- EPI utilizados
- Grado de limpieza de la zona.
- Grado de limpieza de la zona.
- Grado de comprobación y mantenimiento de los equipos y maq.
- Tiempo empleado en las diferentes operaciones evaluadas

Riskofderm	Frases R o H, PH, grado de dilución y propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Estado físico del agente • Volatilidad y viscosidad • Tamaño de partículas • Humedad/adherencia de partículas 	10 Niveles de riesgo con posibilidad de estudiar cómo	<p>Genera datos cuantitativos</p> <p>Es apto para definir los escenarios de</p>
-------------------	---	--	---	---

físico- químicas del agente.	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad/contaminación superficiales • Temperatura del proceso • Características de Pulverización • Espacio físico del puesto de trabajo • Posición del trabajador • Próximidad a la fuente • Cantidad del producto • Grado de automatización • Aislamiento/separación • Ventilación • Confinamiento • Tipo de Ropa • Duración de la exposición 	cambian seleccionando una o varias de las 15 medidas preventivas	exposición según REACH
Distingue entre efectos locales y sistémicos			

- Superficie corporal expuesta

Fuente: Evaluación cualitativa del riesgo de Exposición a agentes químicos: Modelos de Control Banding. Salud Laboral, Conceptos y Técnicas para la Prevención de Riesgos Laborales. Elsevier, 2014. Cuarta Edición.

A continuación, se explica los cuatro modelos de mayor aceptación y aplicación a nivel internacional según la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales de España y ASEPEYO (2010).

5.1.4.3.1 Metodología COSHH Essentials

Origen

La Agencia Ejecutiva de Seguridad y Salud en el Trabajo de Gran Bretaña (HSE) estableció un programa conocido como COSHH (Control de Sustancias Perjudiciales para la Salud), siendo un apoyo para medianas y pequeñas empresas pudieran realizar evaluaciones de riesgo y ejecutar medidas de control a partir de la evaluación realizada, de modo que pudieran cumplir con el requisito legal de evaluar y corregir el riesgo por exposición a agentes químicos.

La metodología que ofrece es simple, delimitada lo suficiente para que su aplicación no sea compleja y ampliamente utilizada, utiliza los criterios de clasificación basados en los principios de control banding, estableciendo una categoría de peligro en función de la peligrosidad de la sustancia, no evalúa propiamente el nivel de riesgo existente, facilita establecer medidas de control a la operación que se esté evaluando; para lo cual se debe remitir a las fichas de control o a la hoja de seguridad de la sustancia química para apoyar la labor de evaluación y determinación de controles.

El nivel de control que establece esta metodología está directamente asociado al nivel de riesgo “potencial” de la sustancia porque no se tienen en cuenta los controles existentes como criterio de evaluación del método. La base técnica del modelo establece que un nivel de control representa controlar 10 veces la concentración ambiental, por lo tanto, establecer

una medida no correspondiente al nivel de riesgo implicaría un posible aumento de la concentración de la sustancia en el ambiente, así mismo entre un control mayor la sustancia se puede reducir al mínimo.

Variables Involucradas

Debido a que el método pretende evaluar el riesgo potencial, sin tener en cuenta la variable de tiempo de exposición; solo se tiene en cuenta las variables de peligrosidad de la sustancia traducida en frases R para ubicarla en una categoría de peligro, la cantidad de la sustancia manejada y la volatilidad o pulvurencia de la sustancia.

- **Variable 1: Peligrosidad – Frases R**

La peligrosidad vista como la principal consecuencia que puede ocasionar en la salud de las personas acorde a sus características físico-químicas se resumen en las frases R (NIOSH 2009), debido al proceso de estandarización iniciado por el SGA (Sistema Globalmente Armonizado) hay una transición de las frases R a frases H (Hazard, traducción de peligro a ingles), por lo tanto, la información que puede ser obtenida en la hoja de seguridad de la sustancia puede presentar tantas frases R como H.

La categorización de peligro que incluye las frases R y H se dividen en cinco categorías que va desde A hasta E, siendo la primera la categoría de menor peligro y las ultimas las de mayor peligro, ubicando la frase encontrada dentro de alguna de las categorías; en el caso que se presente más de una frase R, la categoría de peligro para la sustancia será la de la frase R que se ubique en la categoría de mayor peligro (HSE 2003)

Tabla No. 9 Categorización del peligro en función de las frases R y H – COSHH essential

Nivel de peligrosidad	Frases R	Frases H
A	Todas las sustancias que no tengan asignadas frases R que correspondan a los grupos B a E	H305, H333, H336 Todas las sustancias que no tengan asignadas frases H que correspondan a los grupos B a E
B	R20 R20/21, R20/22, R20/21/22 R68/20, R68/20/21, R68/20/22, R68/20/21/22	H332 H371
C	R23 R23/24, R23/25, R23/24/25 R37 R36/37, R36/37/38, R37/38 R39/23, R39/23/24, R39/23/25, R39/23/24/25	H331 H335 H370 H373

	R48/20, R48/20/21, R48/20/22, R48/20/21/22	
D	R26	H330
	R26/27, R26/28, R26/27/28	H351
	R39/26, R39/26/27, R39/26/28, R39/26/27/28	H360 H361 H362
	R40	H372
	R48/23, R48/23/24, R48/23/25, R48/23/24/25	
	R60	
	R61	
	R62	
	R63	
	R64	
E	R42	H334
	R42/43	H340
	R45	H341
	R46	H350

R49
R68

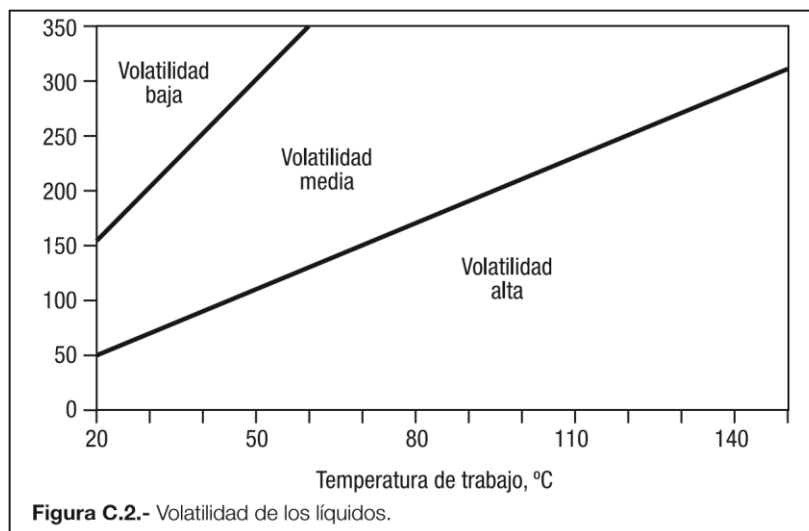
Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

- **Variable 2: Tendencia a pasar al ambiente**

Definido como la capacidad de la sustancia de pasar al ambiente en función de su volatilidad en caso de ser líquido (capacidad de pasar de líquido a gas) que se determina en función de la relación de la temperatura de ebullición con la temperatura de trabajo; como de su pulvurencia para sólidos (capacidad de liberar partículas en suspensión al aire) determinado por la presentación o estado físico de la sustancia obtenida de la sección 9 de la hoja de seguridad (Características Físicoquímicas), se establece tres clases de pulvurencia/volatilidad, alta, media y baja. Para el caso de compuestos gaseosos la asignación de nivel siempre será alta para el criterio de volatilidad (HSE 2009), en el caso que no se tenga conocimiento de la presentación física de la sustancia se le asignará clase de pulvurencia alta.

Figura No.4 Volatilidad para líquidos

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España



2010.

Tabla No. 10. Pulvurencia para sustancias sólidas – COSHH Esencial.

Descripción del material sólido	Tendencia a formar polvo
Polvos finos y de baja densidad. Al usarlos se observan nubes de polvo que permanecen en suspensión varios minutos. Ejemplos: cemento, negro de humo, yeso, etc.	Alta

Sólidos granulares o cristalinos. Se produce polvo durante su manipulación, que se deposita rápidamente, pudiéndose observar sobre las superficies adyacentes.

Ejemplo: polvo de detergente.

Media

Sustancias en forma de granza (pellets) que no tienen tendencia a romperse. No se aprecia polvo durante su manipulación.

Ejemplos: granza de PVC, escamas, pepitas, etc.

Baja

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

- **Variable 3: Cantidad de sustancia utilizada**

La cantidad de sustancia empleada en la operación se clasifica en pequeña, mediana o grande en función de las unidades métricas que se maneje en la operación, sea en gramos, kilogramos o toneladas, como lo descrito en la Tabla No. 11 Cantidad de sustancia utilizada.

Tabla No. 11 Cantidad de sustancia utilizada. COSHH Essential

Clase de cantidad	Cantidad utilizada
Pequeña	Gramos o mililitros
Mediana	Kilogramos o litros

Grande	Toneladas o metros cúbicos
--------	----------------------------

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Evaluación del riesgo

Una vez extraídas las variables correspondientes al manejo de la sustancia en la actividad, se conjugan en una tabla donde establece los niveles de riesgo potencial, ubicando primero el grado de peligrosidad, se ubica la cantidad de sustancia utilizada y posterior la volatilidad o pulverulencia de modo que se obtiene un nivel de riesgo como calificación final. Se consideran cuatro niveles y cada nivel de riesgo corresponde a una estrategia de control determinada.

Tabla No. 12. Determinación del nivel de Riesgo Potencial. COSHH Essential.

Grado de peligrosidad	Cantidad usada	Baja volatilidad o pulverulencia	Media volatilidad	Media pulverulencia	Alta volatilidad o pulverulencia
A	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	1	1	2
	Grande	1	1	2	2
B	Pequeña	1	1	1	1
		1	2	2	2

	Mediana	1	2	3	3
	Grande				
C	Pequeña	1	2	1	2
	Mediana	2	3	3	3
	Grande	2	4	4	4
D	Pequeña	2	3	2	3
	Mediana	3	4	4	4
	Grande	3	4	4	4
E	En todas las situaciones con sustancias de este grado de peligrosidad, se considerará que el nivel de riesgo es 4.				

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Posterior a la categorización del riesgo, cada nivel detectado para la sustancia exige un control de acuerdo al nivel, el control se limita solo a la actividad o proceso donde está involucrado la sustancia manejada, las recomendaciones que se dan se muestran en la Tabla No. 13. Recomendaciones de Control.

Tabla No. 13. Recomendaciones de Control. COSHH Essential.

Nivel de Riesgo	Acciones a Tomar
1	Se asumen para esta categoría de riesgo que es leve, para lo cual implica la implementación de ventilación general , de acuerdo a la anterior tabla el riesgo será leve para sustancias de categoría A y B, para C se asigna el mismo nivel cuando se compruebe que la sustancia tiene poca tendencia de pasar al ambiente.
2	Para este nivel de riesgo, la medida a recomendar es la extracción localizada , con el fin de mantener las concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles.
3	Para este nivel de riesgo se recomienda confinamiento o sistemas cerrados con la finalidad de evitar el paso de la sustancia a la atmosfera de trabajo, el proceso debe mantenerse a una presión menor de la

	atmosfera para evitar escapes.
4	En este nivel se contiene las sustancias extremadamente tóxicas o sustancias de toxicidad moderada que se manejan en grandes cantidades, con mayor probabilidad de pasar a la atmosfera, se incluye las sustancias cancerígenas y/o mutagénicos, se recomienda como medidas las establecidas por un experto y que se enfoque específicamente al proceso; se requerirá mediciones higiénicas antes y después de la implementación del control.

Ventajas y Desventajas

Tabla No. 14 Ventajas y Desventajas COSHH Essential

Ventajas	Desventajas
La metodología ofrece soluciones de índole práctica a modo de ficha de control, para aplicar la medida de control a la	Evalúa el riesgo potencial de la sustancia química, sin embargo, no tiene en cuenta la probabilidad de exposición, se limita a

operación en la que la sustancia química está involucrada. evaluar a partir de la peligrosidad, la cantidad y la volatilidad/pulvurencia.

La aplicación de la metodología es muy sencilla para personas que no poseen conocimiento exhaustivo en la materia. No tiene en cuenta las variables internas del proceso y la conducta del trabajador lo que da un resultado sesgado del nivel de riesgo real, limitándose a unos controles correctivos determinados.

La labor de evaluación en información previa y observación básica, no requiere de revisión directa del equipamiento o del insumo relativo al proceso, evitando detener el proceso. La información requerida para la evaluación puede no encontrarse disponible para el caso de sustancias y/o compuestos nuevos que se utilizan sin realizar los estudios previos de seguridad necesarios, pudiendo ser inaplicable la metodología.

La evaluación justifica la necesidad de requerir mediciones higiénicas y la asesoría de un experto en caso de que el riesgo sea indeterminado o la sustancia sea nivel de riesgo 4.

La aplicación directa de la metodología no

requiere de personal especializado lo que la
hace de bajo costo.

Fuente: Los Autores

En la figura 5 se encuentra el diagrama de flujo que describe este proceso.

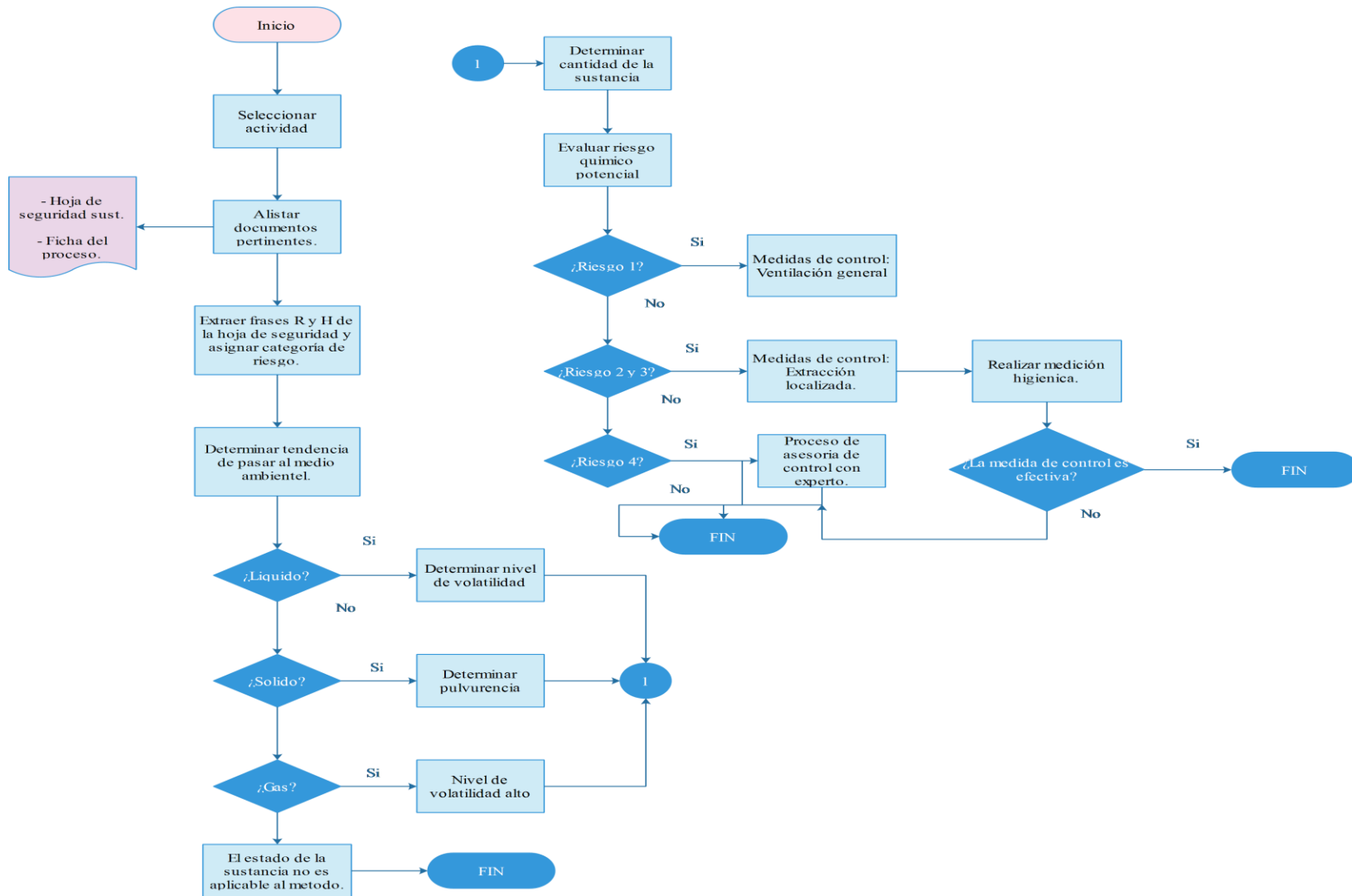


Figura 5. Diagrama de Flujo de la metodología COSHH Essentials.

5.1.4.3.2 Metodología Simplificada del Riesgo Químico por Inhalación y Exposición Dérmica INRS

Generalidades

Esta metodología propuesta por el Instituto Nacional de Investigación para la Seguridad de Francia, ofrece una evaluación de riesgo completa, debido a que no evalúa un riesgo potencial, se evalúa un riesgo probable debido a que tiene en cuenta el factor tiempo, definido por la frecuencia de uso de la sustancia, además de los criterios iniciales que maneja también la anterior metodología descrita como la peligrosidad de la sustancia, la volatilidad/pulvurencia, incluye aspectos como la cantidad definida por intervalos de peso, el modo de operación de la sustancia y los controles que se estén realizando para disminuir la exposición a la sustancia (INSHT 2010), por lo tanto es una metodología que se aproxima a evaluar la efectividad de controles presentes como criterio del riesgo.

Esta metodología incluye un criterio adicional a la valoración del riesgo que ajusta los valores de calificación del riesgo, en función del TLV, el cual consiste en un factor de corrección que se aplica al TLV, para las sustancias químicas que presentan valores límites por debajo de los 0,1 mg/m³ evitando subestimar el riesgo para sustancias que tengan baja tendencia de pasar al ambiente pero que pueden alcanzar el valor límite de referencia.

La metodología presenta ciertas restricciones para su aplicación, para el caso específico de medicamentos y productos de descomposición térmica, es decir que para sustancias que generen vapores como en la industria del plástico, en donde se puede presentar nitrosaminas entre otras sustancias precursoras, porque no se puede determinar la cantidad de sustancia precursora que se está generando por el proceso, lo cual impide determinar la

variable cantidad necesaria para evaluación; además que no se tiene una frase R dentro de la categorización de peligro que corresponda a este tipo de situaciones.

Variables Involucradas

Las variables clave para la evaluación por el método de la INRS maneja las mismas variables empleadas en la metodología COSHH Essentials, adicionalmente incluye el factor tiempo dentro de la evaluación como frecuencia de manejo de la sustancia, incluye el tipo de procedimiento que se maneja con la sustancia, condiciones del ambiente de trabajo traducido como las medidas de protección colectiva que en el momento se encuentre implementada y el factor de correlación que se le realiza al TLV; además mejora el criterio de evaluación de la cantidad utilizada ya no vista por las unidades de medida que se maneja, establece unos intervalos de cantidad usada.

Variable 1: Peligrosidad de la sustancia

La peligrosidad de la sustancia se obtiene a través de las frases R o H que contenga la hoja de seguridad de cada sustancia, el cual se ubica dentro de la categoría de riesgo donde se encuentre la frase R o H de la sustancia en evaluación, a diferencia del método COSHH essentials, incluye también los TLV correspondiente a cada nivel de peligro, adicionalmente una columna que incluye los materiales y procesos asociados a la categoría del riesgo, en el caso que se tenga claridad del material que se maneja o del proceso que se está evaluando, también tiene 5 categorías, las cuales traducen un nivel de peligro.

Tabla No. 15. Clases de Peligro en función de las frases R y H. Metodología INRS.

Clase de peligro	Frasas R	Frasas H	TLV mg/m ³ (1)	Materiales y procesos
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	R37 R36/37, R37/38, R36/37/38 R67	H335 H336	> 10 ≤ 100	Hierro / Cereal y derivados / Grafito / Material de construcción / Talco / Cemento / Composites / Madera de combustión tratada / Soldadura metales

				plásticos / Material vegetal-animal
3	R20	H304	> 1	Soldadura
	R20/21, R20/22,	H332	≤ 10	inoxidable
	R20/21/22	H361		Fibras
	R33	H361d		cerámicas
	R48/20, R48/20/21,	H361f		vegetales
	R48/20/22,	H361fd		Pinturas de
	R48/20/21/22	H362		plomo
	R62, R63, R64, R65	H371 (2)		Muelas
	R68/20, R68/20/21,	H373 (2)		Arenas
	R68/20/22,	EUH071		Aceites de
	R68/20/21/22			corte y refrigerantes
4	R15/29	H331	>	Maderas
	R23	H334	0,1	blandas y
	R23/24, R23/25,	H341	≤ 1	derivados
	R23/24/25	H351		Plomo
	R29, R31	H360		metálico
		H360F		

	R39/23, R39/23/24,	H360FD		Fundición y
	R39/23/25,	H360D		afinaje de
	R39/23/24/25	H360Df		plomo
	R40	H360Fd		
	R42	H370 ⁽²⁾		
	R42/43	H372 ⁽²⁾		
	R48/23, R48/23/24,	EUH029		
	R48/23/25,	EUH031		
	R48/23/24/25			
	R60, R61, R68			
5	R26	H330	≤ 0,1	Amianto ⁽³⁾
	R26/27, R26/28,	H340		y
	R26/27/28,	H350		materiales
	R32, R39	H350i		que lo
	R39/26	EUH032		contienen
	R39/26/27,	EUH070		Betunes y
	R39/26/28,			breas
	R39/26/27/28			Gasolina ⁽⁴⁾
	R45, R46, R49			(carburante)
				Vulcanización
				Maderas duras
				y

derivados ⁽⁵⁾

- (1) **Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10.**
- (2) **Únicamente si la frase especifica vía inhalatoria. Si no especifica ninguna vía, se recomienda consultar las frases R para comprobar a qué vía o vías se refiere.**
- (3) **Posee legislación específica obligatoria [D.5] que requiere evaluación cuantitativa.**
- (4) **Se refiere únicamente al trabajo en contacto directo con este agente.**
- (5) **Se refiere a polvo de maderas considerado como cancerígeno [D.6].**

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

La última revisión realizada a la metodología la cual está en vigencia y aplicada en la Comunidad Europea, realizo unas revisiones en comparación a la metodología original que implico unos cambios que dan mayor orden y coherencia a la labor de evaluación adicional a la incorporación de los TLV de cada categoría y los procesos claves.

Tabla No. 16 Cambios respecto a la versión original. Metodología INRS

Cambio o Revisión	Descripción
-------------------	-------------

Frasas R	Se eliminan las frases R que no sean aplicables a exposición inhalatoria.
Frase R48 categorización del riesgo.	Se elimina esta frase R en la categoría 4 debido a que no tiene equivalencia con ninguna frase H del SGA.
Aumento de la categoría de peligro para mutagénicos y cancerígenos.	Las frases R40, R42, R42/R43 y R68 pasa a la categoría 4 y las frases R45, R46 y R49 a categoría 5.
Modificación de la columna de materiales y procesos.	Los procesos involucrados con las frases R ascendidas se reubican en las categorías correspondientes.
Disminución de la categoría para la frase R67.	Pasa la frase de categoría 3 a 2 porque el efecto de somnolencia y vértigo no se considera como efecto perjudicial sino nocivo.
Inclusión de las frases H.	Resultado de la adaptación al Sistema Globalmente Armonizado, colocando las equivalencias a las clases R acorde a la categoría.

2010.

Variable 2: Cantidad

A diferencia que en el método COSHH Essentials la clase de cantidad de la sustancia se evalúa por intervalos de cantidad usadas al día, tanto en masa como en volumen para gases, si se presentan en condiciones de presión y temperatura normal.

Tabla No. 17. Clases de Cantidad en función de Cantidades por día. Metodología INRS

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

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España

2010.

Variable 3: Frecuencia

Esta nueva variable incluida en la metodología INRS permite establecer la probabilidad de que haya una exposición directa a la sustancia química, en función de la frecuencia de uso, entendida como el lapso o periodo que se maneja la sustancia en el día, semana, mes o año, incluso para cuando se utiliza con una frecuencia de una vez al año.

Para determinar la frecuencia de uso de la sustancia se debe tener claro el uso de la sustancia en el tiempo, si es diario, semanal, mensual o anual; después se debe determinar el uso total de la sustancia en horas, o sumatoria de horas en caso que sea diario, para el uso semanal se establece el uso por días u horas en caso de que se use solo unas pocas horas a la semana, si se usa semanal se determina los días que se usa, sin tener en cuenta la duración de uso de la sustancia, así mismo se realiza en caso de que la sustancia se use anualmente determina cada cuanto se usa la sustancia.

Tabla No.18. Clases de Frecuencia de utilización. Metodología INRS

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
Día	≤ 30 min	>30 - ≤120min	>2 - ≤6h	>6h
Semana	≤ 2h	>2-8h	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 más			

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Variable Conjugada 1: Exposición potencial

Cuando se establece la relación entre dos variables ya determinadas como la cantidad y la frecuencia, tenemos como variable conjugada la exposición potencial que traduce como la probabilidad de entrar en contacto con la totalidad de la cantidad manejada en la actividad, en función de la clase de cantidad determinada y la frecuencia de uso de la sustancia.

Tabla No. 19. Variable Exposición Potencial. Metodología INRS

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

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España

2010.

Variable conjugada 2: Riesgo Potencial

Cuando se tiene determinada la exposición potencial se relaciona con la clase de peligro que fue la primera variable que se determina para la sustancia, entendiéndose la probabilidad de que se genere una consecuencia sobre la salud del trabajador como resultado de una exposición a la sustancia química, este riesgo solo tiene en cuenta la probabilidad de exposición y la peligrosidad de la sustancia, es decir que no tienen en cuenta las demás variables que intervienen en la materialización del riesgo.

Cuando se evalúa el riesgo potencial, este tendrá un puntaje en función de la clase de riesgo que dé como resultado de la relación de las variables en la Tabla No. xxx. Variable de Riesgo Potencial.

Tabla No. 20. Variable de Riesgo Potencial. Metodología INRS

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	Clase de Peligro
	1	2	3	4	5	

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

El riesgo potencial ya evaluado, le corresponde una calificación que la estipula la Tabla No. 21. Puntuación para cada clase de Riesgo Potencial, que se establece para las 5 categorías de riesgo potencial.

Tabla No. 21. Puntuación para cada clase de Riesgo Potencial. Metodología INRS.

Clase de Riesgo Potencial	Puntuación de Riesgo Potencial
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Variable 4: Volatilidad/Pulvurencia

Para la determinación de la volatilidad para el caso de líquidos y de pulvurencia de los

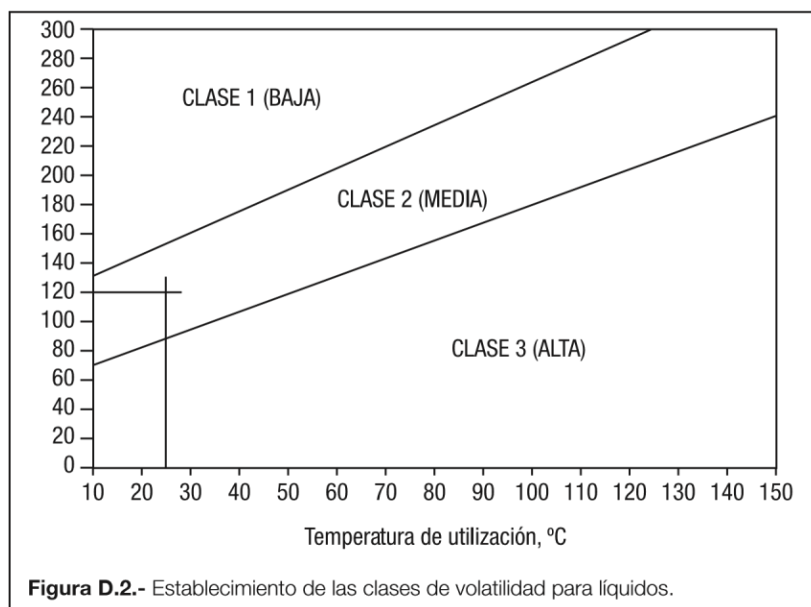
sólidos, variable que determina la capacidad de la sustancia de pasar al ambiente, agrega mayores especificaciones en términos de tamaño de la partícula en comparación a los criterios de la metodología COSHH Essentials; en termino de volatilidad se agrega un criterio adicional para volatilidad el cual es la presión de vapor, que puede ayudar a saber si hay transferencia al ambiente para sustancias que pueden tener puntos de ebullición altos pero que por su presión de vapor alta pueden estar presentes en la atmosfera tanto en polvo como en vapor, por lo tanto este nuevo criterio complementa una evaluación más precisa determinando el nivel de volatilidad en función del valor más alto entre la temperatura de ebullición y la presión de vapor, cada una de las variables se divide en tres clases alta, media y baja.

Tabla No. 22. Determinación de la Clase de Pulvurencia para Sólidos. Metodología INRS

Descripción del material sólido	Clase de Pulvurencia
Material en forma de polvo fino. Formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (por ejemplo: azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	3
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (por ejemplo: azúcar consistente cristalizada).	2
Material en pastillas, granulado, escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Figura No. 6. Variable volatilidad en función de la relación de la temperatura de ebullición y la de trabajo. Metodología INRS



Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Tabla No. 23. Clase de volatilidad en función de la presión de vapor. Metodología INRS

Presión de vapor a la temperatura de trabajo	Clase de volatilidad
$P_v \geq 25 \text{ KPa}$	3
$0,5 \text{ KPa} \leq P_v < 25 \text{ KPa}$	2

$P_v < 0,5 \text{ KPa}$	1
-------------------------	---

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Para el caso de que la sustancia química sea azeotrópica, que es una mezcla líquida de dos sustancias con puntos de ebullición distintos y que hierven a una temperatura diferente que la temperatura de los mismos componentes, la temperatura de ebullición de la mezcla se utiliza como temperatura de ebullición para la evaluación de volatilidad; en caso de que no sea un azeotrópico, se tomara el punto de ebullición más alto de la mezcla. Cuando se establece la clase de pulverulencia/volatilidad se procede a asignarle un puntaje acorde a la Tabla No. 24. Puntuación atribuida a cada clase de volatilidad o pulverulencia.

Tabla No. 24. Puntuación atribuida a cada clase de volatilidad o pulverulencia. Metodología INRS

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

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Variable 5: Tipo de procedimiento

Esta variable permite establecer como utilizan la sustancia evaluada en determinada actividad, sea manual, dosificada o dentro de una línea de proceso, la metodología define cuatro clases de procedimiento; dispersivo, abierto, cerrado/abierto regularmente y cerrado permanentemente, cada clase indica unas actividades donde comúnmente se maneja de esa manera la sustancia química.

Figura No. 7. Tipos de procedimiento con su respectiva calificación. Metodología INRS





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

Figura D.3.- Determinación de la clase de procedimiento y puntuación para cada clase.

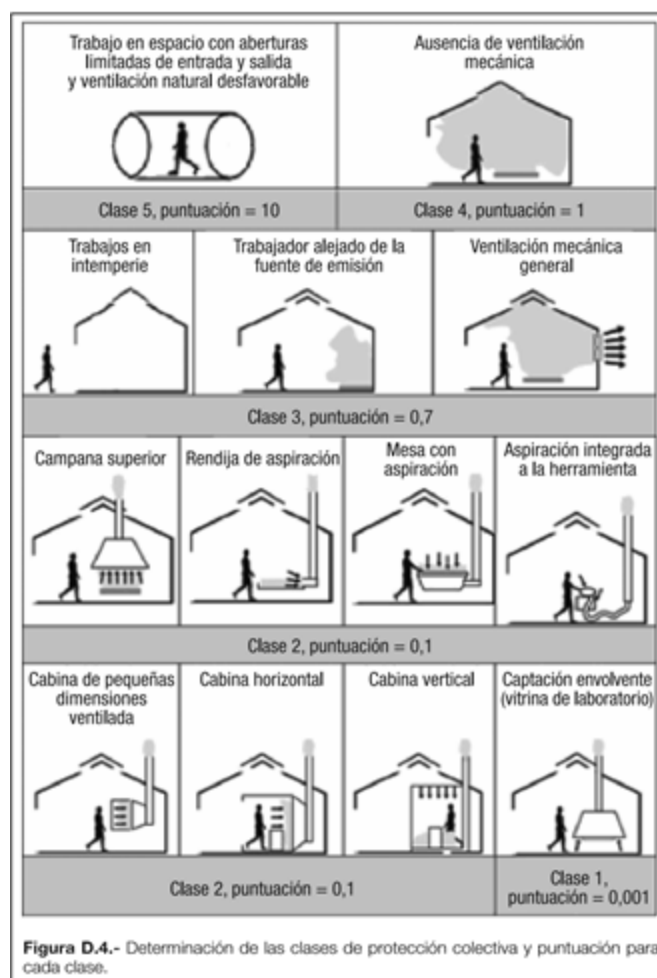
Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España
2010.

Variable 6: Tipo de protección colectiva

En esta etapa de la evaluación del riesgo, la metodología evalúa el tipo de protección o control presente, se enfoca únicamente hacia el tipo de ventilación o como se renueva el aire en las instalaciones donde se maneja la sustancia química, esto lo denominan

protección colectiva (INRS 2010), en esta etapa se puede aproximar a evaluar si la estrategia que se tome para renovar el aire o controlar la exposición es efectiva para mantener reducido el riesgo por exposición, o si se presentan fallas con los sistemas de ventilación. A continuación, se muestra la Figura No. 8 Tipo de protección colectiva con su calificación.

Figura No. 8. Tipo de protección colectiva con su calificación. Metodología INRS



Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España

2010.

La tabla agrega dos nuevos escenarios a la determinación de la protección colectiva, correspondiente a dos condiciones; uno cuando hay ausencia de ventilación localizada y se trabaja en entornos con membranas o pantallas de aislamiento de la habitación, otro cuando se presenta actividades en confinados y donde se presente condiciones desfavorables de ventilación, en ambas situaciones las condiciones favorecen la acumulación de sustancias tóxicas, por lo tanto para estos escenarios la valoración será la más alta, penalizando la calificación final del riesgo.

Variable 7: Factor de corrección del TLV

La metodología es aplicable para evaluar sustancias con TLV muy bajos, para lo cual se establece un factor de corrección para dichas sustancias que tengan valores muy bajos, porque tienen una mayor probabilidad de alcanzar el valor límite en el ambiente, para los intervalos de TLV definidos se da un factor de corrección que se utilizara en la fórmula final para evaluar el riesgo químico por exposición inhalatoria.

Tabla No. 25. Factores de Corrección en función del TLV. Metodología INRS.

TLV	FC_{TLV}
TLV > 0,1	1
0,01 < TLV ≤ 0,1	10
0,001 < TLV ≤ 0,01	30
TLV ≤ 0,001	100

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Para determinar el factor de corrección se requiere el TLV promedio ponderado de 8 horas/ 40 horas semanales, el cual es exclusivo para cada sustancia. En los casos de mezclas, se puede proceder a realizar dos análisis; si las sustancias generan un daño al mismo órgano diana, información que puede ofrecer la sección 11 de la hoja de seguridad de la sustancia, el TLV de la mezcla será la suma de los valores límite de los componentes que generen el daño, en el caso de no se tenga claridad sobre este tipo de información, se seleccionará el TLV de menor valor de entre los compuestos.

Riesgo Químico por Exposición Inhalatoria.

Posterior a tener determinado las variables que se necesitan para poder aplicar la fórmula para obtener el puntaje de riesgo químico en función de las variables que implica la operación y los controles ya realizados, se procede a aplicar la fórmula que se muestra a continuación.

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

Donde:

$P_{variable}$ = Puntaje obtenido por la determinación de las variables involucradas.

El puntaje que se obtiene se compara con la prioridad de toma de acción de medidas con la respectiva caracterización del riesgo, este será la principal directriz para tomar

decisiones hacia controles correctivos para disminuir la exposición de los trabajadores a las sustancias químicas.

Tabla No. 26. Evaluación del Riesgo por Inhalación. Metodología INRS.

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Descripción del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 y ≤ 1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≤100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

En las prioridades de acción 1 y 2 se recomiendan posterior a la implementación de los controles una evaluación de tipo básica (usando fórmulas de estimación de valores acorde a factores del proceso) o mediciones higiénicas que permitan evaluar la efectividad de

dichos controles sobre el riesgo de exposición.

Evaluación del Riesgo por Exposición Dérmica

Para la evaluación del riesgo químico por exposición dérmica, la INRS de Francia ofrece una metodología simplificada que permite estimar inicialmente el riesgo y permite priorizarlo para la toma de controles correctivos, a diferencia de la metodología original, esta evalúa el riesgo en base a tres variables: Peligrosidad, Superficie del cuerpo expuesta y frecuencia de exposición.

Variable 1: Peligrosidad

Para establecer la categoría de peligro, se utiliza la Tabla No. 27 con las frases R relacionadas a exposición dérmica, se excluyen las frases R de inhalación, ingestión y daños oculares, es esta incluye las frases R que corresponde a los peligros que puede ocasionar la sustancia por contacto dérmico, incluye también los valores límites permisibles o el rango de cada categoría.

Tabla No. 27. Clases de Peligro en función de las frases R y H para exposición dérmica. Metodología INRS.

	Frases R	Frases H	TLV mg/m³
Clase de Peligro			(1) (2)

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
	R38	H315	> 10
2	R36/37, R36/38, R36/37/38, R37/38 R66	EUH066	≤ 100
	R21	H312	> 1
	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	H314 (Corr. Cut. 1B y 1C) H361 H361f, H361d, H361fd H362 H371 (3) H373 (3)	≤ 10
3			

	R15/29	H311	>
	R24	H314 (Corr. Cut. 1A)	0,1
	R23/24, R24/25,	H317	≤ 1
	R23/24/25	H341	
	R29, R31	H351	
	R35	H360, H360F, H360FD,	
	R39/24,	H360D, H360Df, H360Fd	
	R39/23/24,	H370 ⁽³⁾	
	R39/24/25,	H372 ⁽³⁾	
4	R39/23/24/25	EUH029	
	R40	EUH031	
	R43		
	R42/43		
	R48/24,		
	R48/23/24,		
	R48/24/25,		
	R48/23/24/25		
	R60, R61		
	R68		
	R27	H310	$\leq 0,1$
	R26/27, R27/28,	H340	
	R26/27/28	H350	

	R32	EUH032
5	R39	EUH070
	R39/27,	
	R39/26/27,	
	R39/26/27/28	
	R45	
	R46	

- (1)
- (2) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10.
- (3) Cuando en el Documento Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España [F.2] figure la sustancia con notación “vía dérmica”.
- (4) Únicamente si la frase especifica vía dérmica. Si no especifica ninguna vía, se recomienda consultar las frases R para comprobar a qué vía o vías se refiere.

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

La tabla de categorización del peligro presenta las mismas modificaciones realizadas para la tabla del método para determinar el riesgo por inhalación, como el aumento de la categoría de las sustancias cancerígenas y mutagénicas, no incluye procesos o materiales comunes y la respectiva correspondencia a las frases H del Sistema Globalmente Armonizado.

Cuando se determina la clase de peligro de la sustancia a evaluar, se le asigna directamente un puntaje de acuerdo a Tabla 28. Puntuación por clase de peligro

Tabla 28. Puntuación por clase de peligro. Metodología INRS.

Clase de peligro	Puntuación de peligro
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Variable 2: Superficie Expuesta

En esta etapa de la evaluación del riesgo químico por exposición dérmica se evalúa la existencia de elementos de protección individual que se utilizan durante la actividad, y si estos son efectivos para evitar el contacto dérmico, la Tabla No. 29. Puntuación para superficies expuestas, da unos puntajes para cada superficie expuesta, incluye también

combinación de más de una superficie, como hombro y torso.

Tabla No. 29. Puntuación para superficies expuestas. Metodología INRS

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

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Variable 3: Frecuencia

Para la determinación de la frecuencia, la metodología establece la Tabla No. 30. Determinación del puntaje en función de frecuencias de exposición en un día, que va desde ocasional hasta permanente en función de las horas en el día que se maneja la sustancia.

Tabla No. 30. Determinación del puntaje en función de frecuencias de uso. Metodología INRS

Frecuencia de exposición	Puntuación de frecuencia
--------------------------	--------------------------

Ocasional: < 30 min/día	1
Intermitente: 30 min - 2 h/día	2
Frecuente: 2h - 6 h/día	5
Permanente: > 6 h/día	10

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Riesgo Químico por Exposición Dérmica

Cuando se determina las tres variables necesarias para realizar la evaluación de riesgo químico, se aplica la siguiente fórmula que conjuga los tres puntajes obtenidos durante el proceso de evaluación.

$$P_{piel} = P_{peligro} \times P_{superficies} \times P_{frecuencia}$$

El puntaje obtenido se compara en la siguiente Tabla No. 30. Evaluación del Riesgo Químico por exposición Dérmica, el cual prioriza la acción a tomar y propone control inmediato o una medición higiénica futura.

Tabla No. 31. Evaluación del Riesgo Químico por exposición Dérmica. Metodología INRS

Puntuación del riesgo	Prioridad de acción	Descripción del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)

$> 100 \text{ y } \leq 1.000$	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada
≤ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Ventajas y Desventajas

Tabla No. 32. Ventajas y Desventajas Metodología INRS.

Ventajas	Desventajas
La metodología evalúa el riesgo químico real, en base a la probabilidad de que se genere alguna consecuencia en el trabajador por exposición a sustancias químicas, porque tiene en cuenta el factor tiempo.	Los intervalos de clasificación de la frecuencia presentan intervalos separados, por lo cual da a la subjetividad de la persona, determinar la clase si se presenta valores que no se incluye en ninguno de estos intervalos, pudiendo evaluar de forma sesgada el riesgo.
Es la primera aproximación hacia evaluar los controles que se estén realizando para controlar el riesgo, en términos de	Subestima el riesgo en cuanto a la categorización de peligrosidad, en el caso que sean sustancias nuevas o que la hoja de

protección colectiva (Ventilación) y uno de seguridad de la sustancia no tenga frases R elemento de protección individual (EPI). o H a pesar de que exista frase asignada a la sustancia.

Puede ser una metodología de evaluación No cubre situaciones de exposición absoluta cuando se determina que el riesgo higiénica cuando se genera combustión o es bajo, se puede cerrar el estudio descomposición térmica de cualquier proponiendo vigilancia periódica, ya que sustancia. evalúa el riesgo real.

A pesar de que solicita más información La recomendación de acciones priorizadas que la metodología COSHH escenas, no no incluye medidas de acción requiere de un experto para la aplicación de recomendadas como ventilación entre otras la metodología, por lo tanto, es una posibles medidas, se limita a advertir si hay metodología de bajo costo. que tomar medidas correctivas.

Cubre dentro de las recomendaciones de acciones priorizadas las categorías mayores por su peligrosidad exigiendo medidas correctoras inmediatas.

Se puede aplicar de forma sistemática, lo que aumenta la posibilidad de que distintas personas que aplique la metodología llegue

a la misma conclusión.

En la figura 9a, 9b y 9c se muestra el diagrama de flujo de la metodología simplificada INRS.

Figura 5.a Diagrama de Flujo Metodología Simplificada INRS

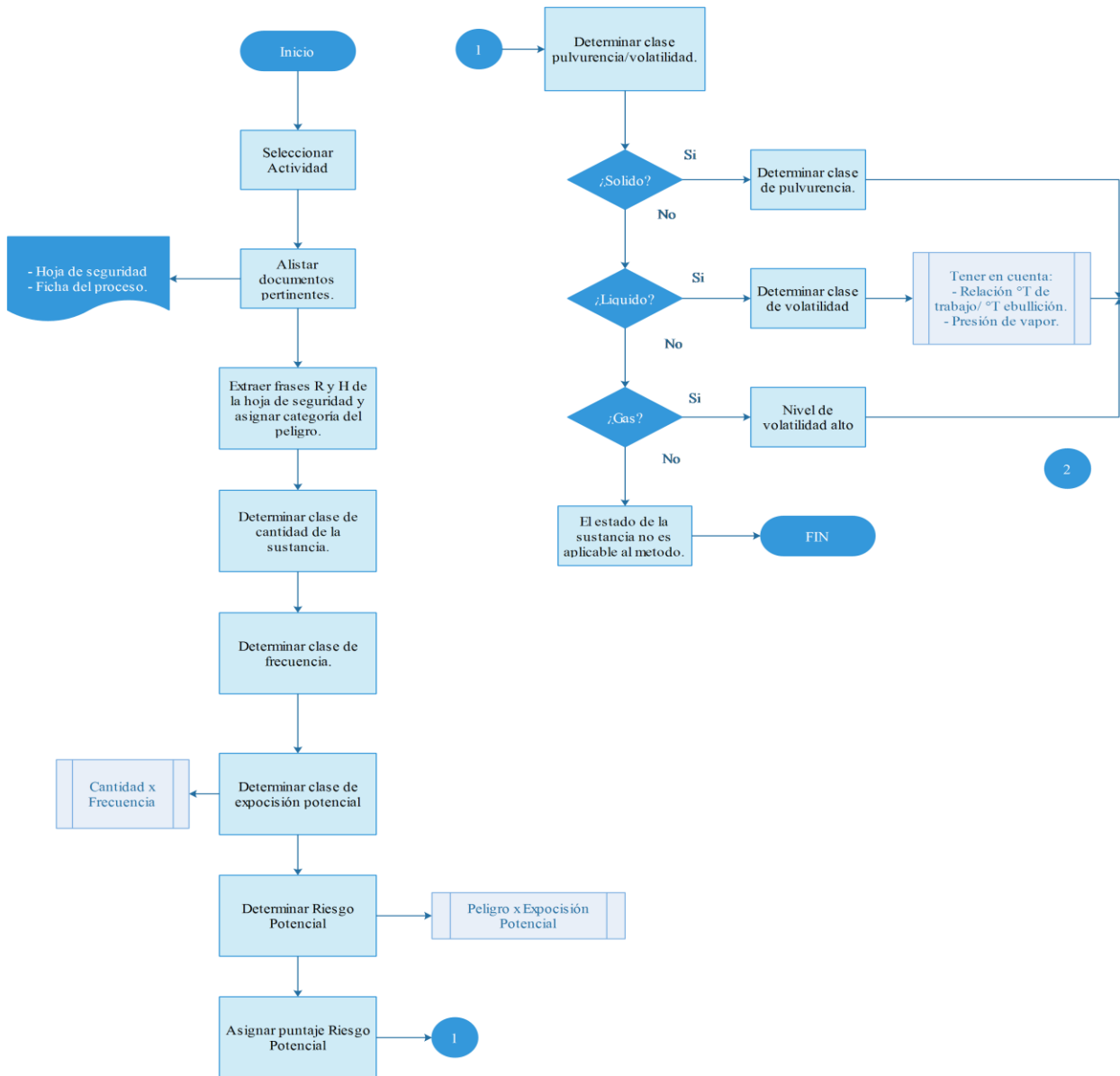


Figura 5.b Diagrama de Flujo de la Metodología Simplificada INRS (Cont.)

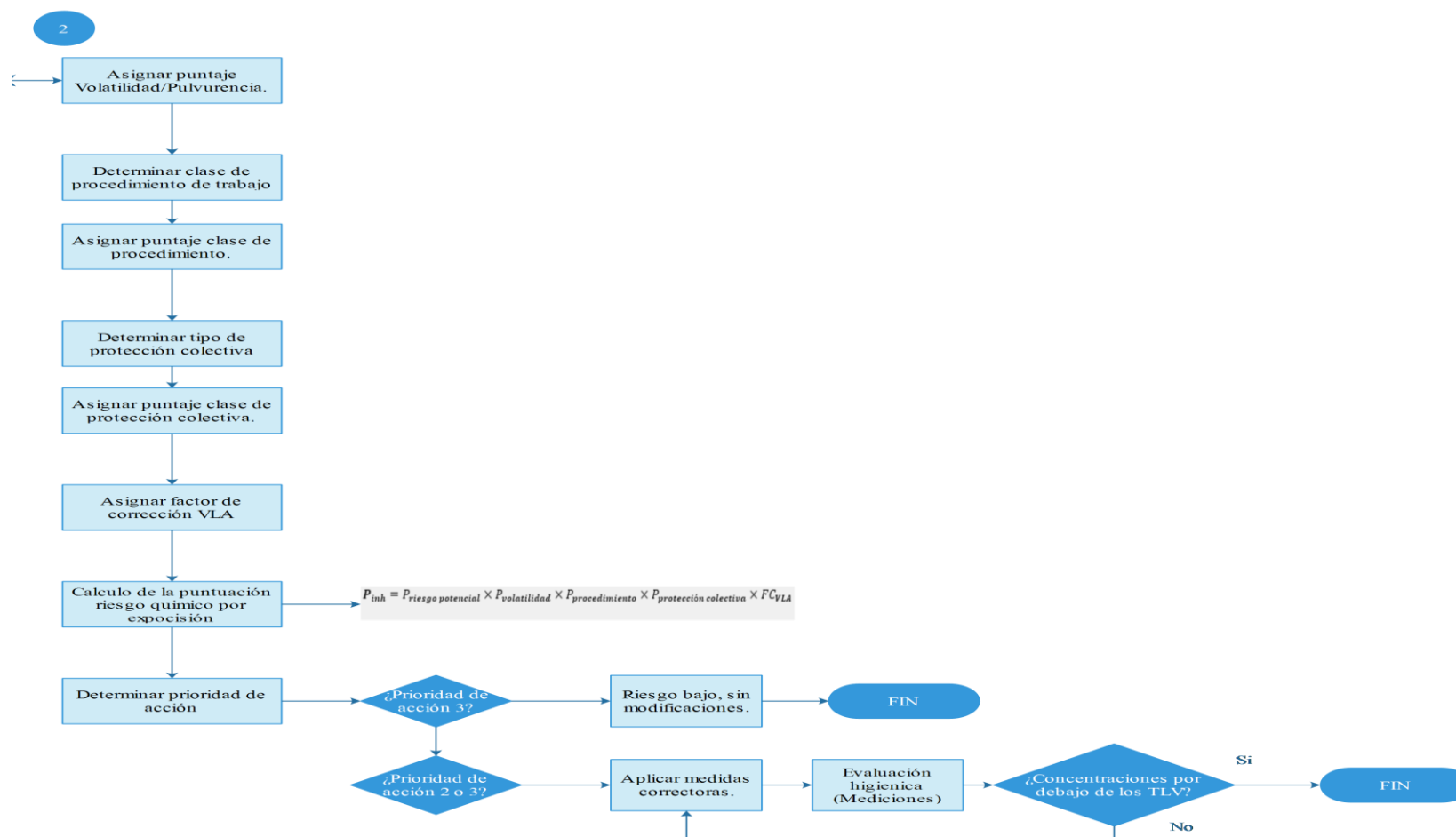
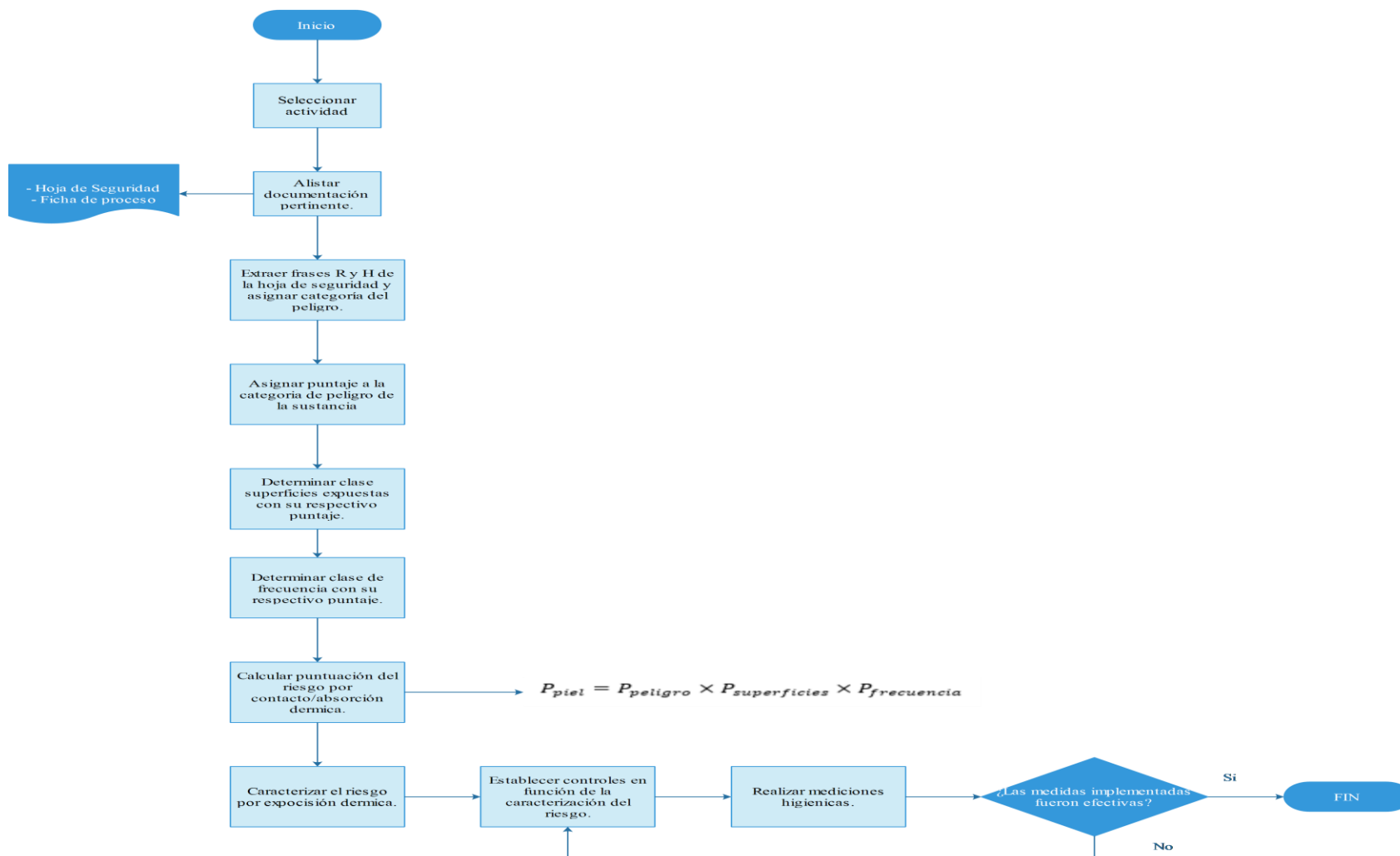


Figura 5.c Diagrama de Flujo de la Metodología Simplificada INRS (Cont.)



5.1.4.3.3 Metodología OIT **Generalidades**

Metodología utilizada internacionalmente para facilitar a las pequeñas y medianas empresas poder identificar peligros asociado al riesgo químico y facilitar la toma de decisiones hacia medidas de controles para disminuir el riesgo. Es una metodología resultado del trabajo colaborativo entre diferentes organizaciones internacionales de seguridad y salud laboral como la Organización Internacional de Higiene Ocupacional (IOHA) con representantes de Gran Bretaña, Estados Unidos, Australia, Suráfrica y Asia.

La finalidad del equipo que desarrollo el kit de herramientas para la evaluación y control del riesgo es desarrollar una metodología práctica, de fácil uso, que permita realizar una evaluación del riesgo basado en la clasificación de peligros del Sistema Globalmente Armonizado, facilitando la aproximación a medidas de control estandarizadas acorde a la peligrosidad y tipo de sustancia, haciendo prioridad a sustancias pesticidas y solventes industriales, también incluye directrices de manejo o control de humos y gases, aunque estos no estén incluidos en la categorización de riesgo por lo que no es una metodología que se aplique generalmente a actividades donde se generen gases o humos.

La aplicación del kit de herramientas implica de 5 etapas que comparte similitudes con las de la metodología COSHH Essentials, inicia desde la identificación de peligros y categorización de estos, determinar la cantidad, el potencial para pasar al ambiente y establecer la directriz de control para la sustancia.

La categorización de peligros de la metodología implica ubicar la sustancia en

cualquiera de los seis grupos definidos del A al E, siendo los últimos grupos los de mayor peligrosidad por exposición inhalatoria, incluyendo un grupo especial el S que indica que tan peligrosa puede ser la sustancia por exposición dérmica u ocular.

Variables Involucradas

Variable 1: Peligrosidad de la sustancia

Similar a las metodologías COSHH Essentials e INRS, la peligrosidad de la sustancia a través de las frases R es la principal entrada para iniciar la evaluación de riesgo, agrega unos pasos previos antes de utilizar la categorización de peligro; se debe confirmar que la sustancia no sea un solvente industrial, en caso de que lo sea, se debe extraer el nombre del compuesto y revisar si está incluido dentro de una lista de pesticidas para los cuales ya se les definió una categoría de peligro y su volatilidad; para el caso de que sea un pesticida, se procede a ir a la quinta etapa que propone las alternativas de control para el pesticida en evaluación (ILO 2006).

Si la sustancia no es solvente industrial ni pesticida, se extrae su frase R de la hoja de seguridad y se compara con la tabla de categorización de peligros para establecerle su grupo de peligro, la tabla incluye una columna con la clasificación de peligro del SGA (Sistema Globalmente Armonizado) que facilita la ubicación de la sustancia que tengan las mismas características de acuerdo a la hoja de seguridad.

Tabla No. 33. Categoría del Peligro – Metodología ILO.

Grupo de peligro	Frases R (UE)	Clasificación de peligro SGA (Clase/categoría)
A	R36, R38, R65, R66	Toxicidad aguda (letalidad) por cualquier ruta, clase 5 Irritante de la piel clase 2 o 3 Irritante ocular clase 2 Todos los polvos y vapores no ubicados en otra categoría.
B	R20/21/22, R40/20/21/22, R33, R67	Toxicidad aguda (letalidad) por cualquier ruta, clase 4 Toxicidad sistémica por cualquier vía de entrada, clase 2.
C	R23/24/25, R34, R35, R37, R39/23/24/25, R41, R43, R48/20/21/22	Toxicidad aguda (letalidad) por cualquier ruta, clases 3 Toxicidad sistémica por cualquier vía de entrada, clases 1 Corrosividad, subclase 1A, 1B o 1C Irritante ocular clase 1 Irritante del Sistema Respiratorio (Criterio del SGA a ser acordado) Sensibilizante de la piel.

		Toxicidad por exposición repetida, cualquier ruta, clase 2
D	R48/23/24/25, R26/27/28, R39/26/27/28, R40 Carc. Cat. 3, R60, R61, R62, R63, R64	Toxicidad aguda (letalidad), clase 1 o 2 Carcinogenicidad clase 2 Toxicidad por exposición repetida, cualquier ruta, clase 1 Toxicidad reproductiva clase 1 o 2
E	R42, R45, R46, R49, R68	Mutagenicidad clase 1 o 2 Carcinogenicidad clases 1 Sensibilizante respiratorio.
S	R21, R24, R27, R34, R35, R36, R38, R39/24, R39/27, R40/21, R41, R43, R48/21, R48/24, R66	Toxicidad aguda (letalidad), solamente vía dérmica, clase 1, 2, 3 o 4 Toxicidad sistémica, solamente vía dérmica, clase 1 o 2 Corrosividad, subclase 1A, 1B o 1C Irritante de la piel clase 2 Irritante ocular clase 1 o 2 Sensibilizante de la piel

Exposición toxica crónica, solamente
vía dérmica, clase 1 o 2.

Fuente: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina
Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

Variable 2: Uso de la sustancia química

De la cantidad que se maneje y la presentación o modo de manejo de la sustancia (estado físico) influye que tanto los trabajadores se exponen a las diferentes sustancias químicas, por lo tanto, se identifica la cantidad frecuente de manejo de la sustancia química por unidades de peso y en qué estado físico o presentación se maneja la sustancia, incluye los criterios para sólidos y líquidos para determinar la escala de cantidad.

Tabla No. 34. Escala de Cantidad. Metodología ILO.

Cantidad	Sólido		Líquido	
	Peso	Típicamente recibido en...	Volumen	Típicamente recibido en...
Pequeño	Gramos	Paquetes o botellas	Mililitros	Botellas
Medio	Kilogramos	Barriles o Tambores	Litros	Tambores
Grande	Toneladas	Gráneles	Metros Cúbicos	Gráneles

Fuente: Chemical Control Toolkit obtenido de: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

Variable 3: Capacidad de pasar al ambiente

De la capacidad de la sustancia de transferirse a la atmósfera de trabajo por su pulverencia a partículas, o por su volatilidad a gas dependerá la recomendación que se pueda establecer para reducir la liberación del agente y de este modo su exposición, para determinar las dos características se definen tres escalas para pulverencia y para volatilidad; en el caso de la volatilidad la metodología establece dos alternativas de establecer la escala, en función de la temperatura de ebullición de la sustancia a evaluar o de la relación de esta temperatura con la temperatura de trabajo, en cuanto a la pulverencia se determina en base del estado físico de la sustancia y como viene procesada, dicha información se puede obtener de la sección 9 de la hoja de seguridad de las sustancias.

Tabla No. 35. Escala de Pulverencia – Metodología ILO

Escala de Pulverencia	Descripción del material
Bajo	Pellets sólidos que no se rompen. Se visualiza poco polvo durante su uso, ejemplo: Pellets de PVC, escamas de cera, etc.
Medio	Sólidos granulares, cristalinos. Cuando es

usado, se puede ver polvo en el aire, pero se precipita rápido y queda impregnado en las superficies después de su uso, ejemplo: polvo de jabón.

Alto	Fino, polvos ligeros. Cuando es usado, nubes de polvo se forman y permanecen en el aire por varios minutos, ejemplo: Cemento, carbón negro, polvo de tiza.
------	--

Fuente: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina

Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

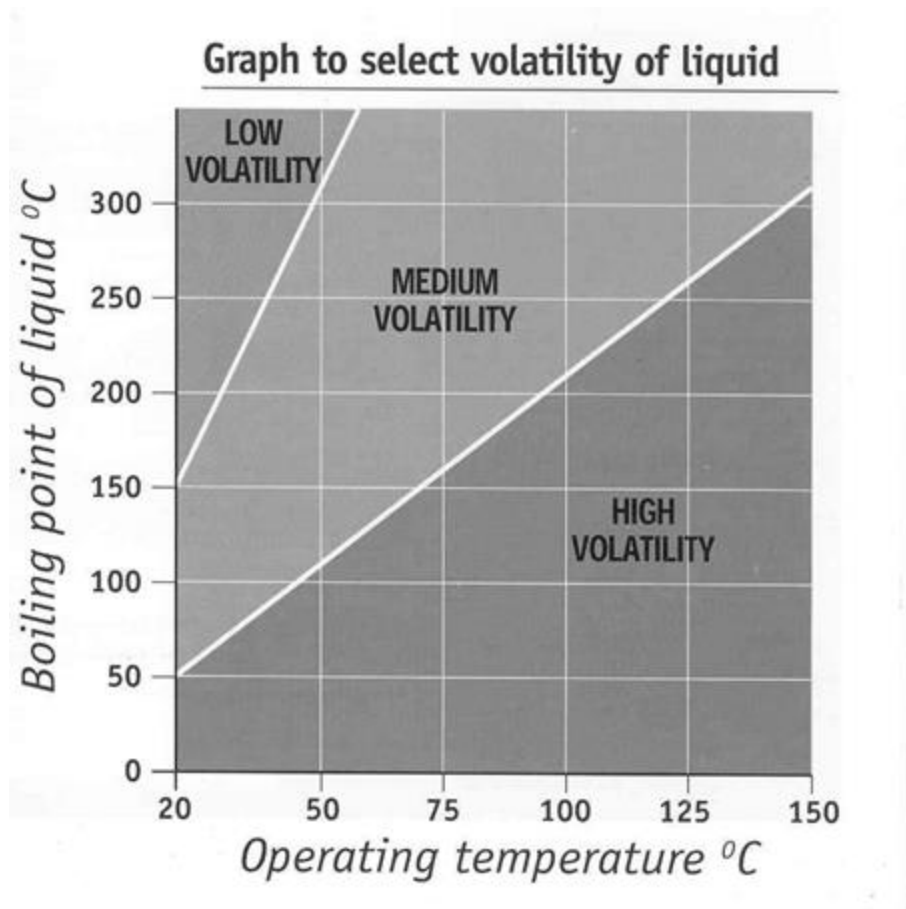
Tabla No. 36. Escala de Volatilidad – Metodología ILO

Escala de Volatilidad	Descripción
• Alta	Punto de ebullición por debajo de los 50°C
• Media	Punto de ebullición entre 50 y 150°C
• Baja	Punto de ebullición por encima de 150°C

Fuente: Chemical Control Toolkit obtenido de: International Chemical Control Toolkit –

Proyecto de directrices – Oficina Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

Figura No. 10. Escala de volatilidad en función de la relación entre la temperatura de ebullición y la temperatura de trabajo. Metodología ILO.



Fuente: Chemical Control Toolkit obtenido de: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

Aproximación a la medida de control recomendada

La metodología dista de proponer un nivel de riesgo de exposición a sustancia química, propone en función de la peligrosidad y ciertas condiciones de trabajo una aproximación o guía hacia medidas de control que ayudara a disminuir la presencia de la sustancia en el ambiente de trabajo.

Ya determinado la categoría de peligro, la cantidad y la pulvurencia/volatilidad de la

sustancia se relaciona todas las escalas en una tabla el cual indicara una categoría de acción que contendrá las medidas posibles que le ayudara a controlar la exposición de los trabajadores con la sustancia.

Tabla No. 37. Determinación del grupo de aproximación de controles. Metodología ILO

Escala de Cantidad	Baja Pulvurencia/ Volatilidad	Volatilidad media	Pulvurenci a Media	Alta Pulvurencia/ Volatilidad
Grupo de Peligro A				
Baja	1	1	1	1
Media	1	1	1	2
Alta	1	1	2	2
Grupo de Peligro B				
Baja	1	1	1	1
Media	1	2	2	2
Alta	1	2	3	3
Grupo de Peligro C				
Baja	1	2	1	2
Media	2	3	3	3
Alta	2	4	4	4
Grupo de Peligro D				
Baja	2	3	2	3
Media	3	4	4	4

Alta	3	4	4	4
------	---	---	---	---

Grupo de Peligro E

Para todas las sustancias ubicadas en este grupo, se utiliza la aproximación de controles 4.

Fuente: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina

Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

Para el uso de la tabla de determinación del nivel de acción, se ubica primero la categoría o grupo de peligro de la sustancia a evaluar, posterior se ubica la escala de cantidad asignada y por último la escala de pulvurencia/volatilidad que haya obtenido en su respectiva determinación, de este modo se obtiene un nivel de aproximación de medida de control. Cada grupo de enfoque de control establece una directriz principal y contiene varias propuestas de control posible, los cuales se pueden acceder a una base de datos que ofrece la página de la ILO, la cual esta referenciada en la sección 6.6 de este documento. De acuerdo al valor obtenido en la anterior tabla, se busca el grupo de enfoque de control y se procede a descargar el documento.

Cada grupo contiene una serie de directrices por actividad específica, estableciendo actividades comunes donde se presenta contacto con alguna sustancia química, también incluye un documento con directrices generales de control para el grupo de enfoque de control que puede aplicarse a cualquier sector o actividad; en el caso que se requiera una directriz específica a la actividad, se busca la actividad en el listado de directrices por grupo de enfoque de control correspondiente a la sustancia ya evaluada, en el caso de que se

encuentre se da click en el código que dará acceso a la url donde se encuentra la directriz.

Para el caso de pesticidas, no se requiere realizar los pasos de la guía, se va directamente a la lista de acciones recomendadas para pesticidas y se descarga la directriz acorde a la actividad que se pretenda controlar.

Tabla No. 38. Tabla de Directrices de Control para Pesticidas.

Descripción de la tarea	Tarea recomendada
Dilución de la concentración	P100
Aplicación (pulverización y formación de polvo)	P101
Fumigación	P102
¿Se usa cebos envenenados?	P103
¿Se disponen los contenedores usados?	P104

Fuente: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina

Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

Tabla No. 39. Directrices de control para riesgo inhalatorio. Metodología ILO

Descripción de la Tarea	Código de directriz de control.
Enfoque de Control 1	
Principios generales	100
Almacenamiento de tambores, sacos y botellas	101

Almacenamiento a granel	102
Extracción de residuos procedentes de la unidad de limpieza de aire	103
Enfoque de Control 2	
Principios generales	200
Banco de trabajo o armario ventilado	201
Cabina ventilada	202
Extracción de residuos procedentes de la unidad de limpieza de aire	203
Transferencia del transportador	204
Ensacado	205
Vaciado de sacos	206
Carga del reactor o mezclador de saco o barril	207
<hr/>	
Llenado del tambor	208
El tambor vaciado con una bomba de tambor	209
Pesaje	210
Mezclar líquidos con líquidos o sólidos	211
Mezcla de sólidos	212
Tamizado	213
Cribado	214

Pintura con pistola	215
Decapado / del baño de chapado	216
Baño de desengrase por vapor	217
Horno de secado de bandejas	218
Peletización	219
Prensa de tabletas	220
llenado del tambor	221
Enfoque de control 3	
Principios generales	300
Guantera	301
La eliminación de los residuos de la extracción de la unidad	302
Transferencia de sólidos	303
Vaciado de sacos de alto rendimiento	304
Llenado del tambor	305
Vaciado de tambor	306
IBC de llenado y vaciado (sólidos)	307
IBC de llenado y vaciado (líquidos)	308
Cisterna de llenado y el vaciado (sólidos)	309
Cisterna de llenado y el vaciado (líquidos)	310
Llenado de barriles	311
Transferencia de líquido bomba	312

Llenado de envases pequeños (paquetes y botellas)	313
Pesaje de sólidos usando célula de carga	314
Pesaje de líquidos usando célula de carga	315
Mezcla de sólidos	316
Mezclar líquidos con líquidos o sólidos	317
Baño de desengrase de vapor	318

Enfoque de Control 4

Principios generales	400
----------------------	---------------------

Fuente: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

En caso de que la sustancia haya sido ubicada dentro del grupo de peligros alusivos a la piel y ojos se utiliza el siguiente listado de directrices de control. También si se desea tener mayor claridad respecto a la protección a usar en actividades de manejo de sustancias químicas, la ILO ofrece un documento con las directrices para protección respiratoria.

Tabla No. 40. Directrices de control para riesgo dérmico y ocular, recomendaciones para selección y uso de equipos de protección respiratoria. Metodología ILO

Enfoque de Control: Riesgo dérmico y ocular	Código de Directriz de control
Cómo reducir el contacto de la piel con sustancias peligrosas Equipos de protección respiratoria	Sk100
Selección y uso de equipos de protección respiratoria	R100

Fuente: Chemical Control Toolkit obtenido de: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

La metodología ofrece directrices adicionales de control para la protección ambiental, ofreciendo controles hacia la protección de la población de los efectos perjudiciales que puede ocasionar las sustancias químicas, teniendo en cuenta que cualquier escenario de contaminación puede poner en riesgo la salud de trabajadores como de demás personas, por lo tanto, cada directriz va enfocada al control de un tipo de emisión; aire, agua y residuos ordinarios y peligrosos. También para el componente de seguridad ofrece un documento con directrices que ayuda a establecer sistemas de cierre, bloqueo o candado para garantizar la seguridad durante operaciones de mantenimiento.

Tabla No. 41. Directrices de control para riesgo ambiental y peligros de seguridad de equipos. Metodología ILO

Descripción de la directriz	Código de la directriz de control
Seguridad	
Las principales características del sistema de bloqueo / etiquetado	S100
Medio Ambiente	
El control de emisiones a la atmósfera	E100
El control de las emisiones al agua	E200
La eliminación segura de los residuos sólidos	E300

Fuente: Chemical Control Toolkit obtenido de: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

Ventajas y Desventajas

Tabla No. 42. Ventajas y Desventajas. Metodología ILO.

Ventajas	Desventajas
<p>La metodología se enfoca en buscar un enfoque de control, que ofrece recomendaciones de control operativo, acorde a la peligrosidad de la sustancia y características de la misma en la actividad evaluada.</p>	<p>El resultado obtenido dista de ofrecer una visión del riesgo por exposición química, la metodología busca determinar los controles más recomendables para reducir el riesgo, sin necesidad de evaluarlo exhaustivamente.</p>
<p>Es una metodología de fácil aplicación y adoptable por pequeñas y medianas empresas.</p>	<p>No evalúa directamente la exposición a sustancias como gases y/o humos generados por las actividades.</p>
<p>La información de sustento se puede recolectar fácilmente por personal operativo, por lo tanto, un operario o cargo superior puede aplicarlo fácilmente.</p>	<p>No establece directrices de control específica para las sustancias de categoría de peligro 4, determina la necesidad de un experto para establecer medidas de control, lo que implicaría costos adicionales.</p>
<p>Separa los criterios de calificación para las sustancias perjudiciales por contacto dérmico y ocular.</p>	<p>Algunos criterios de peligrosidad para sustancias especiales se encuentran por determinar para sustancias sensibilizantes del sistema respiratorio (categoría 3) por</p>

parte del SGA, por lo tanto, se evidencia un sesgo en la determinación de controles.

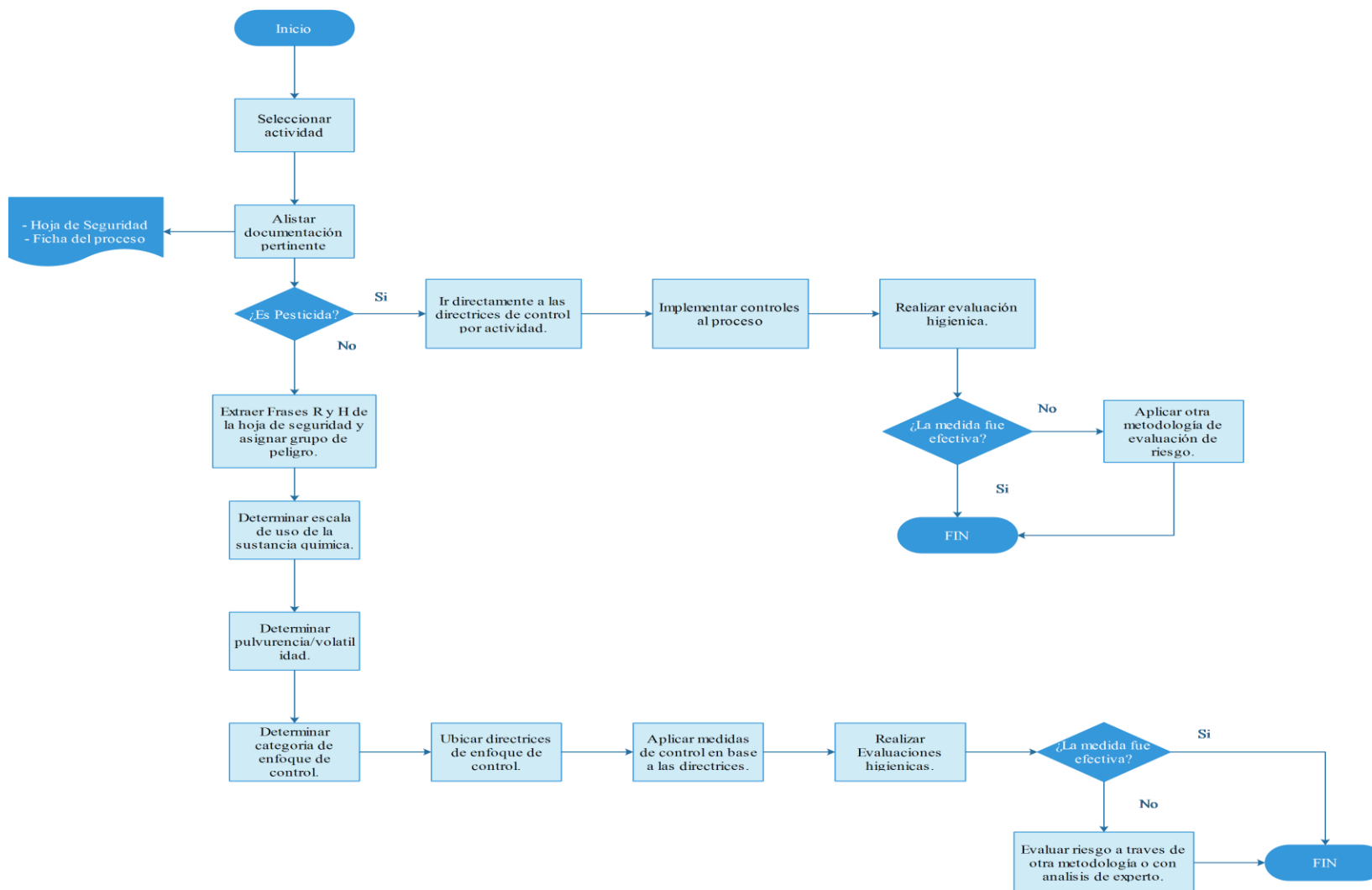
Ofrece directrices de control para escenarios de contaminación ambiental o para garantizar la seguridad en actividades de mantenimiento de equipos los cuales incluyen mantenimiento para control de exposición a las sustancias químicas. No se encuentra actualizada en termino de criterios de peligrosidad del Sistema Globalmente Armonizado, no han adecuado los nuevos criterios a la metodología.

Las directrices de control enfocadas a ventilación pueden controlar efectivamente vapores y gases emitidos por las actividades, aunque no se evalúa este tipo de sustancias dentro de la metodología.

Ofrece un criterio complementario para determinar la escala de volatilidad/pulvurencia, asegurando una adecuada evaluación.

Fuente: Los Autores.

Figura 11. Diagrama de Flujo metodología Chemical Control Kit (CCKT) – Oficina Internacional de Trabajo (ILO).



5.1.4.3.4 Metodología BAUA: Esquema de Control Fácil de Usar en el Sitio de Trabajo para Sustancias Químicas.

Desarrollada por el Instituto Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo de Alemania, como resultado de una ordenanza impuesta a las pequeñas y mediana empresas de establecer estándares de proceso que generen condiciones seguras de trabajo con sustancias químicas, en especial las que no cuenten con valores límites permisibles establecidos. Como lo plantea la metodología propone ser de fácil uso para que las empresas, que permita una evaluación inicial del riesgo en función de variables del proceso como la cantidad usada, potencial de paso al ambiente y probabilidad de contacto con la piel.

Esta aproximación al nivel de riesgo químico permitirá definir qué tipo de medidas de control y protección deben ser implementados, definidos en grupos o niveles de protección determinados por la peligrosidad de la sustancia (clasificación de peligro del Sistema Globalmente Armonizado); siendo las acciones del grupo de protección 1 directrices básicas para la prevención de riesgos, hasta el nivel 4 que son medidas para el control de sustancias cancerígenas, mutagénicos y tóxicas para la reproducción.

Estas metodologías de fácil aplicación se dirigen tanto para personal especializado y líderes de gestión del sistema de seguridad y salud en el trabajo, expertos en tema de diseño de hojas de seguridad, gerentes que toman decisiones en la compra y uso de sustancias químicas y trabajadores interesados o involucrados en el proceso.

La metodología contiene unas restricciones en su aplicación de acuerdo a las siguientes condiciones o situaciones para los que no es aplicable la metodología; no se puede aplicar para actividades que involucran sustancias químicas, las cuales ya cuentan con valores

límite permisibles definidos en el documento de reglas técnicas para el manejo de la sustancias químicas TGRS-900 (Alemania) (BAUA 2006); para sustancias que pueden generar un peligro de seguridad como incendios y explosiones, recomienda un análisis de riesgo más exhaustivo para determinar el nivel de riesgo (BAUA 2006); actividades que generen productos de combustión o que sufren descomposición termina (gases y humos), debido a que la metodología no ofrece medidas de protección recomendadas para esta situación; para sustancias que requieren medidas especiales de control como sustancias utilizadas en actividades de construcción, demolición, limpieza y reciclaje de sustancias nuevas; para actividades de manipulación de gases y sustancias que implican un riesgo ambiental.

Variables Involucradas

La recopilación de variables es el resultado de una recopilación documental y una observación de campo, de donde se registra información primaria que facilitará la comprensión del contexto durante la aplicación de la metodología, por lo tanto, la metodología dentro del procedimiento establece como primera actividad la visita en campo para poder tomar registro fotográfico entre otros que servirá de insumo para la aplicación de la metodología.

Variable 1: Peligrosidad de la sustancia

La peligrosidad de la sustancia química determinada por la frase R provienen de la sección 15 de la hoja de seguridad de la sustancia, estas se relacionan con el pictograma de peligro del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) contenida en la hoja de seguridad en

la sección 2 (Resumen de peligros), de esta dependerá la asignación de la tabla de categoría del riesgo donde se ubica la frase R tabla para determinar el grupo de peligro al cual pertenece, existe una tabla donde se agrupa las sustancias que no contienen pictogramas de toxicidad y alta toxicidad (calavera y fémures cruzados) y otra para sustancias peligrosas que tienen el pictograma previamente dicho. Dentro de los grupos de peligro los que tengan la letra H anticipado a la letra (HA, HB, etc.) corresponde al grupo de sustancias peligrosas por exposición dérmica, los demás corresponde a grupos de peligro por exposición inhalatoria.

Tabla No. 43 Grupos de peligros para sustancias que no contengan pictograma de toxicidad y alta toxicidad por vía inhalatoria y dérmica, metodología BAUA

Grupo de Peligro	Frase R Correspondiente
A	No contiene frases R concernientes a efectos en la salud, R 36, R 37, R 65, R 67
B	R 20, R 22, R 41, R 68/20, R 68/22, sus propiedades no son bien conocidas.
C	R 34, R 35, R 40, R 42, R 48/20, R 48/22, R 62, R 63, R 68
HA	R 66
HB	R 21, R 38, R 48/21, R 68/21

HC	R 34, R 40, R 62*, R 63*, R 68*, las propiedades no son bien conocidas.
HD	R 43
HE	R 35

Fuente: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas obtenido de Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Tabla No. 44 Grupos de peligros para sustancias que contengan pictograma de toxicidad y alta toxicidad (T, T+) por vía inhalatoria y dérmica, metodología BAUA

Grupo de Peligro	Frases R Correspondiente
C	R 23, R 25, R 29, R 31, R 39/23, R 39/25
D	R 26, R 28, R 32, R 39/26, R 39/28, R 48/23, R 48/25, R 61
E	R 45, R 46, R 49, R 60
HC	R 24, R 39/24, R 48/24
HE	R 24 <u>and</u> R 34, R 27, R 39/27, R 61*

Fuente: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas obtenido de Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Las sustancias que contenga únicamente pictogramas de seguridad como incendio, explosión o de riesgo ambiental se ubican en el grupo de peligro A, se recomienda al

momento de tomar medidas de control, tener en cuenta estas consideraciones adicionales para el control de este tipo de riesgo. Si la información de pictogramas y frases R no están presente, se contacta con el proveedor de la sustancia química para obtener la información, en caso de que sea insuficiente se asigna dentro de los grupos B y HC.

Variable 2: Cantidad

La determinación de la categoría de cantidad de la sustancia es similar a la establecida por la metodología COSHH Essentials, estableciendo 3 clases para la sustancia en función de las unidades de masa o volumen en que se manipulen las sustancias.

Tabla No. 45. Grupo de cantidad, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.

Grupo de cantidad	Sólidos	Líquidos
Bajo	G	ml
Medio	Kg	l
Alto	T	m ³

Fuente: Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Variable 3: Capacidad de pasar al ambiente

La metodología establece una tabla de clasificación de la capacidad de transferencia de la sustancia a la atmósfera en función del estado físico o presentación de la sustancia, la

temperatura de ebullición, la temperatura del ambiente o de operación y la presión de vapor como consideración adicional para caso en el cual la sustancia se maneje a diferentes temperaturas, vale aclarar que se debe contar con la presión de vapor en condiciones de temperatura alusivas a la operación (BAUA 2006).

Tabla No. 46. Grupo de pulvurencia, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.

Categoría Pulvurencia	Criterio
Bajo	Si la sustancia peligrosa es en forma de pellets, una cera o gránulos o si la actividad sólo produce muy poco polvo.
Medio	Si la sustancia peligrosa es en forma de un polvo grueso o si la actividad produce el polvo que se deposita de nuevo rápidamente y el polvo está presente en las superficies circundantes.
Alto	Si la sustancia peligrosa es en forma de un polvo fino o si la actividad produce nubes de polvo que permanecen en el aire durante varios minutos

Fuente: Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal

Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

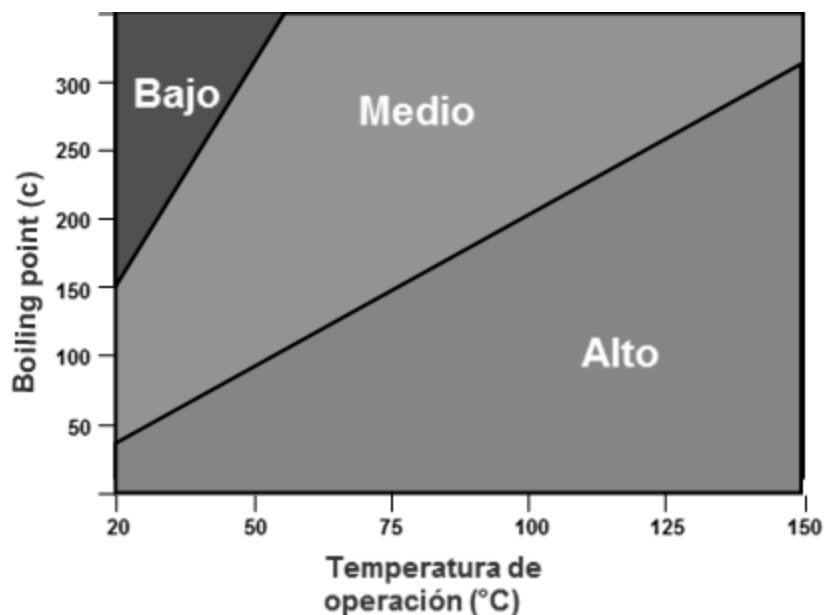
Tabla No. 47. Potencial de transferencia al medio, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas.

Sólidos		Líquidos		
Categoría de transferencia	Pulvurencia	Temperatura y presión normal (T ~ 20 °C)	Cualquier cambio de temperatura (°C) Temperatura de Operación(TO)	Presión de vapor (kPa en condiciones de TO)
Bajo	Baja	Punto de Ebullición sobre los 150 °C	$b. p. \geq 5 \times TO + 50$	< 0.5
Medio	Medio	Punto de Ebullición entre 50 y 150 °C	Otros casos	0.5 - 25
Alto	Alto	Punto de Ebullición por debajo de los 50 °C	$b. p. \leq 2 \times TO + 10$	> 25 kPa

Fuente: Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal

Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Figura 12. Volatilidad en función de la relación de temperatura de trabajo y temperatura de ebullición, metodología BAUA



Fuente: Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Estrategia de Control para Inhalación

Obtenidos los grupos de peligro, cantidad y potencial de transferencia al ambiente se relacionan todas las variables de riesgo químico por exposición inhalatoria con el fin de llegar al nivel de protección recomendado para el manejo de la sustancia a evaluar, ubicando primero el grupo de peligro, posterior dentro de la columna de cantidad la clase respectiva de la sustancia y por último la categoría de transferencia al ambiente en las

columnas superiores, finalmente se ubica el nivel de protección requerido.

Tabla No. 48 Estrategia de control para inhalación, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas

Grupo de Peligro	Cantidad	Grupo de Transferencia al ambiente			
		Bajo	Medio	Alto	
A	Bajo	1	1		1
	Medio	1	1		2
	Alto	1	Líquido (1)	Sólido (2)	2
B	Bajo	1	1		1
	Medio	1	2		2
	Alto	1	Líquido (2)	Sólido (3)	3
C	Bajo	1	Sólido (1)	Líquido (2)	2
	Medio	2	3		3

	Alto	2	3		3
D	Bajo	2	Solido (2)	Liquido	3
				(3)	
	Medio	3	4		4
	Alto	3	4		4
E	Revisión de Experto				

Fuente: Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal

Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Evaluación del riesgo por exposición dérmica

Para determinar la estrategia de control para riesgo dérmico se tiene en cuenta dos criterios, las superficies expuestas durante el manejo de la sustancia y el tiempo de exposición efectiva estableciendo en base a un tiempo de referencia que es 15 minutos, ambos criterios se manejan en escala dicotómica. La determinación de la estrategia de valoración es más fácil para exposición dérmica que por inhalación, lo que facilita la implementación de estrategias de forma complementaria a las medidas que se tomen para reducir el riesgo por inhalación.

Tabla No. 49. Escala de exposición dérmica, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas

Escala	Superficies Expuestas
Pequeño	Escala pequeña de exposición (por salpicaduras)
Grande	Contacto de mayor escala (manos y extremidades superiores)

Fuente: Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Tabla No. 50 Escala de duración de la exposición, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas

Escala	Duración del contacto efectivo
Corta	Menor de 15 minutos / día
Larga	Más de 15 minutos / día

Fuente: Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Determinados las superficies expuestas durante la manipulación de sustancias químicas y el tiempo de exposición efectivo acorde a la categoría de riesgo dérmico (Categorías H) se ubica los resultados en la siguiente tabla, en el siguiente orden; se ubica la categoría del peligro determinada para la sustancia, luego se ubica la escala de exposición de superficies y por último la escala de duración de la exposición a la sustancia, finalmente obtenemos el nivel de estrategia de control recomendado.

Tabla No.51 Estrategia de control para exposición dérmica, metodología BAUA: Esquema

Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas

Categoría de Peligro Dérmica	Escala Superficies expuestas	Escala de Duración	Nivel de Control de la estrategia
HA	PEQUEÑO	Corto	1
		Largo	1
	LARGO	Corto	1
		Largo	2
HB	PEQUEÑO	Corto	1
		Largo	2
	LARGO	Corto	2
		Largo	2
HC	PEQUEÑO	Corto	1
		Largo	2
	LARGO	Corto	2
		Largo	3

HD	PEQUEÑO	Largo	2
		Corto	2
	LARGO	Largo	2
		Corto	3
HE	PEQUEÑO	Largo	3
		Corto	3
	LARGO	Largo	3
		Corto	3

Fuente: Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal

Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Estrategia de Control por Inhalación y Dérmica

Los niveles de estrategia de control del riesgo lleva a una directriz de control que recomienda actividades que ayudan a disminuir el riesgo por exposición a sustancias químicas, no determina la probabilidad de una consecuencia a la salud, va directamente a establecer la estrategia de control posible para la actividad o en el caso que sea una actividad nueva o no esté incluida en la lista de directrices se utiliza el documento de directrices generales, estas se agrupan en cuatro niveles de protección las cuales se muestran a continuación con las respectivas actividades comunes donde se manejan

sustancias químicas para las cuales existen directrices de control recomendadas, estas directrices son las mismas definidas por la Oficina Internacional del Trabajo utilizadas en la metodología Chemical Control Toolkit, para la obtención de esta metodología se puede acceder al siguiente link que lleva al documento () este resume todas las directrices de acuerdo a su grupo de enfoque de control.

A continuación, se muestra las estrategias de control distribuidas por los grupos de protección.

Tabla No. 52 Directrices de control recomendadas por grupo de protección, metodología BAUA: Esquema Fácil de Usar para el manejo de Sustancias Químicas

Grupo de Protección	Directrices	Documento directriz recomendada (ILO)
1	Las directrices definidas para este nivel de protección se enfocan a controles de tipo administrativo que disminuya la exposición de los colaboradores a la sustancia química, controlar las cantidades manejadas y diseñar puestos de trabajo, instalar controles de ventilación entre otras medidas higiénicas. Se recomienda evaluar las	Directriz 100: Requisitos mínimos – Ventilación General. Directriz 101: Requisitos mínimos – Almacenamiento.

medidas implementadas cada tres años por lo menos.

- 2 Las medidas recomendadas se enfocan Directrices:
- hacia la sustitución de sustancias químicas por otras menos peligrosas o modificar el proceso controlando posibles transformaciones de la sustancia que pueda ocasionar peligro o reducir la exposición a la misma. Algunos procesos estándar contienen su respectivo documento con su directriz, estas recomendaciones de control incluyen ventilación, actividades de desplazamiento de sustancias, mezcla de sustancias y pesaje de materiales, etc.
- Para la protección contra exposición dérmica establece la toma de medidas correctivas cuando se presenten condiciones de exposición a grandes cantidades, pero en un periodo corto de tiempo, o cuando la exposición es
- 200: Ventilación local extractiva.
- 201: Campanas extractora de humos.
- 204: Remoción de polvos del sistema de separación.
- 206: Llenado de bolsas.
- 210: Alimentación de tanques de bolsas y pequeños contenedores
- 212: Llenado de Tambores
- 213: Vaciado de tambores por bombeo
- 215: Pesado de Solidos
- 217: Mezcla liquida con
-

prolongada, aunque la concentración a líquidos o sólidos en la que se está expuesta es baja. tambores.

En el caso de requerirse mayores 230: Producción de medidas de protección, para sustancias gránulos.

perjudiciales para la piel, se recomienda controles de tipo locativo, señalización, controles de tipo operativo a través de instructivos, restricción de actividades para sustancias con frase R R63 (Toxico para la reproducción).

Recomienda como parte de las recomendaciones actividades enfocadas a vigilar la salud de los empleados por medio de exámenes periódicos, concertación con empleados para toma de decisiones, inspecciones de seguridad periódicas entre otras.

- 3** Las directrices priorizan los controles Directrices del grupo de hacia la contención o asilamiento de la enfoque 3: sustancia en el proceso, en el caso de 300: Sistemas cerrados que la sustancia no pueda sustituirse, se

recomienda aplicar sistemas cerrados para actividades de contenedores, almacenamiento, transporte, manejo y disposición de residuos.

310: Llenado y vaciado de vehículos por tanque.

312: Transferencia de líquidos por bombeo.

En caso de que no sea viable aplicar un sistema cerrado, se debe tomar medidas adicionales para protección por la piel, en los casos especiales que la sustancia tenga alguna de estas frases R: 24, 39/24, 48/24.

La vigilancia de la efectividad de las medidas implementadas se realiza de forma regular, verificando la aplicación de las medidas que ayuden a reducir el riesgo.

4 Requerirá de un estudio más específico Directriz 400.

y guiado por un experto en higiene y seguridad, se pueden aplicar cualquier directriz establecida a nivel nacional (NTC, TGRS, entre otras) que reduzca la exposición a sustancias cancerígenas

(BAUA 2006).

Fuente: Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances– Federal

Institute for Occupational Safety and Health (BAUA) 2006.

Ventajas y Desventajas

Tabla No. 53. Ventajas y Desventajas. Metodología BAUA

Ventajas	Desventajas
No requiere para el proceso de análisis del riesgo valores TLV para la sustancia química.	La valoración del riesgo es de tipo potencial, se enfoca en la determinación de la actividad en función al grupo de protección.
La clasificación de medidas de control es de fácil comprensión, determina controles claros para cada nivel de protección.	No incluye medidas de control para reducir la exposición a sustancias con categoría de protección 4, implica futura evaluación con experto.
Permite aplicar directivas recomendadas de la metodología Chemical Control Toolkit (ILO) facilitando su aplicación en otros países.	Algunas directrices para el control del peligro se basan en documentos técnicos aplicables al país alemán únicamente, como las medidas de control de exposición

para sustancias cancerígenas.

El proceso de evaluación del riesgo no requiere de su aplicación por experto lo que la hace de bajo costo de aplicación.

La dificultad de acceso a algunas directrices de control por motivos de que no se encuentran disponibles en inglés para ser utilizados.

Incluye criterios de protección para sustancias que generan daño por exposición dérmica.

Aplica principios de prevención para la determinación del nivel de protección para el caso de sustancias las cuales no posean información como límites máximos permisibles y frases R definidas en su hoja de seguridad.

Figura 13.a Diagrama de Flujo Metodología BAUA.

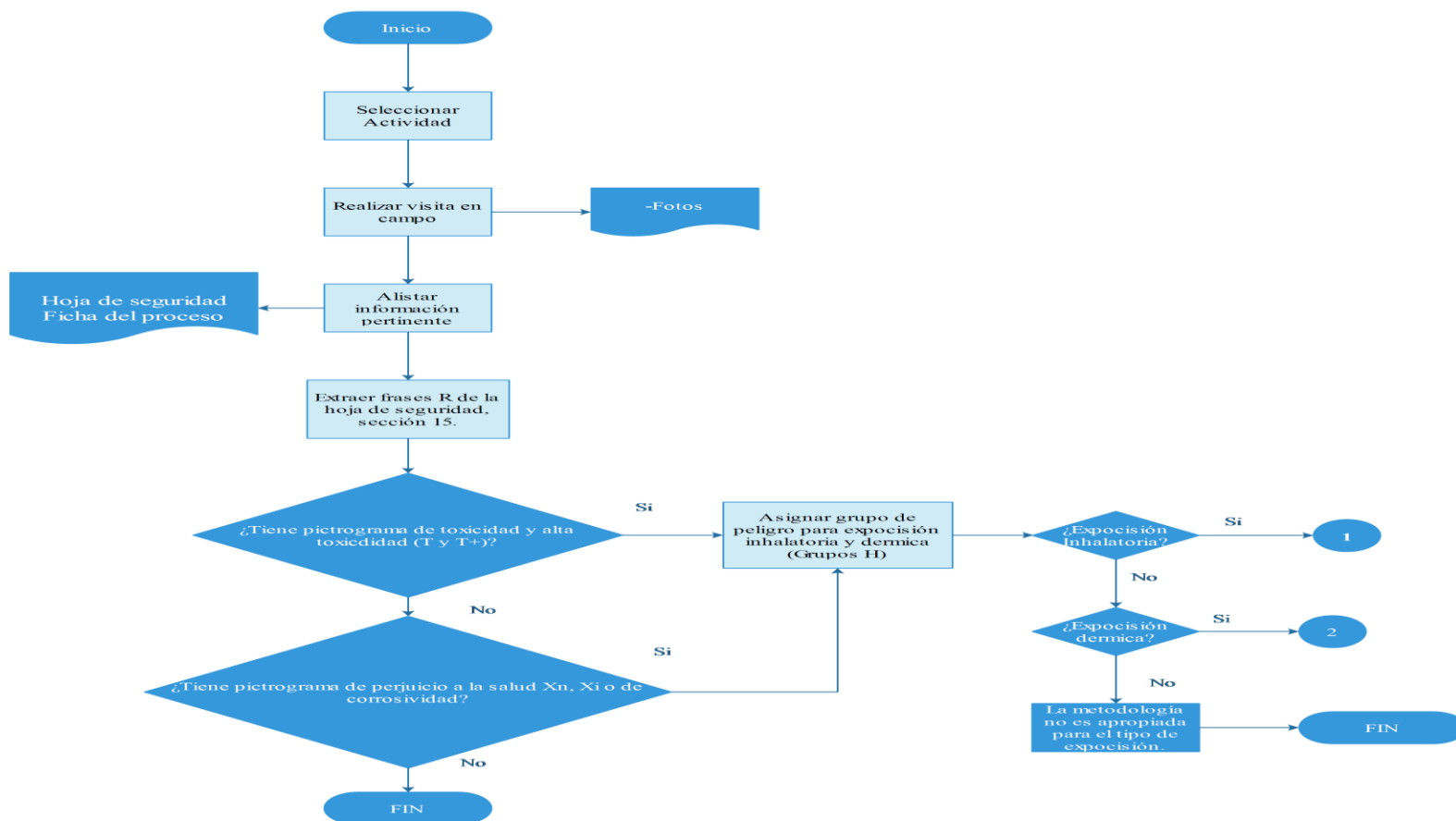


Figura 13.b Diagrama de Flujo Metodología BAUA. (Cont.)

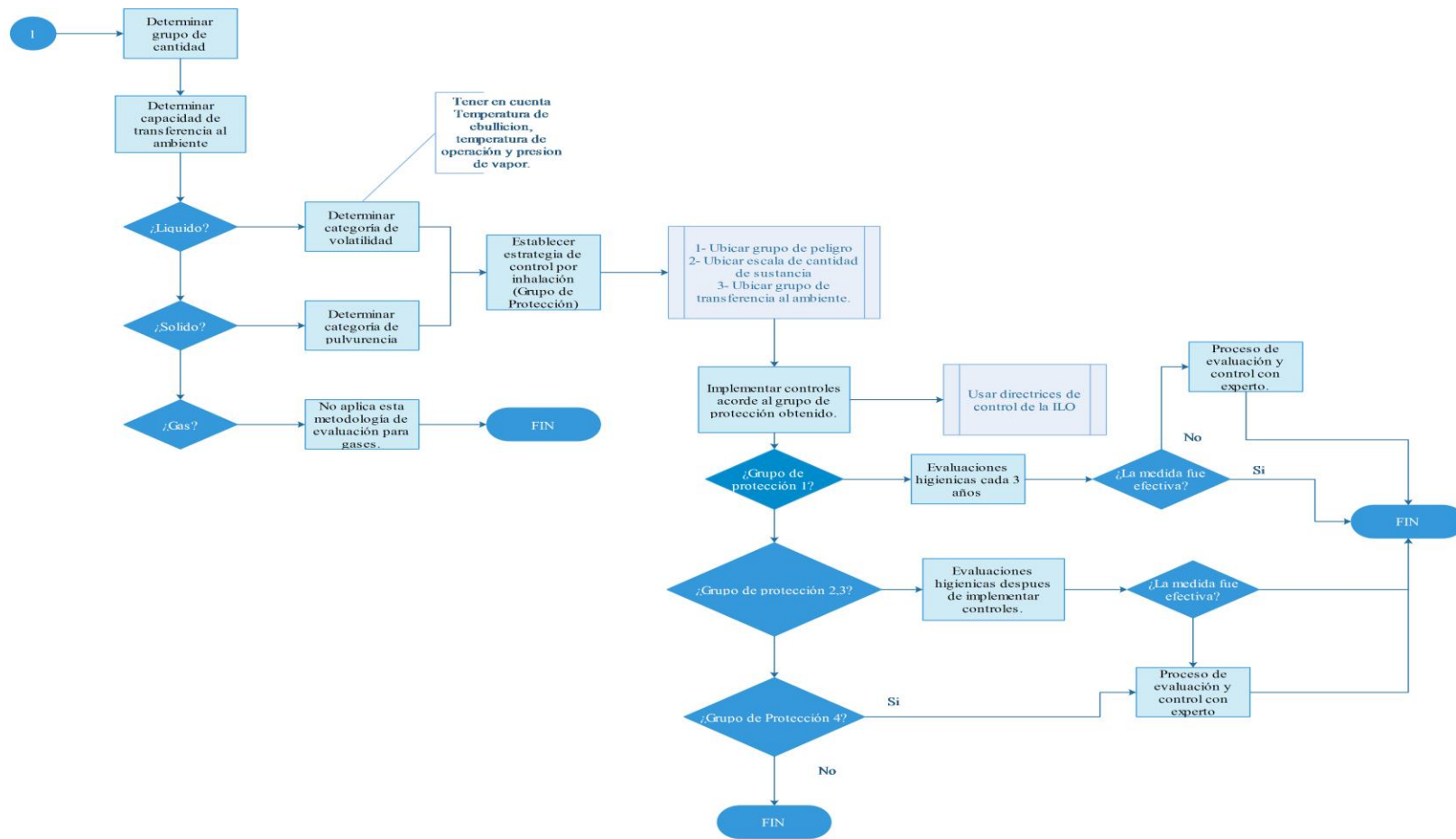
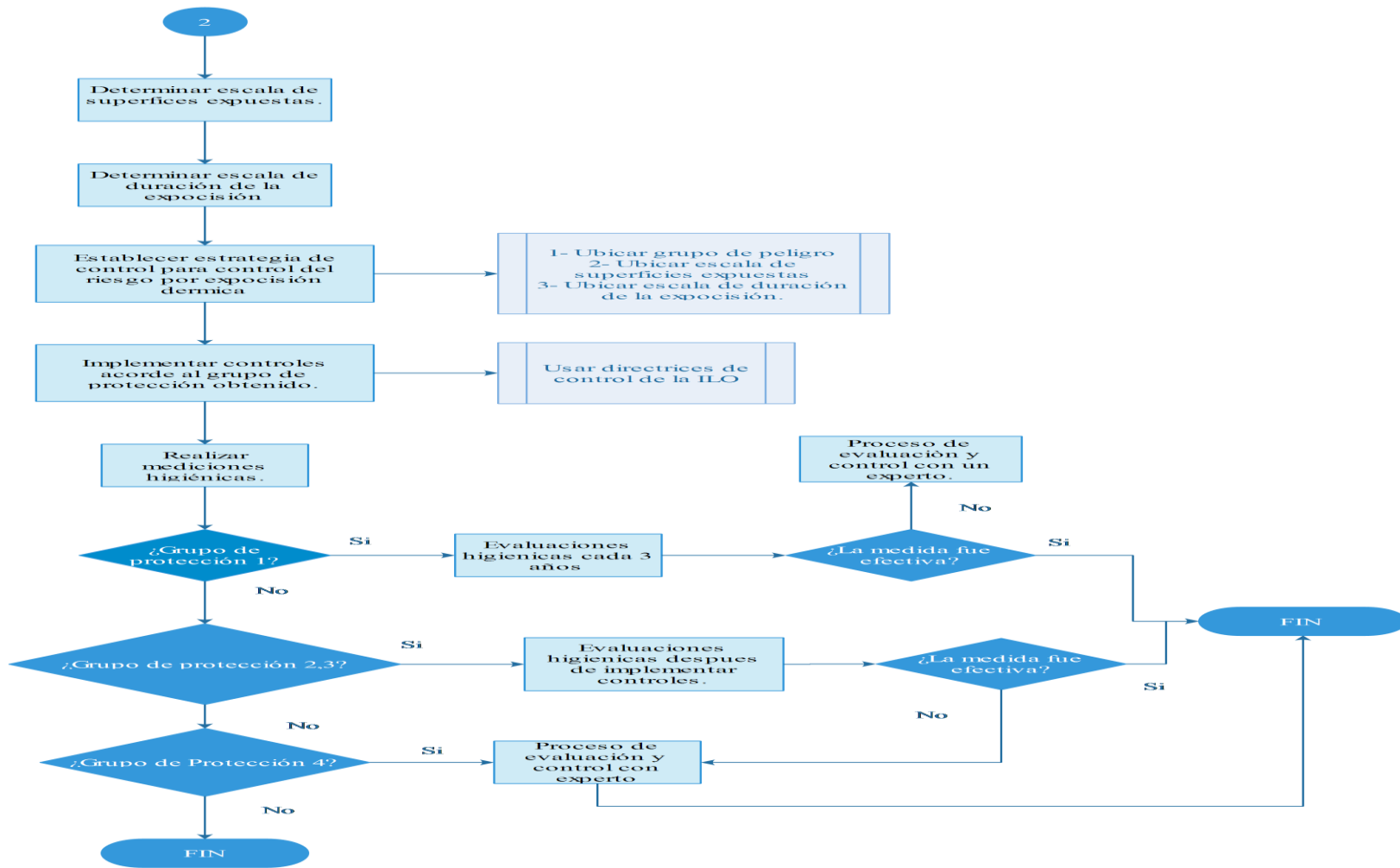


Figura 13.c Diagrama de Flujo Metodología BAUA. (Cont.)



5.2 Marco Legal

Toda empresa que maneja sustancias químicas debe cumplir unas disposiciones normativas enmarcadas en la protección de los trabajadores y el control de los riesgos garantizado el derecho a trabajar en condiciones seguras, la autoridad en temática laboral ordena el cumplimiento de una normativa el cual es de obligatorio cumplimiento.

Tabla No. 54. Requisitos Normativos Sustancias Químicas en Colombia

REQUISITO LEGAL	ENTIDAD EMISORA	ARTICULO APLICABLE	DESCRIPCIÓN
Constitución política de Colombia	Presidencia de la Republica	Articulo 25	Toda persona tiene derecho a trabajar en condiciones dignas y justas.
Ley 9 de 1979	Congreso de la Republica	Artículos 80 al 89 y del 101 al 104.	Establece medidas sanitarias para los establecimientos comerciales e industriales y disposiciones en materia de salud ocupacional y manejo de

			sustancias químicas, previniendo y controlando los riesgos inherentes.	151
Resolución 2400 de 1979	Ministerio de Trabajo	Artículo 74, Artículo 77, 78	Requisitos técnicos y locativos para establecimiento de trabajo como la implementación de controles extracción locativa para prevención del riesgo por sustancias químicas.	
Decreto 1295 de 1994	Ministerio de trabajo y seguridad social	Artículos 64, 66 y 67	Las empresas que manejen, comercialicen, sustancias altamente tóxicas, cancerígenas,	

mutagénicos, 152
teratógenos,
explosivos y
radiactivos deben
acoger las
recomendaciones
enfocadas hacia la
seguridad de los
procesos realizadas
por las ARL.

Resolución 1016 de 1989	Ministerio de Trabajo / Ministerio de Seguridad Social	Artículos 10 y 11	La empresa dentro de su programa de salud ocupacional debe estudiar y conceptuar la toxicidad de las materias primas y sustancias en proceso, ejecutando medidas para evitar sus efectos nocivos, labor que debe ser
----------------------------	--	-------------------	---

			realizada por medio de un proceso de identificación de peligros y evaluación del riesgo.
Ley 55 de 1993	Congreso de la Republica	Artículos 2, 7, 8, 10, 12, 13, 14 y 15	Las empresas que manejen sustancias químicas debe cumplir por lo menos las nociones de identificación, etiquetado, control operativo para prevenir que los trabajadores sean perjudicados en su salud.
Decreto 1609 de 2002	Ministerio de Transporte	Articulo 4	Las empresas que transportan sustancias químicas deben asegurar que

las sustancias químicas se encuentren identificada con su respectiva información de riesgos y que el embalaje sea de acuerdo a la característica de la sustancia, así mismo deben contar con hoja de seguridad.

Decreto 1072 de
2015

Ministerio de
Trabajo

Artículo **2.2.4.6.15.**
Artículo 2.2.4.6.24

El empleador debe aplicar una metodología sistemática para la identificación y evaluación de riesgos que permita priorizarlos e

Fuente: Los Autores

6.1 Tipos de Investigación

El tipo de investigación que se aplica a la creación de la Guía Orientativa será de Estudio de Caso a Nivel Descriptivo, justificando el objetivo de la guía que son las labores de cementación de pozos de petróleo y gas, siendo un caso específico y particular del sector, condición que se adecua a la naturaleza de este tipo de investigación; de nivel descriptivo porque se estudiara la realidad de la empresa en lo relacionado a la manipulación de sustancias químicas, la infraestructura en que se desenvuelve la situación y las consecuencias o daños resultado de la exposición a estas, estableciendo relaciones presentes entre la existencia de estas sustancias y los controles que se le estén realizando, evaluando el riesgo por exposición química como resultado de estas labores.

Las características del estudio de caso permiten adaptar las actividades de investigación hacia la comprensión de la realidad del escenario problema de la forma más certera, de modo que podamos aplicar los criterios de las diferentes metodologías de evaluación del riesgo de forma precisa, evaluando el riesgo de forma objetiva reduciendo al mínimo el sesgo.

Las características del tipo de investigación a realizar son:

- ✚ Se aplica a todos los cargos involucrados en la cementación de pozos de petróleo y gas.
(Grupo específico de personas)
- ✚ Se caracterizará el contexto de las actividades de cementación de pozos de petróleo y gas, desde el alistamiento hasta la finalización del pozo. (Situacional)
- ✚ Se identificarán los comportamientos individuales durante la ejecución de las actividades de cementación.

- ✚ Es de tipo cualitativa, sin embargo, tendrá en cuenta algunas variables cuantitativas¹⁵⁷ como tiempo de exposición, cantidad de sustancia etc.

6.1 Variables de la investigación

Antes de establecer las variables que nos ayudara en la respuesta de las preguntas de investigación, es importante saber cómo se identifica y se clasifica cada variable seleccionada. En la investigación las variables tienen tres clasificaciones que giran en torno a diferentes criterios como la relación entre ellas, los valores que toman al variar y la forma de variación de estos.

Según la relación que se establezca entre ellas se clasifican de la siguiente forma.

Tabla No. 55 Variables de Investigación.

Nombre Variable	Definición
INDEPENDIENTE	Es la variable de estudio que se observara bajo ciertas condiciones, para conocer la incidencia en la relación causa y efecto en la variable dependiente.
DEPENDIENTE	Es la consecuencia en la relación causa y efecto, esta cambiara cuando se expone a las variables independiente; esta variable no se manipula, se mide dentro de una escala y a la cual se le asigna una valoración.
INTERVINIENTE	Estas variables están directamente relacionada a las variables dependientes y

pueden afectar el comportamiento de las mismas, afectando la relación causa-efecto.

Fuente: *Metodología de la investigación: Diseños y Técnicas (2001)*

Según los valores que toman se clasifican en:

Tabla No. 56. Definición Variables de Investigación

Nombre Variable	Definición
CUALITATIVA	Son las que toman como valores, cualidades o categorías que representan la pertenencia a una clase de cosas como la peligrosidad, denominaciones como soluble entre otras.
CUANTITATIVA	Toman valores numéricos sea cantidad o no, también se incluyen los valores como códigos o números que no presenten variación.

Fuente: *Metodología de la investigación: Diseños y Técnicas (2001)*

También por la forma en que los valores varias se clasifican de la siguiente forma:

Tabla No. 57. Clasificación de Variables según la forma

Nombre Variable	Definición
DISCRETA	Aquellas que su valor es independiente y estático, no representa variación o cambio

	por lo que no corresponde hacer con estas deducciones estadísticas como promedios.
CONTINUA	Sus valores cambian de una forma progresiva en un orden inalterable, estas son objeto de análisis estadísticos como tendencias, dispersión, promedios entre otras.

Fuente: *Metodología de la investigación: Diseños y Técnicas (2001)*

Cuando se realiza una medición de cualquier variable esta se realiza en una escala para poder darle una calificación o valoración. La escala es un conjunto de valores en las cuales se puede ubicar la variable medida, las variables pueden medirse en cuatro escalas las cuales son las siguientes.

Tabla 58. Definición de Escalas

Nombre Escala	Definición
Nominal	Conformada por categorías, clases, o determinaciones de tipo cualitativa como nivel de peligro, pueden ser dicotómicas o que tenga más de dos categorías.
Ordinal	Se caracteriza por series de palabras o expresiones, por lo general es la traducción de mediciones cuantitativas.
Intervalos	Divide en parte los valores que puede tomar una variable de subgrupos, en

	función del número de individuos de la población y el rango de la variable.
Cardinal	Los valores que toman la variable son números naturales, son valores unitarios que no necesita establecer una escala para su interpretación, suelen ser discretos como la edad de las personas, códigos, la cedula o identificación de una persona.

Fuente: *Metodología de la investigación: Diseños y Técnicas (2001)*

Variables de la investigación

La variable es una propiedad que puede cambiar de valor y la variación de esta puede medirse a determinada escala, es una característica que se pretende estudiar, la cual a través de su comprensión se podrá llegar a responder la pregunta o problema de investigación.

Las variables que se definen para el estudio de caso girara en torno al riesgo químico dentro de una labor industrial específica que es la cementación de pozos de petróleo y gas, cada una de estas conjugan el riesgo químico o estarán relacionados a la metodología de evaluación que se aplique al caso, a continuación, se mostrara a través de una tabla las variables que será objeto de estudio para la creación de la guía metodológica.

VARIABLE	CLASIFICACIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DESCRIPCIÓN INVESTIGADORES
Riesgo Químico (RQ)	Variable dependiente Cualitativa/Cuantitativa Continua	Intervalos	Riesgo susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos, la cual puede producir efectos agudos o crónicos y la aparición de enfermedades.	Es la probabilidad de que un agente químico ocasione daño o perjuicios a la salud de la persona u ocasione escenarios no deseados.
Peligrosidad del agente químico.	Variable independiente Cuantitativa/Cualitativa Discreta	Ordinal	Propiedad inherente o intrínseca de las sustancias químicas que las puede hacer corrosivas, reactivas,	Característica propia de una sustancia química condicionada por sus características físico-químicas y los diferentes que

explosivas, tóxicas o inflamables. cambios en el entorno, que refleja la capacidad de ocasionar un daño permanente al trabajador o la muerte.

<p>Criterio de cumplimiento para la selección de las metodologías.</p>	<p>Variable Independiente Cualitativa Discreta</p>	<p>Nominal</p>	<p>Requisito que permite concretar la elección de una metodología, sustentando un juicio de valor, en base a la necesidad que se establezca.</p>	<p>Son las características requisito que deben tener las metodologías de evaluación de riesgo químico que facilite una estimación inicial del riesgo. Estos requisitos son establecidos por el equipo investigador en base a la aplicabilidad, complejidad y efectividad en la estimación</p>
---	--	----------------	--	---

				del riesgo, también teniendo en cuenta las restricciones que tenga cada metodología.		
Criterio de cumplimiento para evaluar el riesgo implícito en una sustancia química.	Variable independiente	Nominal	Requisito que permite	Son los criterios que	establecen cada metodología que califica las variables implícitas en la evaluación del riesgo químico.	
	Cualitativa		establecer la importancia del riesgo de una sustancia química, sustentando un juicio de valor, en base al contexto de manejo de la sustancia.		establecen cada metodología que califica las variables implícitas en la evaluación del riesgo químico.	
	Discreta				establecen cada metodología que califica las variables implícitas en la evaluación del riesgo químico.	

6.2 Diseño de Investigación

En vista que el estudio de caso que se desarrollara en el proyecto establece, un caso particular y diferente es el objeto de estudio, con este se ira desarrollando cada una de las etapas del diseño experimental que se irán explicando en esta sección.

6.2.1 Planteamientos preguntas de investigación.

Para el estudio de caso de corte descriptivo desarrollado en este trabajo, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué factores implícitos en la operación y la conducta de los trabajadores influyen en la incidencia de enfermedades laborales resultado de la exposición a sustancias químicas dentro de las actividades de cementación de pozos petroleros?
2. ¿Qué metodología de evaluación sería la más adecuada para una estimación inicial del riesgo químico, que facilite la selección de medidas de control para la disminución del riesgo en las actividades de cementación de pozos petroleros?
3. ¿Qué estructura y contenidos debería poseer una guía orientativa para la evaluación cualitativa inicial de riesgo químico en las actividades de cementación de pozos de petróleo y gas?

6.2.2 Fases de la labor de investigación

Para realizar la exploración a través de la mejor metodología a consignar en la guía para la evaluación del riesgo químico, la investigación se divide en tres fases las cuales incluyen una serie de actividades que ayudaran a responder las preguntas de investigación

planteadas. La primera es **documental**, donde se realiza la recopilación de información previa necesaria para realizar la evaluación de las metodologías de evaluación del riesgo químico, que permita seleccionar la(s) metodología(s) que sea acorde a la actividad de estudio y que se incluirá en la propuesta de la guía metodológica. La segunda es una fase de **Estructuración** de la guía metodológica la cual permite desarrollar a través de la revisión documental de las metodologías, los principios de la gestión del riesgo y el control Bandung una estructura metodológica de la guía, que incluya las actividades que debe realizar una empresa desde la identificación, evaluación hasta la fase de implementación de controles, diseñando un diagrama de flujo que resuma los pasos claves para la gestión del riesgo de las actividades de cementación de pozos de petróleo y gas, una siguiente fase la cual es la **validación de la guía metodológica** en el cual se procederá a la aplicación de la metodología a las actividades de cementación de pozos de petróleo y gas, aplicando los pasos de la guía metodológica utilizando los principios del estudio de caso en conjunto con los principios de la gestión del riesgo y el control banding para poder identificar y evaluar un contexto higiénico, en el cual se encuentra los peligros que son las diferentes sustancias químicas maneja la actividad y proceder a evaluar el riesgo químico aplicando la(s) metodología(s) seleccionadas, demostrando su aplicabilidad acorde a la actividad del contexto de estudio, si es práctico y efectivo para establecer de forma oportuna controles que reduzca el riesgo de exposición por parte de los trabajadores.

6.2.2.1 Fase documental

Es la primera fase de la investigación y tiene el fin de poder recrear el contexto de estudio que son las actividades de cementación de pozos petroleros y de gas, para lo cual

se realizara la recopilación de información que será de utilidad para redactar los antecedentes que justifican la decisión de los investigadores de elaborar la guía metodológica, conocer las estadísticas de morbilidad laboral en el sector petrolero relacionadas a enfermedades por exposición crónica a sustancias químicas, establecer una caracterización del proceso y buscar las metodologías de evaluación de riesgo químico que tengan potencial de aplicarse específicamente a este caso.

La labor de documentación requiere de diferentes fuentes de información de donde se realizará la adquisición, dentro de las cuales se encuentran entidades u organismos de Seguridad y Salud en el Trabajo como CCS (Consejo Colombiano de Seguridad), CISPROQUIM, base de datos de seguridad química de ARL Sura; bases de datos a los cuales se encuentran suscritos los investigadores como Universidad ECCI (Athenea), Universidad del Rosario, Universidad de los Andes, bases de datos de artículos científicos y revistas de libre acceso como Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), Estructplan, Scielo e información proveniente de textos que contenga las diferentes bibliotecas de acceso público (Distritales).

Con la documentación obtenida se ira estructurando los antecedentes, el marco teórico y la selección de las metodologías de evaluación de riesgo químico que permita evaluar acorde a la actividad de estudio el riesgo químico.

6.2.2.1.1 Documentación necesaria para la investigación
Tabla No. 60. Documentos para la Investigación

Documento	Finalidad
Estadísticas de accidentalidad y enfermedad laboral sector petrolero.	Permite conocer la participación de las enfermedades asociadas a la exposición de sustancias químicas por parte del sector petrolero, aspecto clave en la contextualización del problema de investigación.
Artículos científicos de aplicación de metodologías de análisis de riesgo químico y estudios higiénicos.	Permite construir el contexto del problema de investigación y la justificación de la creación de la guía.
Proceso de cementación de pozos de petróleo y gas.	Ayuda a establecer una caracterización de las principales actividades de la cementación de pozos petroleros, identificando actividades clave donde haya exposición a sustancias químicas.
Metodologías de evaluación de riesgo químico.	Permite conocer las metodologías cualitativas para la estimación inicial de riesgo químico, que se sintetizaran en el marco teórico, para posteriormente evaluar y seleccionar la más adecuada a las actividades de cementación.

<p>Hojas de Seguridad de Sustancias Químicas involucradas.</p>	<p>Permite conocer las características y propiedades de las sustancias involucradas en las actividades de cementación, ayuda a extraer la información a utilizar para la aplicación de las metodologías de evaluación del riesgo químico en las actividades que las involucra.</p>
<p>Libros, artículos de investigación de estudios de caso y metodologías de la investigación.</p>	<p>Ayudará en el diseño de investigación utilizado para la creación de la metodología de evaluación de riesgo químico.</p>
<p>Bibliografía, artículos y otro material informativo del riesgo químico.</p>	<p>Ayuda a construir el marco conceptual que servirá para comprender los términos y definiciones utilizadas en el marco teórico.</p>

Fuente: Los Autores

6.2.2.1.2 Bases de datos consultadas

- IPCS INCHEM. International Agency for Research in Cancer. IARC. Disponible en:
<http://www.inchem.org/pages/iarc.html>
- HERA. Human and Environmental Risk Assessment on Ingredients of Household Cleaning products. Disponible en:
<http://www.heraproject.com/RiskAssessment.cfm?subID=10>
- eChemPortal. OECD.

<http://www.chemportal.org/chemportal/substancesearch/substancesearchlink.action?pageID=9&fromLink=true&searchActionName=substancesearchonlytype&name=&number=1309-84-4>

- ISTAS. Lista Negra de Sustancias Químicas.

http://www.istas.net/web/index_imprimir.asp?idpagina=3447

- risctox. ISTAS. Disponible en:

http://risctox.istas.net/dn_risctox_ficha_sustancia.asp?id_sustancia=963757

- ECHA. European Chemicals Agency

<http://echa.europa.eu/en/information-on-chemicals/registered-substances/-/disreg/substance/100.014.262>

- toxplanet. Integrated Access to Hundreds.

<http://public.toxplanet.com/index.html>

- MSDSONline

<https://www.msdsonline.com/legacy/partners/show-document/?ShowId=74gEAo0dhL4%3d>

- ILO Chemical Control Kit - Control Sheet Data

http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/sheets.htm

- ILO Chemical Control Kit – Consolidado de Directrices de Control

http://www.baua.de/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/pdf/CGS.pdf?__blob=publicationFile&v=2

6.2.2.2 Fase de Estructuración

Posterior de tener construido el contexto de estudio que se pretende confortar y el marco teórico que dará los principales fundamentos para la interpretación del caso, se procederá a estructurar la guía metodológica de evaluación del riesgo para las actividades de cementación de pozos petroleros. Esta fase tiene como finalidad integrar los pasos claves en la gestión del riesgo determinada por la NTC-ISO 31000, las características del modelo control banding para la evaluación del riesgo y los criterios de valoración que calificarán los aspectos relacionados con el manejo de sustancias químicas en las actividades de cementación de pozos petroleros, las condiciones de almacenamiento, otros aspectos operativos y los controles existentes que ayudan a reducir la exposición directa de los trabajadores, que permitan evaluar el riesgo y poder establecer medidas de control para la reducción del riesgo.

Esta fase incluye el proceso de evaluación y selección de la(s) metodología(s) cualitativas de evaluación de riesgo que se propondrá en la guía metodológica a través de unos criterios fundamentados en los principios de la gestión del riesgo estipulados en la ISO-NTC 31000 y ponderándolo para seleccionar por puntaje la(s) metodologías que se adecuen a las características de la actividad donde se aplicará la metodología.

Como resultado de esta fase se tiene un diagrama de flujo que explica la aplicación de la guía metodológica propuesta.

6.2.2.3 Fase de Validación

Ya establecida la estructura de la guía metodológica se realiza la aplicación de la misma, para esto se realiza una labor de observación a una empresa del sector petróleo que ofrece servicios de cementación de pozos petroleros, recopilando información previa de las

actividades, para planificar una visita donde se obtendrá información relacionada a las variables del proceso que requiere la(s) metodología(s) de evaluación seleccionada y establecer un contexto higiénico para proceder a una actividad de evaluación.

La labor de observación se realizará en dos visitas en un lapso de dos días, a las instalaciones de una empresa de servicios petroleros ubicada en las periferias de la ciudad de Villavicencio-Meta. Para poder realizar la visita a la empresa previamente se contactará con los encargados del área de seguridad y salud en el trabajo de la empresa, para comunicarles la intención de la realización del estudio, explicar la finalidad y descripción de las actividades a realizar en la labor de observación, así poder solicitar la autorización para el acceso a las áreas de interés de los investigadores.

Como planificación de la visita se realiza una especie de itinerario el cual permitirá organizar la visita, de modo que se obtenga la información que se necesita en el tiempo estipulado, en los puntos establecidos desde antes por el equipo investigador.

Durante las visitas de observación se obtuvo como resultado información de campo que sirve para identificar las condiciones higiénicas, operativas y de conducta que servirán de insumo para la aplicación de la(s) metodología(s) de evaluación de riesgo químico y poder estimar el riesgo implícito en las actividades de cementación. La información que se obtuvo es de tipo audiovisual como fotografías y videos, información del proceso obtenida de los cargos operativos y demás que se encuentren expuestos directamente a las sustancias químicas, bitácoras donde se consignan aspectos claves de la operación, la conducta de los trabajadores y las condiciones higiénicas durante las actividades observadas.

Conforme al resultado del análisis del riesgo de las actividades donde involucra las sustancias consideradas de peligro para la salud seleccionadas, se obtiene las calificaciones del riesgo, por un nivel de actividad, para lo cual se hará la propuesta de medidas de control que pueda eliminar, sustituir, hacer control de ingeniería o control administrativo. Ya aplicada la metodología de evaluación se procede a establecer el procedimiento de evaluación de riesgo químico propuesto como guía metodológica para las empresas de cementación de pozos de petróleo y gas, estableciendo las actividades claves, los criterios y la información recibida para poder realizar la valoración del riesgo de modo que pueda ser aplicable a las actividades y permita gestionar el riesgo tempranamente.

6.2.3 Población.

Bajo el contexto del proyecto se analizará dos poblaciones, de una parte, las diferentes metodologías cualitativas para la evaluación del riesgo químico comúnmente usadas internacionalmente, las cuales fueron investigadas y establecidas en el marco teórico y analizadas bajo los criterios de **aplicabilidad, Objetividad, Replicabilidad y Limitaciones**; y en segundo lugar las sustancias químicas que serán objeto de estudio a través de la metodología seleccionada.

7. Entrega de Resultados

7.1 Metodología Cualitativa para la Evaluación del Riesgo químico más adecuada al contexto de la actividad de Cementación de Pozos de Petróleo y Gas.

Partiendo del conocimiento básico desarrollado con la elaboración marco teórico acerca de las diferentes metodologías cualitativas específicas para la gestión del riesgo químico que se encuentra vigentes actualmente y de la teoría general de la gestión del

riesgo y sus principios se establecieron las características deseables en una metodología, las cuales se definieron en termino de:

7.1.1 Aplicabilidad

Dado que el objetivo principal perseguido por los investigadores es el de proporcionar una herramienta practica y de fácil uso para la gestión del riesgo químico, se estableció la aplicabilidad de la metodología en función de las competencias que requeriría una persona para estar en capacidad de aplicarla de forma correcta, teniendo en cuenta que las organizaciones aun no tienen conciencia de la importancia de tener el personal con las competencias suficientes en los cargos que gestionan los Sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo, además de que la ley lo propicia al no hacer exigible la licencia en Salud y Seguridad en el Trabajo para estos cargos.

La escala que permite medir el criterio de aplicabilidad se describen en la tabla No. 61
Tabla No. 61: Escala para evaluación de la Aplicabilidad.

Descripción	Calificación
Puede ser aplicada por personas con conocimientos básicos en riesgo químico	5
Para ser aplicada se necesita al menos la participación de un experto en riesgo químico.	3
Para ser aplicada se necesita un panel de expertos.	0

Fuente: Los autores.

7.1.2 Objetividad

Dada la importancia de reducir el sesgo a la hora de realizar la evaluación de riesgos, se estableció como segundo criterio para la selección de la metodología a incluir dentro de la guía, la objetividad determinada en función de la naturaleza de las variables de entrada y las características de la información que las describe. Bajo este enfoque se asume que, si la información de entrada solo incluye variables intrínsecas de la sustancia y excluye variables del proceso, habrá mayor probabilidad de sesgo.

La escala que permite medir el criterio de objetividad se describe en la tabla No. 62
Tabla No. 62: Escala para evaluación de la Objetividad.

Descripción	Calificación
Maneja por igual información de las sustancias e información de variables claves del proceso como criterios de evaluación.	5
Se requiere además de la información de las sustancias algunas variables específicas del proceso.	3
Se requiere solo información de las propiedades de las sustancias para su evaluación	0

Fuente: Los autores.

7.1.3 Versatilidad

Se define en términos del número de clases de sustancias que la metodología está en capacidad de evaluar. Entendiendo que las metodologías con un alcance más específico y limitado son las más indeseables para aplicar, y que una metodología versátil para la gestión del riesgo químico puede evaluar la mayoría de las clases de sustancias existentes.

La escala que permite medir el criterio de versatilidad se describe en la tabla No. 63

Tabla No. 63: Escala para evaluación de la Versatilidad.

Descripción	Calificación
Permite evaluar la mayoría de clases de sustancias químicas.	5
Permite evaluar algunos tipos de sustancias químicas.	3
Especializada para la evaluación de sustancias específicas.	0

Fuente: Los autores.

7.1.4 Oferta de Controles

Se define como la inclusión dentro de la metodología de directrices de control que permitan de acuerdo a los resultados obtenidos abordar los planes de control del riesgo necesarios para impedir su materialización. Para este criterio se asume que lo deseable para una metodología adecuada es que se incluyan directrices de control que sirvan de base para la implementar los planes de control del riesgo. Algunas metodologías no ofrecen directrices para el control del riesgo, indican solamente la necesidad de ejecutar

acciones correctivas; sin embargo, pueden aplicar directrices de control de otras metodologías previamente alineadas a los resultados de la valoración del riesgo y el contexto de la organización.

La escala que permite medir el criterio de Oferta de controles se describe en la tabla No. 64

Tabla No. 64: Escala para evaluación de la Oferta de Controles.

Descripción	Calificación
Ofrece una amplia gama de alternativas de control especificadas por actividad con recomendaciones de implementación.	5
Sugiere algunas directrices de control sin entrar en detalle en los requisitos específicos para su implementación.	3
No ofrece alternativas de control de ningún tipo, solo indica la necesidad de tomar medidas correctivas.	0

Fuente: Los autores.

Como resultado de la aplicación de estos criterios se determinó que la metodología más adecuada para la evaluación del riesgo químico de acuerdo al contexto estudiado y al objetivo que se pretende alcanzar con la guía, es el Método Simplificado INRS en razón a su aplicabilidad, objetividad y versatilidad, siendo su única falencia la ausencia de

directrices de control, lo cual se complementara con las estrategias de control de la Metodología de la OIT – Chemical Control Toolkit que obtuvo el mismo puntaje pero no fue seleccionada en razón a que solo incluye como criterios variables de las sustancias más no variables del proceso, lo cual a juicio de los autores se constituye en una seria desventaja para los propósitos de la guía que se quiere plantear.

Los resultados de la aplicación de los criterios de selección de la metodología se pueden apreciar en la tabla No. 65. Resultados de la Evaluación de las Metodologías Investigadas.

Tabla No 65: Resultados Evaluación de Metodologías Investigadas.

METODO EVALUACION RIESGO	APLICABILIDAD	PTOS	OBJETIVIDAD	PTOS	VERSATILIDAD	PTOS	OFERTA DE CONTROLES	PTOS	TOTAL
COSHH Essentials	Puede ser aplicada por personas con conocimiento básico en riesgo químico	5	Se requiere solo información de las propiedades de las sustancias para su evaluación	0	Permite evaluar la mayoría de clases de sustancias	5	Sugiere algunas directrices de control sin entrar en detalle en los requisitos específicos para su implementación.	3	13
INRS	Puede ser aplicada por personas con conocimiento básico en riesgo químico	5	Maneja por igual información de las sustancias e información de variables claves del proceso como criterios de evaluación.	5	Permite evaluar la mayoría de clases de sustancias químicas.	5	No ofrece alternativas de control de ningún tipo, solo indica la necesidad de tomar medidas correctivas.	0	15
ILO- Chemical Control Toolkit.	Puede ser aplicada por personas con conocimiento básico en riesgo químico	5	Se requiere solo información de las propiedades de las	0	Permite evaluar la mayoría de clases de sustancias químicas.	5	Ofrece una amplia gama de alternativas de control especificadas	5	15

			sustancias para su evaluación				por actividad con recomendaciones de implementación.		
BAUA – Metodología fácil de usar para el manejo de sustancias químicas	Para ser aplicada se necesita al menos la participación de un experto en riesgo químico.	3	Se requiere solo información de las propiedades de las sustancias para su evaluación.	0	Permite evaluar algunos tipos de sustancias químicas.	3	Ofrece una amplia gama de alternativas de control especificadas por actividad con recomendaciones de implementación.	5	11
Stoffenmanager	Para ser aplicada se necesita un panel de expertos.	0	Maneja por igual información de las sustancias e información de variables claves del proceso como criterios de evaluación.	5	Permite evaluar algunos tipos de sustancias químicas.	3	Sugiere algunas directrices de control sin entrar en detalle en los requisitos específicos para su implementación	5	13
Riskofderm	Para ser aplicada se necesita un panel de expertos.	0	Maneja por igual información de las sustancias e información de	5	Permite evaluar algunos tipos de sustancias químicas.	3	Sugiere algunas directrices de control sin	3	8

variables claves
del proceso
como criterios
de evaluación.

entrar en
detalle en los
requisitos
específicos
para su
implementación.

Fuente: Los autores.

7.2 Estructura y Componentes de la guía metodología para la evaluación del riesgo químico

Teniendo en cuenta el alcance y el enfoque inicial de este proyecto y el soporte teórico investigado, se propone la siguiente estructura para la evaluación inicial del riesgo químico a través de metodologías cualitativas.

7.2.1 Establecer el contexto del proceso bajo estudio

7.2.1.1 Reconocimiento de las condiciones y factores de riesgo directamente en el ambiente de trabajo (Análisis Ocupacional)

Bajo la óptica de la SST y especialmente en el ámbito del riesgo químico, la contextualización implica responder a las preguntas quien lo hace, como lo hace, donde, cuando, con que equipos y materiales, etc. Equivale a entender el proceso y como se lleva a cabo, pero no desde el punto de vista teórico (como se supone que debe ser), sino entender como es realmente ejecutado.

Durante este proceso es de vital importancia la observación directa de las actividades en el lugar de trabajo y la recopilación de información que permita entender los riesgos que se van a identificar y evaluar como, por ejemplo, hojas de seguridad, estadísticas de accidentes y enfermedades laborales, diagramas de flujo del proceso, listado de equipos y maquinaria, etc.

No olvidar que el objetivo primordial de este proceso es que se entienda claramente el proceso y los detalles de su ejecución lo cual permitirá más objetividad a la hora de aplicar la metodología.

7.2.1.2 Registro de datos generales del proceso

Las primeras columnas de la matriz diseñada para la aplicación de la metodología se deben alimentar con el nombre del proceso, la zona o lugar donde se ejecuta, las actividades principales relevantes, las sustancias químicas empleadas, si son rutinarias o no rutinarias y los cargos involucrados en la actividad.

7.2.1.3 Definir criterios para la evaluación del Riesgo

La contextualización también implica definir criterios de riesgo. Para los efectos prácticos de este trabajo, se investigaron las diferentes metodologías cualitativas para la evaluación del riesgo químico, valorando su pertinencia al caso de estudio, dando como resultado la selección del Método Simplificado INRS, combinado con las directrices de control de la metodología Chemical Control Tool Kit que obtuvo el mismo puntaje.

Para facilitar la aplicación de la metodología a seguir y asegurar su registro se creó una plantilla de Excel en la cual se debe realizar la evaluación del riesgo químico para el proceso de cementación.

7.2.2 Análisis de Riesgo

Luego de la recolección de la información de los peligros realizada en el paso anterior, se procede a la estimación del riesgo (resultado de la combinación de las consecuencias y la probabilidad) de acuerdo a los criterios de la metodología seleccionada, la cual para este caso es la INRS. Según esta metodología los criterios de estimación tenidos en cuenta son para Inhalación: el riesgo potencial, la volatilidad, las medidas de protección colectiva, aplicando el factor de corrección de acuerdo con el TLV de cada sustancia. Para exposición dérmica: la naturaleza del peligro, las superficies expuestas y la frecuencia de exposición. Estos resultados son documentados en la matriz de riesgos.

7.2.2.1 Identificación del Peligro

La identificación del riesgo se hace a través de la identificación y caracterización del peligro, la cual se logra respondiendo las siguientes preguntas:

- ¿Que sustancias son usadas en el proceso y en qué forma se encuentran?, cuál es su nombre y su número CAS?
- ¿Cuáles son sus propiedades físico- químicas?
- ¿Cuáles son sus riesgos y su información toxicológica?

Para una efectiva identificación del peligro es importante recolectar la información de todas las variables necesarias como información de entrada por la metodología INRS, las cuales son: Frases R y H, Cantidad de sustancia utilizada en el proceso, frecuencia de utilización, Presión de vapor a la temperatura de trabajo (en mmhg), Temperatura de ebullición (° C), Tipo de procedimiento de trabajo, Tipo de protección colectiva, TLV (gr/m³), para exposición dérmica: superficies expuestas a los químicos y Frecuencia de exposición. La información referente a las propiedades físico-químicas de las sustancias objeto de análisis debe estar contenida en la hoja de seguridad de cada sustancia, que según el decreto 1609 de 2002 debe ser proporcionada por quienes manufacturan o distribuyen sustancias químicas y debe cumplir con el anexo 2 de la norma NTC 4435. En caso que alguno de estos datos no esté contemplado en la ficha de seguridad, se deben recurrir a otras fuentes de información, por ejemplo, en el caso de los TLV correspondientes a cada sustancia se deben tomar del Manual de TLV para Sustancias Químicas de la Asociación de Ciencias de la Salud e Higiene de USA (ACGIH).

Este paso es crucial para obtener resultados validos en la evaluación del riesgo, pues si

la información de las sustancias no es completa y exacta se inducirá al error y sesgo al momento de la valoración. Para evitar esto se recomienda tener acceso a las bases de datos de información de químicos disponibles que se refieren en el apartado 6.6 de este documento. Se recomienda el uso de la base de datos Toxplanet que es la base más completa de las consultadas por los autores de este trabajo ya que provee toda la información necesaria para caracterizar una sustancia.

De igual manera es importante asegurar que la identificación y caracterización del peligro sea ser un proceso exhaustivo y riguroso pues si se pasan por alto sustancias químicas estas no serán analizadas y evaluadas y mucho menos controladas, lo cual supone un riesgo con una mayor probabilidad de materializarse.

7.2.3 Caracterización del peligro

7.2.3.1 Determinación de la Clase de Peligro de la sustancia

La peligrosidad de la sustancia se obtiene a través de las frases R o H las cuales sirven para identificar la clase de peligro asociada a cada una de ellas. La tabla No. 66. Categorías de Peligro, indica esta información la cual debe ser alimentada en la matriz.

Tabla No.66. Categorización del peligro metodología INRS.

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mg/m ³ (1)	Materiales y procesos
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de	Tiene frases H, pero no	> 100	

	las que aparecen a continuación	tiene ninguna de las que aparecen a continuación		
2	R37	H335	> 10	Hierro / Cereal
	R36/37, R37/38, R36/37/38 R67	H336	≤ 100	y derivados / Grafito / Material de construcción / Talco / Cemento / Composites / Madera de combustión tratada / Soldadura metales plásticos / Material vegetal-animal

3	R20	H304	> 1	Soldadura
	R20/21, R20/22,	H332	≤ 10	inoxidable
	R20/21/22	H361		Fibras
	R33	H361d		cerámicas
	R48/20, R48/20/21,	H361f		vegetales
	R48/20/22,	H361fd		Pinturas de
	R48/20/21/22	H362		plomo
	R62, R63, R64, R65	H371 (2)		Muelas
	R68/20, R68/20/21,	H373 (2)		Arenas
	R68/20/22,	EUH071		Aceites de corte
	R68/20/21/22			y refrigerantes
4	R15/29	H331	>	Maderas
	R23	H334	0,1	blandas y
	R23/24, R23/25,	H341	≤ 1	derivados
	R23/24/25	H351		Plomo
	R29, R31	H360		metálico
	R39/23, R39/23/24,	H360F		Fundición y
	R39/23/25,	H360FD		afinaje de
	R39/23/24/25	H360D		plomo
	R40	H360Df		
	R42	H360Fd		
	R42/43	H370 (2)		

	R48/23, R48/23/24,	H372 ⁽²⁾		
	R48/23/25,	EUH029		
	R48/23/24/25	EUH031		
	R60, R61, R68			
5	R26	H330	≤ 0,1	Amianto ⁽³⁾
	R26/27, R26/28,	H340		y materiales
	R26/27/28,	H350		que lo
	R32, R39	H350i		contienen
	R39/26	EUH032		Betunes y
	R39/26/27,	EUH070		breas
	R39/26/28,			Gasolina ⁽⁴⁾
	R39/26/27/28			(carburante)
	R45, R46, R49			Vulcanización
				Maderas duras
				y
				derivados ⁽⁵⁾

(6) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10.

(7) Únicamente si la frase especifica vía inhalatoria. Si no especifica ninguna vía, se recomienda consultar las frases R para comprobar a qué vía o vías se refiere.

(8) Posee legislación específica obligatoria [D.5] que requiere evaluación cuantitativa.

(9) Se refiere únicamente al trabajo en contacto directo con este agente.

Se refiere a polvo de maderas considerado como cancerígeno [D.6].

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

En caso de encontrar dificultades para acceder esta información se debe proceder como sigue:

- No se encuentran frases de peligro R o H asignadas a la sustancia, producto o mezcla analizada, para lo cual se toma como referencia el valor TLV correspondiente para seleccionar la clase de peligro, utilizando siempre los de larga duración. (INSHT 2010)
- Si tampoco se tiene asociado un TLV, se asigna 1 si se trata de una sustancia, mezcla o preparado comercial y si se trata de una mezcla no comercial utilizada en el proceso se tienen en cuenta las frases R o H identificadas para cada sustancia individual ponderando la composición de la mezcla. (INSHT 2010)

7.2.3.2 Determinar la Clase de Cantidad

Alimentar la columna que incluye la cantidad del químico utilizada en el proceso y asignarle la debida categoría correspondiente de acuerdo a la cantidad, denominada Categoría de Cantidad, según la Tabla No. 67. Clase de Cantidad Metodología INRS.

Tabla No. 67. Clase de Cantidad Metodología INRS

Clase de cantidad	Cantidad/día
-------------------	--------------

1	< 100 g o ml
2	≥100 g o ml y < 10 kg o l
3	≥ 10 y < 100 kg o l
4	≥ 100 y < 1000 kg o l
5	≥1000 kg o l

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

7.2.3.3 Determinación de la Clase de Frecuencia

Esta variable permite establecer la probabilidad de que haya una exposición directa a la sustancia química, en función de la frecuencia de uso, entendida como el lapso o periodo que se maneja la sustancia en el día, semana, mes o año, incluso para cuando se utiliza con una frecuencia de una vez al año.

Para determinar la Clase de frecuencia de uso de la sustancia se debe tener en cuenta la Tabla No. 68 Clases de frecuencia de utilización.

Tabla No. 68. Clases de frecuencia de utilización. Metodología INRS

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
Día	≤ 30 min	>30 - ≤120min	>2 - ≤6h	>6h
Semana	≤ 2h	>2-8h	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 más			

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

7.2.3.4 Determinar la Clase de Volatilidad/Pulvurencia

Para la determinación de la volatilidad para el caso de líquidos y de pulvurencia de los sólidos, variable que determina la capacidad de la sustancia de pasar al ambiente.

Para determinar la clase de pulvurencia para una sustancia sólida se siguen los criterios establecidos en la Tabla No. 69. Determinación de la clase de pulvurencia para los materiales sólidos.

Tabla No. 69. Determinación de la clase de pulvurencia para los materiales sólidos.

Metodología INRS

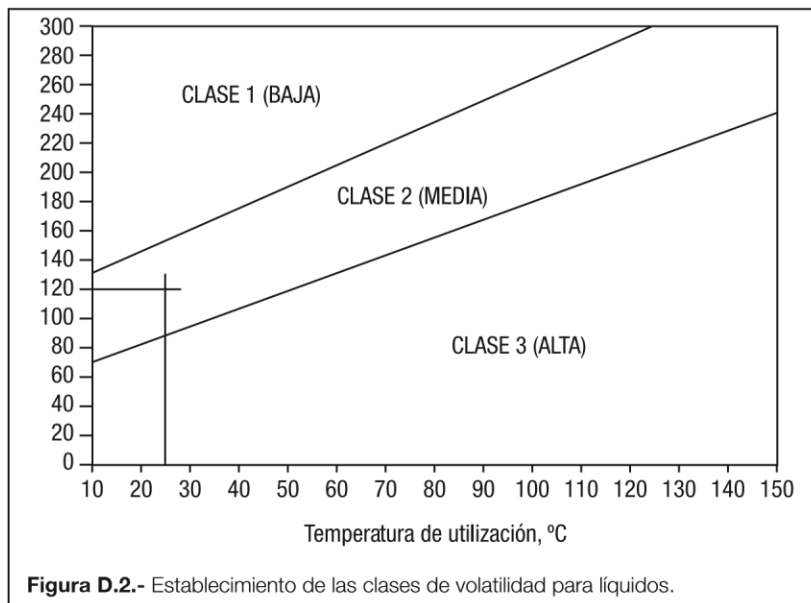
Descripción del material sólido	Clase de Pulvurencia
Material en forma de polvo fino. Formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (por	3

ejemplo: azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	
Material en forma de polvo en grano	2
(1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (por ejemplo: azúcar consistente cristalizada).	
Material en pastillas, granulado, escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Para determinar la clase de volatilidad para una sustancia líquida se interpreta el valor en la figura No.14. Variable volatilidad en función de la relación de la temperatura de ebullición y la de trabajo; la cual se obtiene identificando en el eje x la temperatura a la cual se utiliza el líquido (temperatura del proceso en grados Celsius) y cruzándola con la temperatura de ebullición de la sustancia (en grados Celsius), el valor se tomará de la franja en la cual se realice el cruce de las dos temperaturas.

Figura No. 14. Variable volatilidad en función de la relación de la temperatura de ebullición y la de trabajo.



Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

En caso de duda al determinar la clase de volatilidad se debe optar por la categoría superior.

Para corroborar la volatilidad, se debe emplear también la presión de vapor a la temperatura de trabajo, ya que algunas sustancias con altas temperaturas de ebullición pueden tener una alta capacidad de liberar vapores al ambiente dada por su Presión de vapor a la temperatura de trabajo. Para realizar este análisis se utiliza la Tabla No. 70. Clase de volatilidad en función de la presión de vapor.

Tabla No. 70. Clase de volatilidad en función de la presión de vapor.

Presión de vapor a la temperatura de trabajo	Clase de volatilidad
$P_v \geq 25 \text{ KPa}$	3
$0,5 \text{ KPa} \leq P_v < 25 \text{ KPa}$	2
$P_v < 0,5 \text{ KPa}$	1

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Para el caso de que la sustancia química sea azeotrópica (mezcla líquida de dos sustancias con puntos de ebullición distintos y que hierven a una temperatura diferente que la temperatura de los mismos componentes), la temperatura de ebullición de la mezcla se utiliza como temperatura de ebullición para la evaluación de volatilidad; en caso de que no sea un azeotrópico, se toma el punto de ebullición más alto de la mezcla.

7.2.3.5 Determinación del Factor de corrección del TLV

La metodología es aplicable para evaluar sustancias con VLA muy bajos, para lo cual se establece un factor de corrección que amplifica su valoración en razón a que tienen una mayor probabilidad de alcanzar el valor límite en el ambiente. Para los intervalos de TLV definidos se da un factor de corrección que se utiliza en la fórmula final para evaluar el riesgo químico por exposición inhalatoria.

De la Tabla No. 71. Factores de corrección en función del TLV se deben tomar estos factores de corrección.

Tabla No. 71. Factores de corrección en función del TLV. Metodología INRS

TLV	FC_{TLV}
TLV > 0,1	1
$0,01 < TLV \leq 0,1$	10
$0,001 < TLV \leq 0,01$	30
TLV ≤ 0,001	100

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

Para determinar el factor de corrección se requiere el TLV promedio ponderado de 8 horas/ 40 horas semanales, el cual es exclusivo para cada sustancia. En los casos de mezclas, se puede proceder a realizar dos análisis; si las sustancias generan un daño al mismo órgano diana, información que puede ofrecer la sección 11 de la hoja de seguridad de la sustancia, el TLV de la mezcla será la suma de los valores límite de los componentes que generen el daño, en el caso de no se tenga claridad sobre este tipo de información, se seleccionará el TLV de menor valor de entre los compuestos.

Hasta acá llega la etapa de Identificación y caracterización, con la información recopilada hasta acá, se procede a realizar la estimación del riesgo de las variables identificadas y caracterizadas.

7.2.3.6 Identificación y Caracterización del Tipo de procedimiento de Trabajo

Esta variable permite establecer como se utiliza la sustancia evaluada en determinada

actividad, sea manual, dosificada o dentro de una línea de proceso, la metodología define cuatro clases de procedimiento; dispersivo, abierto, cerrado/abierto regularmente y cerrado permanentemente, cada clase indica unas actividades donde comúnmente se maneja de esa manera la sustancia química. Una vez identificada la clase se procede a determinar su puntaje asociado. La Tabla No. 72 Determinación de a clase de procedimiento y puntuación para cada clase.

Figura No. 15 Determinación de a clase de procedimiento y puntuación para cada clase.

Metodología INRS





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

Figura D.3.- Determinación de la clase de procedimiento y puntuación para cada clase.

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España

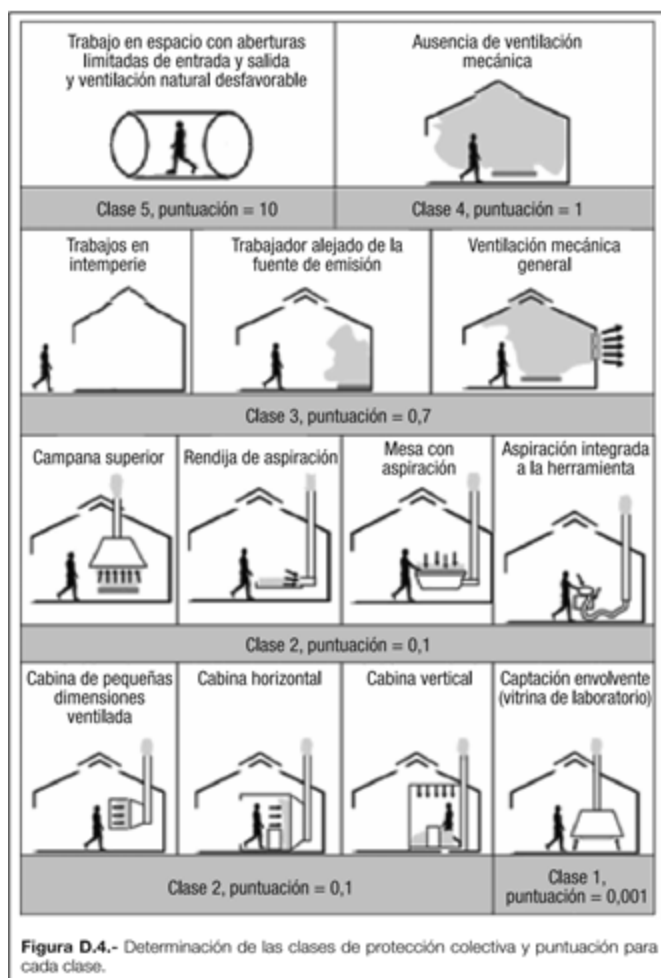
2010.

7.2.3.7 Identificación y Caracterización del Tipo de protección colectiva

La metodología identifica el tipo de protección o control presente, se enfoca únicamente

hacia el tipo de ventilación o como se renueva el aire en las instalaciones donde se maneje la sustancia química, esto lo denominan protección colectiva (INRS 2010). De la Tabla No. 73. Determinación de las clases de protección colectiva y su puntuación respectiva, se pueden extraer los valores que se llevan a la matriz.

Figura No. 16 Determinación de las clases de protección colectiva y su puntuación respectiva. Metodología INRS



2010.

7.2.4 Estimación del Riesgo

7.2.4.1 Estimación de la Exposición potencial

La combinación de las Clases de Cantidad y Frecuencia dan como resultado la variable conjugada de exposición potencial que se traduce como la probabilidad de entrar en contacto con la totalidad de la cantidad manejada en la actividad. De la Tabla No. 72 Variable de Exposición Potencial, se puede tomar el valor a incluir en la matriz.

Tabla No. 72 Variable de Exposición Potencial. Metodología INRS

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

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

7.2.4.2 Estimación del Riesgo Potencial y su Puntaje asociado.

Cuando se tiene determinada la exposición potencial se relaciona con la clase de peligro que fue la primera variable que se determina para la sustancia, entendiéndose la probabilidad de que se genere una consecuencia sobre la salud del trabajador como resultado de una exposición a la sustancia química, este riesgo solo tiene en cuenta la probabilidad de exposición y la peligrosidad de la sustancia, es decir que no tiene en cuenta las demás variables que intervienen en la materialización del riesgo.

Cuando se estima el riesgo potencial, este tiene un puntaje en función de la clase de riesgo que dé como resultado de la relación de las variables establecidas, el cual se puede obtener de la Tabla No. 73 Variable Riesgo Potencial

Tabla No. 73 Variable Riesgo Potencial. Metodología INRS

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

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España

2010.

El riesgo potencial ya evaluado, le corresponde una calificación que se determina de acuerdo a la Tabla No. 74 Puntuación para cada clase de Riesgo Potencial.

Tabla No. 74. Puntuación para cada clase de Riesgo Potencial

Clase de Riesgo Potencial	Puntuación de Riesgo Potencial
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España

2010.

7.2.4.3 Estimación del Puntaje de Volatilidad y Pulvurencia (E)

Cuando se establece la clase de pulvurencia/volatilidad se procede a asignarle un puntaje de acuerdo a la Tabla No. 75 Puntuación a cada clase de volatilidad o Pulvurencia.

Tabla No. 75. Puntuación a cada clase de volatilidad o Pulvurencia.

Clase de volatilidad o pulvurencia	Puntuación de volatilidad o pulvurencia
3	100

2	10
1	1

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

7.2.4.4 Estimación del Riesgo Químico por Exposición Inhalatoria.

Llegado a este punto ya se cuenta con todas las variables que se necesitan para poder aplicar la fórmula y de esta manera obtener el puntaje de riesgo químico en función de las variables que implica la operación y los controles ya realizados, se procede a aplicar la fórmula que se muestra a continuación.

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

Donde:

$P_{variable}$ = Puntaje obtenido por la determinación de variables involucradas

7.2.5 Evaluación del Riesgo

La estimación del riesgo resultante de la fase de análisis, es el punto de entrada para la valoración del riesgo, la cual permite establecer su grado de aceptabilidad y facilitar la toma de decisiones hacia controles correctivos para disminuir la exposición de los trabajadores a las sustancias químicas clasificadas con prioridad de acción categoría 1.

Para el caso de la metodología INRS, existen tres categorías: riesgo probablemente muy elevado, al cual se debe dar prioridad de acción, riesgo moderado, el cual requiere medidas correctoras o análisis más detallado como pueden ser pruebas cualitativas y el nivel de riesgo bajo que no requiere modificaciones.

En la Tabla No. 76 Evaluación del Riesgo por inhalación, se encuentran los criterios para la toma de decisiones.

7.2.5.1 Evaluación del Riesgo químico por Inhalación

El puntaje que se obtuvo en el análisis de Riesgo se evalúa frente a la prioridad de toma de acción de medidas en función de la aceptabilidad del riesgo y se determina la prioridad de acción para implementar controles y medidas correctivas.

Tabla No. 76. Evaluación del Riesgo por inhalación

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Descripción del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 y ≤ 1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)

≤ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)
------------	---	--

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España

2010.

En las prioridades de acción 1 y 2 se recomiendan posterior a la implementación de los controles una evaluación de tipo básica (usando fórmulas de estimación de valores acorde a factores del proceso) o mediciones higiénicas que permitan evaluar la efectividad de dichos controles sobre el riesgo de exposición.

7.2.5.2 Evaluación del Riesgo Químico por Exposición Dérmica

Para la evaluación del riesgo químico por exposición dérmica, la INRS ofrece una metodología simplificada que permite estimar inicialmente el riesgo y permite priorizarlo para la toma de controles correctivos, a diferencia de la metodología original, esta evalúa el riesgo en base a tres variables: Peligrosidad, Superficie del cuerpo expuesta y frecuencia de exposición.

7.2.5.2.1 Variable 1: Peligrosidad (Identificación del Peligro)

Para establecer la categoría de peligro, se utiliza la Tabla No. 77 con las frases R relacionadas a exposición dérmica, se excluyen las frases R de inhalación, ingestión y daños oculares, en esta incluye las frases R que corresponden a los peligros que puede ocasionar la sustancia por contacto dérmico, incluye también los valores límites permisibles o el rango de cada categoría.

Tabla No. 77. Clase de peligro de Frases R y H

Clase de Peligro	Frasas R	Frasas H	VLA mg/m ³
			(1) (2)
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
	R38	H315	> 10
2	R36/37, R36/38, R36/37/38, R37/38, R66	EUH066	≤ 100
	R21	H312	> 1
	R20/21, R21/22, R20/21/22	H314 (Corr. Cut. 1B y 1C)	≤ 10
3	R33	H361	
	R34	H361f, H361d, H361fd	
	R48/21,	H362	
	R48/20/21	H371 (3)	
	R48/21/22,	H373 (3)	
	R48/20/21/22		

	R62, R63, R64, R68/21, R68/20/21/22		
	R15/29	H311	>
	R24	H314 (Corr. Cut. 1A)	0,1
	R23/24, R24/25,	H317	≤ 1
	R23/24/25	H341	
	R29, R31	H351	
	R35	H360, H360F, H360FD,	
	R39/24,	H360D, H360Df, H360Fd	
	R39/23/24,	H370 ⁽³⁾	
	R39/24/25,	H372 ⁽³⁾	
4	R39/23/24/25	EUH029	
	R40	EUH031	
	R43		
	R42/43		
	R48/24,		
	R48/23/24,		
	R48/24/25,		
	R48/23/24/25		
	R60, R61		
	R68		

	R27	H310	$\leq 0,1$
	R26/27, R27/28,	H340	
	R26/27/28	H350	
	R32	EUH032	
5	R39	EUH070	
	R39/27,		
	R39/26/27,		
	R39/26/27/28		
	R45		
	R46		

(5) (6) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10.

(7) Cuando en el Documento Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España [F.2] figure la sustancia con notación “vía dérmica”.

(8) Únicamente si la frase especifica vía dérmica. Si no especifica ninguna vía, se recomienda consultar las frases R para comprobar a qué vía o vías se refiere.

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España

2010.

7.2.5.2.2 Caracterización del Peligro

Una vez se ha identificado el peligro asociando la sustancia con su correspondiente frase

R o H, se debe puntuar de acuerdo a la Tabla No. 78. Puntuación de la Clase de peligro por exposición dérmica.

Tabla No. 78 Puntuación de la Clase de peligro por exposición dérmica.

Clase de peligro	Puntuación de peligro
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

7.2.5.2.3 Variable 2: Superficie Expuesta

Se estima una puntuación en función de la superficie corporal expuesta, incluye también combinación de más de una superficie, como hombro y torso.

En la tabla No. 79. Puntuación de Superficies Expuestas por exposición dérmica

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

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

7.2.5.2.4 Variable 3: Frecuencia

Para la determinación de la frecuencia, la metodología coloca una tabla de puntaje en función de frecuencias de uso en un día que va desde ocasional hasta permanente en función de las horas en el día que se maneja la sustancia.

Tabla No. 80. Determinación de Puntuación por Frecuencia de exposición

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

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España

2010.

7.2.5.2.5 Evaluación del Riesgo Químico por Exposición Dérmica

Cuando se determinan las tres variables necesarias para realizar la evaluación de riesgo químico por exposición dérmica, se aplica la siguiente fórmula que conjuga los tres puntajes obtenidos durante el proceso de caracterización.

$$P_{iel} = P_{peligro} \times P_{volatilidad} \times P_{superficies} \times P_{frecuencia}$$

Donde:

$P_{variable}$ = Puntaje obtenido por la determinación de variables involucradas

El puntaje obtenido se compara en la Tabla No. 81. Evaluación del Riesgo por Contacto, el cual prioriza la acción a tomar y propone control inmediato o una medición higiénica futura.

Tabla No. 81. Evaluación del Riesgo por Contacto,

Puntuación del riesgo	Prioridad de acción	Descripción del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 y ≤ 1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente

		medidas correctoras y/o una evaluación más detallada
≤ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Fuente: Riesgo Químico – Sistemática para la evaluación higiénica – INSHT España 2010.

7.2.6 Tratamiento del Riesgo

Una vez identificado el nivel de riesgo, se culmina el proceso de valoración del riesgo y se inicia el proceso de tratamiento del riesgo con la identificación de las diferentes alternativas disponibles para el control del riesgo, de las cuales se debe evaluar su viabilidad técnica y económica, así como su facilidad y practicidad de implementación. Las recomendaciones de control establecidas en la metodología INRS, seleccionada para la elaboración de esta guía, contemplan medidas muy generales, por esta razón se incorporan en esta fase las directrices de control establecidas por la metodología Chemical Control Tool kit de la OIT; las cuales se describen a continuación.

7.2.7 Aproximación a la medida de control recomendada

La evaluación de riesgo bajo la metodología INRS establece tres categorías de prioridad de intervención que indican la urgencia de establecer medidas correctivas y realizar mediciones cuantitativas posteriores.

Por el contrario, la metodología Chemical Control Tool kit de la OIT, identifica 4 categorías de control de riesgo. El enfoque de control 1 es la categoría más baja y establece principios generales para mantener bajos los niveles de concentración de las sustancias en el ambiente en niveles aceptables; el enfoque de Control 2 establece directrices generales y recomendaciones de control específicas para actividades donde el uso de sustancias químicas es frecuente, el enfoque de control 3 establece controles hacia la reducción de concentraciones en el ambiente para actividades donde se manejen altas cantidades (>1 ton), también incluye controles para procesos automatizados. El enfoque de control 4, son principios generales para el aislamiento o confinamiento del ambiente para trabajar sustancias especiales como cancerígenos, mutagénicos, teratogénicos y tóxicos para la reproducción; sin embargo, en este enfoque la metodología demanda la asesoría de un experto para el proceso de medición y control. Adicionalmente, la metodología ILO, establece una categoría especial denominada Enfoque de Control SK-100 para reducir el contacto de las sustancias químicas con la piel.

La equivalencia de cómo escoger el enfoque de control establecido en la metodología Chemical Control Tool kit de la OIT vs categoría de riesgo evaluada con la metodología INRS, se muestra en la Tabla. 82. Equivalencia Categoría de Riesgo bajo INRS vs Enfoques de control Metodología ILO.

Tabla. No. 82. Equivalencia Categoría de Riesgo bajo INRS vs Enfoques de control Metodología ILO

Prioridad de Acción según INRS	Enfoque de control según Metodología ILO	Descripción
1	Enfoque de Control 3 y 4	<p>Enfoque de control 3 (Procesos a gran escala o que utilizan sustancias tóxicas y muy tóxicas)</p> <p>Enfoque de control 4 (tener en cuenta que para el enfoque de control 4 la metodología demanda la asesoría de un experto para el proceso de medición y control).</p>
2	Enfoque de Control 2	<p>Establece directrices generales y recomendaciones de control específicas para actividades donde el uso de sustancias químicas es frecuente y son perjudiciales para la salud de los trabajadores.</p>
3	Enfoque de Control 1	<p>Es la categoría más baja y establece principios generales para mantener bajos los niveles de concentración de</p>

		las sustancias en el ambiente en niveles aceptables
1,2,3 de Exposición dérmica INRS	Enfoque de control SK-100	Directrices para uso de EPP e indumentaria para reducir la exposición dérmica.

Fuente: Los autores.

Para exposición por inhalación, cada enfoque de control contiene una serie de directrices por actividad específica, para mayor precisión, una vez identificado el enfoque de control, se busca la actividad en listado Tabla No. 83 Directrices de control para riesgo inhalatorio, metodología ILO. En caso de no encontrar la actividad específica en el listado se deben seguir las directrices generales de control para el grupo de enfoque de control identificado, que puede aplicarse a cualquier sector o actividad.

Tabla No. 83. Directrices de control para riesgo inhalatorio, metodología ILO

Descripción de la Tarea	Código de directriz de control.
Enfoque de Control 1	
Principios generales	100
Almacenamiento de tambores, sacos y botellas	101
Almacenamiento a granel	102

Extracción de residuos procedentes de la unidad de limpieza de aire	103
---	---------------------

Enfoque de Control 2

Principios generales	200
----------------------	---------------------

Banco de trabajo o armario ventilado	201
--------------------------------------	---------------------

Cabina ventilada	202
------------------	---------------------

Extracción de residuos procedentes de la unidad de limpieza de aire	203
---	---------------------

Transferencia del transportador	204
---------------------------------	---------------------

Ensacado	205
----------	---------------------

Vaciado de sacos	206
------------------	---------------------

Carga del reactor o mezclador de saco o barril	207
--	---------------------

Llenado del tambor	208
--------------------	---------------------

El tambor vaciado con una bomba de tambor	209
---	---------------------

Pesaje	210
--------	---------------------

Mezclar líquidos con líquidos o sólidos	211
---	---------------------

Mezcla de sólidos	212
-------------------	---------------------

Tamizado	213
----------	---------------------

Cribado	214
---------	---------------------

Pintura con pistola	215
---------------------	---------------------

Decapado / del baño de chapado	216
Baño de desengrase por vapor	217
Horno de secado de bandejas	218
Peletización	219
Prensa de tabletas	220
llenado del tambor	221
Enfoque de control 3	
Principios generales	300
Guantera	301
La eliminación de los residuos de la extracción de la unidad	302
Transferencia de sólidos	303
Vaciado de sacos de alto rendimiento	304
Llenado del tambor	305
Vaciado de tambor	306
IBC de llenado y vaciado (sólidos)	307
IBC de llenado y vaciado (líquidos)	308
Cisterna de llenado y el vaciado (sólidos)	309
Cisterna de llenado y el vaciado (líquidos)	310
Llenado de barriles	311
Transferencia de líquido bomba	312
Llenado de envases pequeños (paquetes y botellas)	313

Pesaje de sólidos usando célula de carga	314
Pesaje de líquidos usando célula de carga	315
Mezcla de sólidos	316
Mezclar líquidos con líquidos o sólidos	317
Baño de desengrase de vapor	318

Enfoque de Control 4

Principios generales	400
----------------------	---------------------

Fuente: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina

Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

Para el caso de pesticidas, los controles se definen con ayuda de la Tabla 84. Directrices para control de pesticidas.

Tabla No. 84. Directrices de Control para Pesticidas.

Descripción de la tarea	Tarea recomendada
Dilución de la concentración	P100
Aplicación (pulverización y formación de polvo)	P101
Fumigación	P102
¿Se usa cebos envenenados?	P103
¿Se disponen los contenedores usados?	P104

Fuente: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina

Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

En caso de que la sustancia haya sido ubicada dentro del grupo de peligros alusivos a la piel y ojos se utiliza el siguiente listado de directrices de control. También si se desea tener mayor claridad respecto a la protección a usar en actividades de manejo de sustancias químicas, la ILO ofrece un documento con las directrices para protección respiratoria.

Tabla No. 85 Directrices de control para riesgo dérmico y ocular, recomendaciones para selección y uso de equipos de protección respiratoria, metodología ILO

Enfoque de Control: Riesgo dérmico y ocular	Código de Directriz de control
Cómo reducir el contacto de la piel con sustancias peligrosas	Sk100
Equipos de protección respiratoria	
Selección y uso de equipos de protección respiratoria	R100

Fuente: Chemical Control Toolkit obtenido de: International Chemical Control Toolkit – Proyecto de directrices – Oficina Internacional del Trabajo (ILO) 2006.

La metodología ofrece directrices adicionales de control para la protección ambiental, ofreciendo controles hacia la protección de la población de los efectos perjudiciales que puede ocasionar las sustancias químicas, teniendo en cuenta que cualquier escenario de contaminación puede poner en riesgo la salud de trabajadores como de demás personas, por lo tanto, cada directriz va a enfocado al control de un tipo de emisión; aire, agua y residuos ordinarios y peligrosos. También para el componente de seguridad ofrece un documento con directrices que ayuda a establecer sistemas de cierre, bloqueo o etiquetado para garantizar la seguridad durante operaciones de mantenimiento.

Tabla No. 86. Directrices de control para riesgo ambiental y peligros de seguridad de equipos, metodología ILO

Descripción de la directriz	Código de la directriz de control
Seguridad	
Las principales características del sistema de bloqueo / etiquetado	S100
Medio Ambiente	
El control de emisiones a la atmósfera	E100
El control de las emisiones al agua	E200
La eliminación segura de los residuos sólidos	E300

Fuente: Chemical Control Toolkit obtenido de: International Chemical Control Toolkit –

Proyecto de directrices – Oficina Internacional del Trabajo (ILO) 2006

7.2.8 Monitoreo y Seguimiento

El plan de intervención resultado de la fase anterior debe ser estrictamente monitoreado para lograr la implementación efectiva de los controles y una vez implementados, también se debe realizar seguimiento a su eficacia en el control del riesgo. Este seguimiento debe incluir la aplicación periódica de toda la metodología para asegurar que se identifican nuevos peligros resultado de cambios en el proceso o cuando se generen situaciones en la cuales los riesgos que se pretende controlar se materialicen.

Otra instancia de revisión incluye la metodología aplicada (criterios del riesgo) para la evaluación del riesgo en razón a que, dada la dinámica de la investigación en temas de riesgo químico, se hayan dado cambios significativos tendientes a mejorarla, los cuales se deben identificar e incorporar para mantener la validez del método utilizado en la evaluación del riesgo.

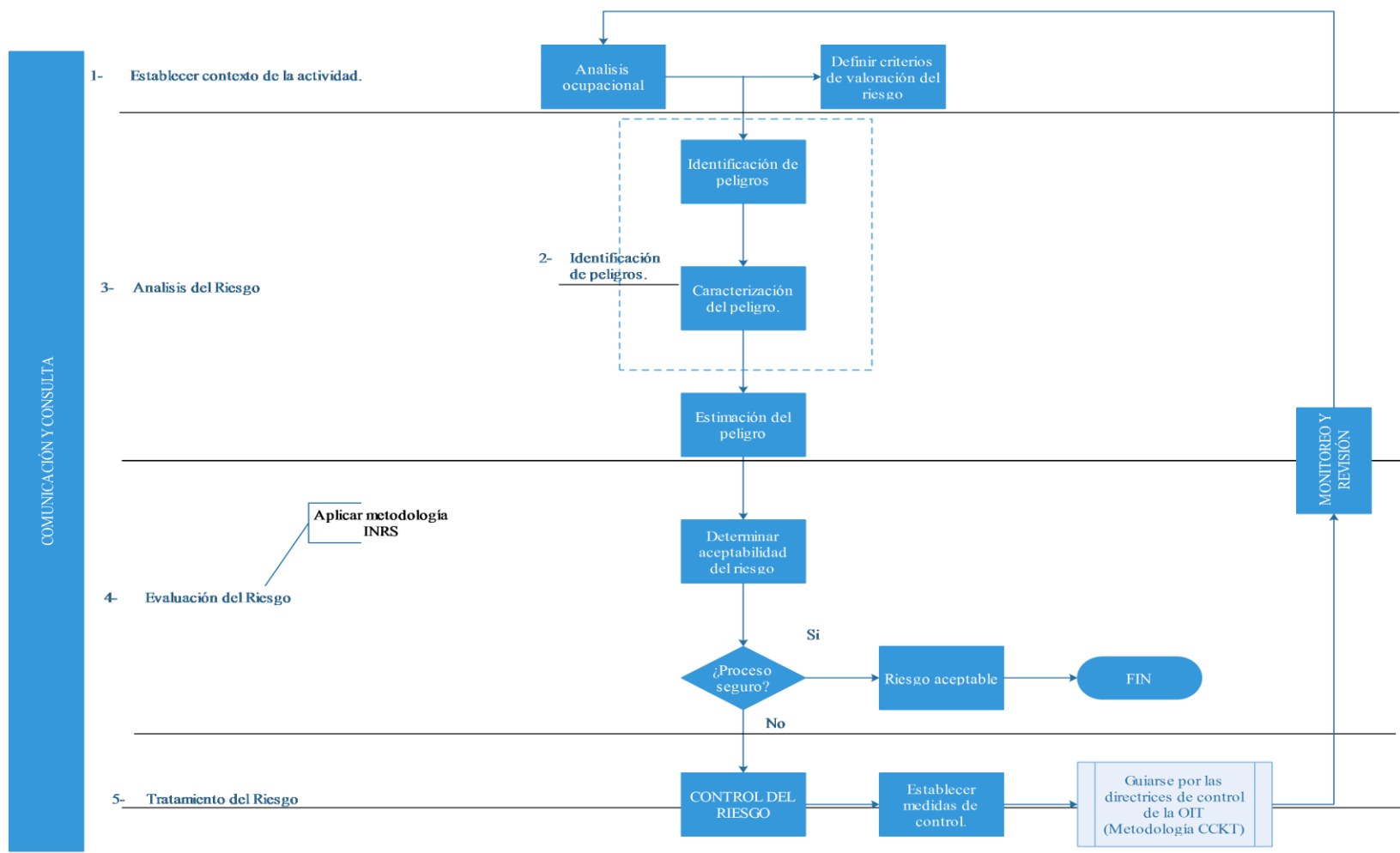
Los controles terciarios (sobre el trabajador) también facilitan el seguimiento a la efectividad de los controles establecidos, en especial las pruebas encaminadas a determinar la medida de la concentración de un marcador químico en el organismo, el cual es un indicador directo de su exposición, conocidos como BEI (Biological Exposure Index).

7.2.9 Comunicación y Consulta

Los resultados del proceso total de gestión del riesgo químico deben ser divulgados a todas las partes interesadas con el ánimo de asegurar la participación y compromiso en la implementación de los controles y que todos los involucrados en el proceso de gestión del riesgo tengan claros sus roles para asegurar el éxito de la gestión del riesgo.

Estos resultados también deben ser comunicados para asegurar la toma de conciencia en los trabajadores expuestos y de este modo minimizar la exposición por el seguimiento de los protocolos de manejo adecuado de las sustancias químicas en el proceso. Uno de los resultados de esta fase es la creación de una cartilla con información práctica y fácil de entender que dé a conocer de forma amena las implicaciones del riesgo químico al que están expuestos los trabajadores en el día a día de sus actividades laborales.

Figura. No. 17. Diagrama de Flujo Guía Metodológica para la evaluación inicial Cualitativa del riesgo químico.



Fuente: Los autores.

7.3 Aplicación de la Guía de Evaluación inicial del Riesgo Químico en las actividades de Cementación de pozos.

7.3.1 Contextualización de la Actividad de Cementación de pozos (Análisis Ocupacional).

Las actividades de cementación en campo inician desde la base, con el alistamiento de los equipos y la química identificadas en la fase de planeación. Estas actividades incluyen el embalaje, cargue, traslado desde la base y descargue en pozo. Las actividades en pozo inician con la ubicación de los equipos y la química de acuerdo a las necesidades de la operación.



Figura No. 16 Unidad de Cementación



Figura No.17. Tanques escuadra para mezcla de sustancias

Luego de ubicados los equipos se procede a realizar las conexiones de tubería (líneas de alta presión) entre ellos asegurando la conectividad de forma adecuada a las necesidades de la operación.



Figura No. 18 Conexiones Tuberías de alta presión entre equipos y pozo.



Figura No. 19. Detalle tendido tuberías alta presión

Después de realizar las conexiones, se realiza la verificación del estado de los tanques que almacenarán los diferentes fluidos y se procede a ubicar la química en los equipos en los que posteriormente se mezclarán. Un recuento de la química comúnmente utilizada en este tipo de trabajos se encuentra en la tabla No. 6. Principales Químicos utilizados en actividades de Cementación Primaria. Es importante aclarar que a pesar que se tienen disponibles varias opciones de cada tipo de producto químico, solo se utiliza el que

muestra un mejor desempeño y total compatibilidad con los demás fluidos y aditivos de acuerdo a las pruebas de laboratorio.

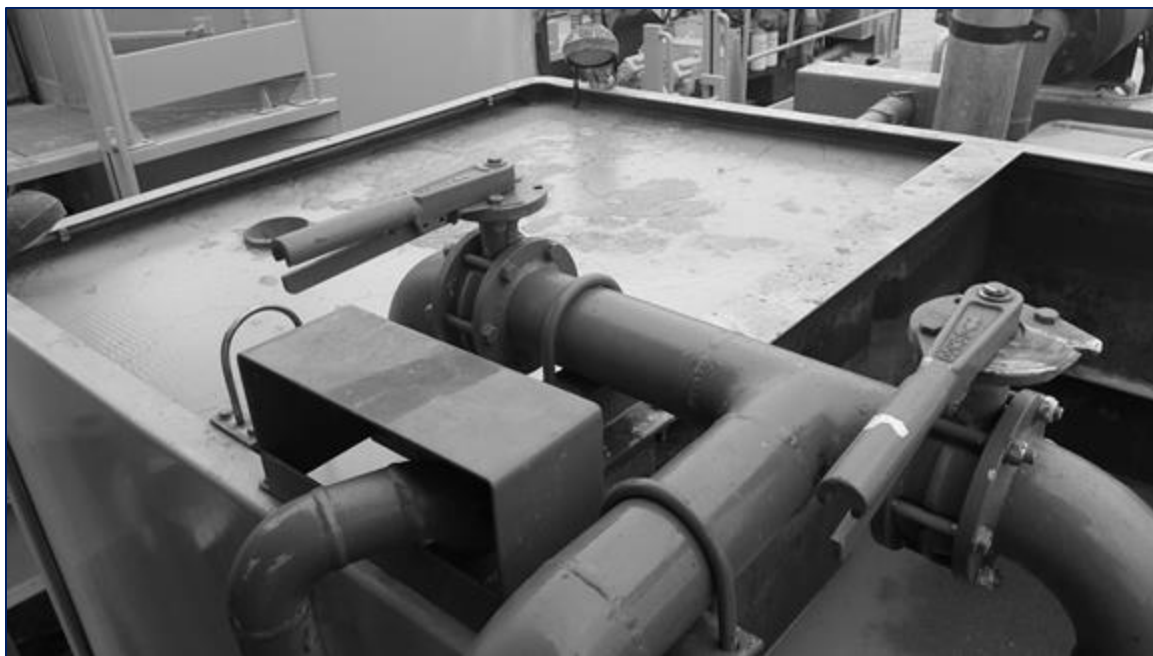


Figura No. 20. Verificación del estado de los tanques



Figura No. 21. Condiciones de la química utilizada en pozo



Figura No. 22. Condiciones de la química utilizada en pozo. (Cont.)



Figura No. 23. Condiciones de la química utilizada en pozo. (Cont.)

En pozo se cuenta con la cantidad de química requerida para preparar todos los lavadores, espaciadores y las lechadas. Se calcula la cantidad necesaria de química en la base y se despachan a pozo con un remanente significativo de cada producto. Siempre sobra química en las operaciones, la idea es que nunca haga falta.



Figura No. 24. Condiciones de la química utilizada en pozo. (Cont.)

Como se observa en las imágenes, todos los sacos de química tienen doble costura en la parte superior, lo que evita cualquier tipo de contaminación y para preservarlos durante la temporada invernal se cubren con doble plástico para evitar humedad en el producto. Además, es importante resaltar que no se traen a pozo sobrantes de otras operaciones ni productos químicos ya empezados. Todo saco usado en cada operación de cementación es nuevo.



Figura No. 25. Distribución de la química en los lugares de uso

Luego se procede a recolectar el agua necesaria para realizar las mezclas de lavadores, espaciadores y lechadas de cemento en los equipos dispuestos para tal fin.

Tabla No. 87. Principales Químicos Utilizados en Actividades de Cementación Primaria en pozos de los Llanos Orientales, Campos Castilla, Chichimene y Castilla Norte.

ACELERADORES	<ul style="list-style-type: none"> • Cloruro de Potasio • Cloruro de Calcio • Cloruro de Sodio
ADITIVOS PARA LAVADOR	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido Cítrico Anhidro • Butil Glicol • Pirofosfato Acido de Sodio • Surfactante
ADITIVOS PARA ESPACIADOR	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonato de Calcio • Goma Xántica • Silicato de Sodio
MATERIALES Y ADITIVOS PARA LECHADAS DE CEMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Cemento Clase G • Controladores de Filtrado • Dispersantes • Bentonita Sódica (Extendedor) • Retardadores • Carbón Activado • Super Sweep MLC-01 (controlador de pérdidas) • Microcemento

- Cenosferas
- Esferilitas
- Silicato de Aluminio
- Microsilica Malla SF
- Sílica SF
- Barita
- Microexpand
- Antiespumante base silicona
- Antiespumante NF
- Látex (controlador de gas)
- Indolmar D (dispersante)

Fuente: Los autores.



Figura No. 26. Recolección de agua para realizar las mezclas

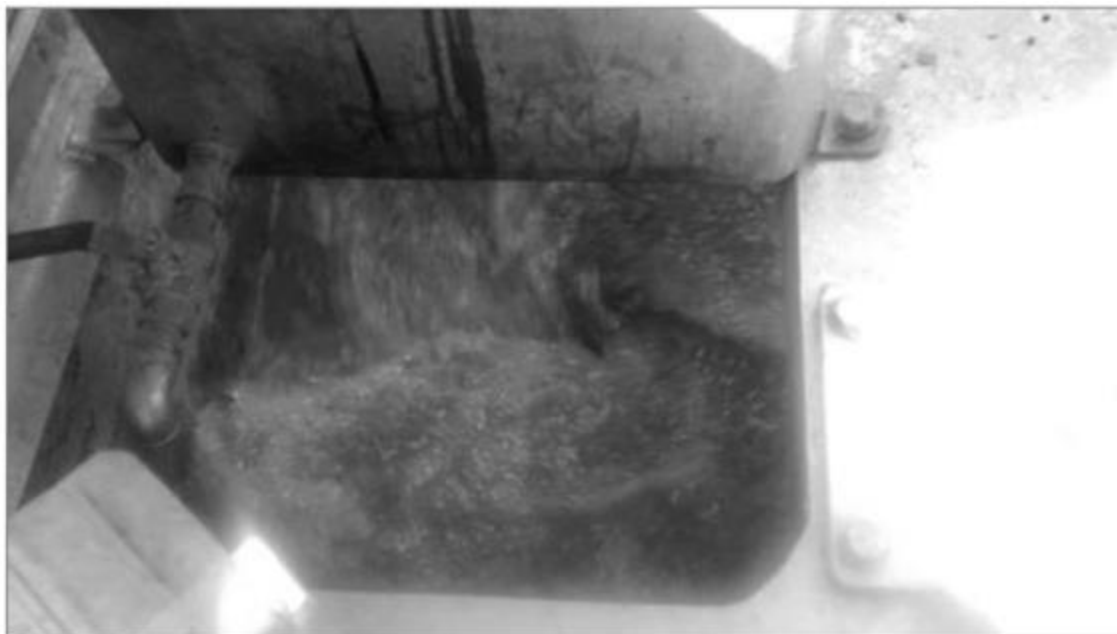


Figura No. 27. Recolección de agua para realizar las mezclas. (Cont.)

Luego de recolectar el agua, se inicia la preparación de los diferentes fluidos según el orden de mezcla establecido en el programa de Cementación. La mezcla se hace al aire libre, de forma manual a través del vaciado de los sacos o canecas directamente en los tanques de mezcla. La cementación se ejecuta a la hora que la operación demanda, siendo realizada a cualquier hora del día o de la noche y en las condiciones climáticas presentes en lugar del pozo.



Figura No. 28. Vaciado de Sacos en tanque de mezcla.



Figura No. 29. Vaciado manual de sacos de Barita para mezcla

Después de tener mezclados los diferentes fluidos de acuerdo al programa de cementación se proceden al bombeo de los mismos, en el orden establecido para lograr la cementación del revestimiento. Una vez culminada la cementación se procede a lavar los equipos y tanques de mezcla de fluidos, a la desinstalación de las líneas de alta presión y al alistamiento de la química sobrante para retorno a la base y culminación del trabajo con la elaboración de los reportes a los clientes.

7.3.1.1 Cuadrillas de trabajo

Las cuadrillas de trabajo para las actividades de cementación están compuestas por un Ingeniero de Cementación, un Supervisor de operaciones, Operador de Batch Mixer, Operador de unidad de cementación y auxiliar de cementación, quienes desarrollan las diferentes actividades descritas anteriormente para llevar a cabo un trabajo de cementación con éxito. Sus roles y responsabilidades comienzan desde el alistamiento de materiales y equipos antes de salir a pozo hasta el despeje de la locación para retornar materiales y equipos a las bases de operaciones. En la tabla No. 87 encontramos los cargos usuales en una cuadrilla de cementación y las responsabilidades operativas generales de cada uno.

Tabla No. 87. Roles Cuadrilla de Cementación

Cargo	Asignaciones Operativas
Ingeniero de Campo	✓ Revisar y firmar el formato de despacho de materiales y productos químicos, asegurando que lo despachado

corresponda a lo requerido para la ejecución del trabajo.

- ✓ Realizar las pruebas físico-químicas del agua entregada por el cliente para utilizar en la preparación de los diferentes fluidos (preflujos y lechadas)
- ✓ Recolección y etiquetado de muestras de cada uno de los fluidos bombeados y cemento a granel para presentarlos al cliente.
- ✓ Asegurar la calidad de cada uno de los fluidos a bombear teniendo en cuenta los requerimientos técnicos de la operación, el pozo y el cliente (pruebas de laboratorio en pozo).
- ✓ Garantizar la correcta mezcla y calidad de la lechada de cemento a bombear durante el trabajo de acuerdo a lo establecido en las pruebas de laboratorio incluidas en el Programa de Cementación aprobado.
- ✓ Realizar el cierre de operación con almacén, con el formato de despacho de materiales.

Supervisor de
Operaciones

- ✓ Asegurar el alistamiento, adecuado manejo y almacenamiento de los materiales y equipos en base y pozo.

-
- ✓ Recibir los equipos en pozo y ubicarlos de acuerdo a las necesidades de la operación.

 - ✓ Verificar el funcionamiento de los equipos luego de realizadas las conexiones.

 - ✓ En conjunto con el Ingeniero de Campo es responsable de:
 - Distribución de materiales a utilizar en la operación en los diferentes equipos.

 - Liderar la recolección y distribución de cada uno de los fluidos que se bombearán.

 - Realizar las pruebas de las líneas.

 - Asegurar el correcto almacenamiento de los líquidos y la recolección de agua.

 - Realizar la mezcla de preflujos y lechada.

 - Realizar el muestreo de la lechada.

 - Ejecutar el bombeo de cemento de acuerdo a las condiciones establecidas en el Programa de Cementación.

 - ✓ Liderar el rig down y asegurar el retorno de todos los equipos
-

a la base.

- ✓ Asegurar el lavado de los equipos y su funcionamiento antes del despacho hacia la base.
- ✓ Verificar el embalaje, despacho y entrega de material sobrante al almacén.

Operador de
Unidad de
Cementación

- ✓ Ejecuta junto con la cuadrilla las conexiones entre equipos y la recolección de fluidos.
- ✓ Inspecciona y prueba los equipos antes de la operación
- ✓ Apoyar el armado de las líneas, cabeza de cementación, la ejecución de la mezcla de cemento y preflujos, recolección de fluidos, existencia de materiales
- ✓ Velar por el cumplimiento del esquema de bombeo aprobado en el Programa preliminar de cementación.
- ✓ Apoyar el rig down y monitorear el retorno de todos los equipos a la base.
- ✓ Asegurar el lavado del equipo asignado y su funcionamiento antes del despacho hacia la base.

Operador de Batch ✓ Realizar conexiones entre equipos y hacia pozo.

Mixer	<ul style="list-style-type: none">✓ Realizar la recolección y mezcla de fluidos y posterior distribución✓ Garantizar que los compartimientos que almacenaran los fluidos estén limpios.✓ Mezclar los aditivos de cada fluido en correcto orden.✓ Mezclar de manera correcta y eficiente la lechada de cemento✓ Lavar su equipo una vez terminada la operación y dejarlo operativo para la siguiente.✓ Apoyar al grupo de trabajo en las operaciones de desarme y desmovilización de equipos una vez terminada la operación.✓ Realizar la entrega de materiales sobrantes de la operación en almacén.
-------	--

Fuente: Los autores.

7.3.2 Resultados de la Evaluación de Riesgo bajo la metodología INRS en las actividades de cementación de pozos

La metodología INRS para la evaluación del riesgo químico en las actividades de cementación de pozos en la etapa de ejecución, se aplicó tomando como referencia las actividades operativas de cementación desarrolladas para los pozos Castilla y Chichime ne

en los llanos orientales, específicamente en los campos Castilla, Chichimene y Castilla Norte, en los alrededores de Villavicencio.

El estudio incluye el análisis de todas las sustancias utilizadas para los diferentes tipos de revestimientos que se cementan dentro de las actividades de cementación primaria de pozos, tomando como referencia principal para las cantidades de los químicos usados en las tres secciones, las utilizadas en los revestimientos intermedios que son los que requieren mayores cantidades. De todos modos, en el análisis se incluyeron los químicos no utilizados en los revestimientos intermedios, pero si en las cementaciones de las demás secciones.

Los resultados de la evaluación, de acuerdo a la metodología Simplificada de Riesgo Químico por Inhalación y Exposición Dérmica (INRS) fueron los siguientes:

7.3.2.1 Aplicación de la Metodología Simplificada INRS

Se ejecutó el análisis ocupacional de la actividad de cementación a través del cual se identificaron las actividades del proceso de ejecución de trabajos de cementación en pozo el cual inicia con el alistamiento de las sustancias para enviar a pozo y finaliza con el retorno de todos los equipos y materiales sobrantes a la bodega. Las actividades analizadas bajo la metodología INRS fueron las específicamente relacionadas con la mezcla del tren de fluidos y lechadas a bombear al pozo, para las cuales se identificaron los químicos utilizados en cada una, así como el personal involucrado en estas operaciones. Más detalles de esta contextualización se puede ver al inicio de esta sección. Los principales peligros químicos relacionados con estas actividades incluyen a modo general los siguientes:

- Manipulación inadecuada de químicos sólidos y líquidos.

- Presencia de químicos en el ambiente
- Transporte de Químicos por vías nacionales y rurales
- Almacenamiento inadecuado

Las sustancias químicas que generan el factor de riesgo, utilizadas en las actividades operativas identificadas en la contextualización, fueron caracterizadas identificando la información de cada una pertinente a:

- Frases R y H
- Cantidad de sustancia utilizada en el proceso.
- Frecuencia de utilización.
- Presión de vapor a la temperatura de trabajo (en mmhg).
- Temperatura de ebullición (° C).
- Tipo de procedimiento de trabajo.
- Tipo de protección colectiva.
- TLV (gr/m³), para exposición dérmica: superficies expuestas a los químicos y Frecuencia de exposición.

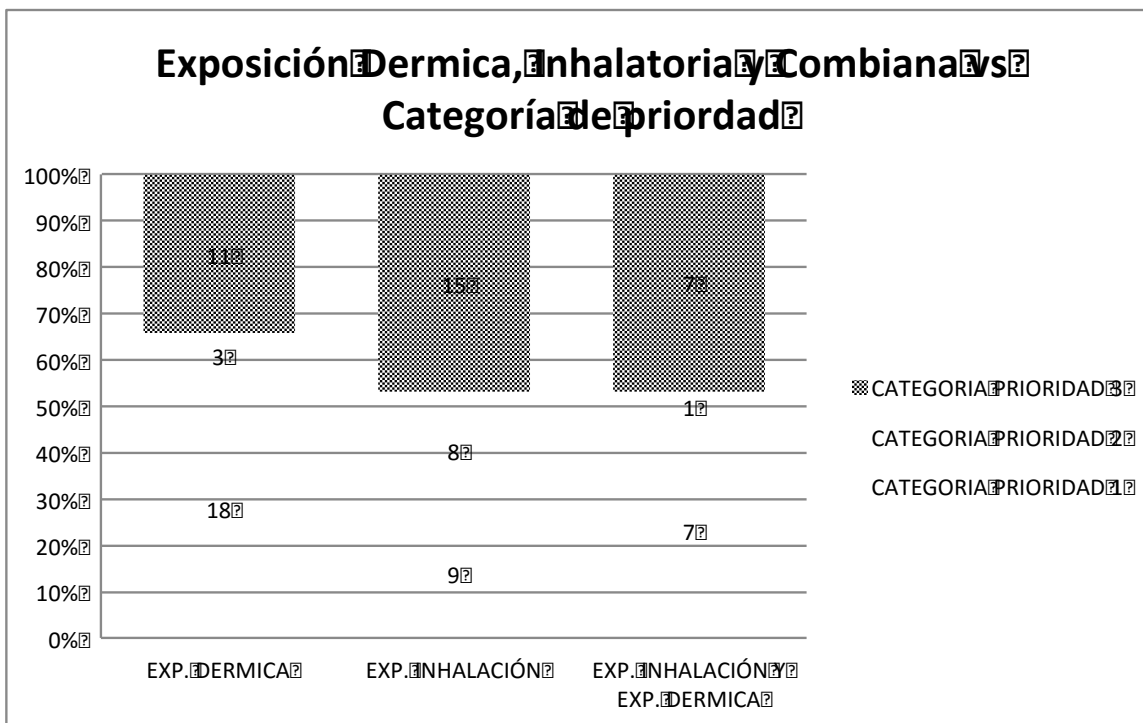
Lo anterior se hizo tomando como punto de partida las hojas de seguridad entregadas por los proveedores, las cuales a pesar de contener los 16 puntos que pide la normatividad, no contenían la información exacta y suficiente para realizar el análisis sobre todo en lo que respecta a las frases R y H, a los TLV's y a las temperaturas de ebullición y presión. Por esta razón se hizo necesario corroborar y buscar información en las bases de datos especializadas en el manejo de información de las propiedades físico-químicas de las

sustancias químicas, específicamente la base de datos Toxplanet, que a juicio de los autores de este trabajo es la más completa.

Con esta información se continuó con el análisis y la evaluación del riesgo químico para establecer las alternativas de tratamiento y se analizaron los siguientes aspectos:

De las 32 sustancias evaluadas, alrededor del 55% presentan categoría de prioridad 1 respecto a exposición dérmica, alrededor de un 30% categoría prioridad 1 por Inhalación y 15 sustancias presentan un efecto combinado (inhalatorio y dérmico), de las cuales el 50% presentan categoría de prioridad 1, lo cual bajo la metodología aplicada (INRS) indica que hay un riesgo muy elevado derivado del uso de estas sustancias y se deben tomar medidas correctoras inmediatas.

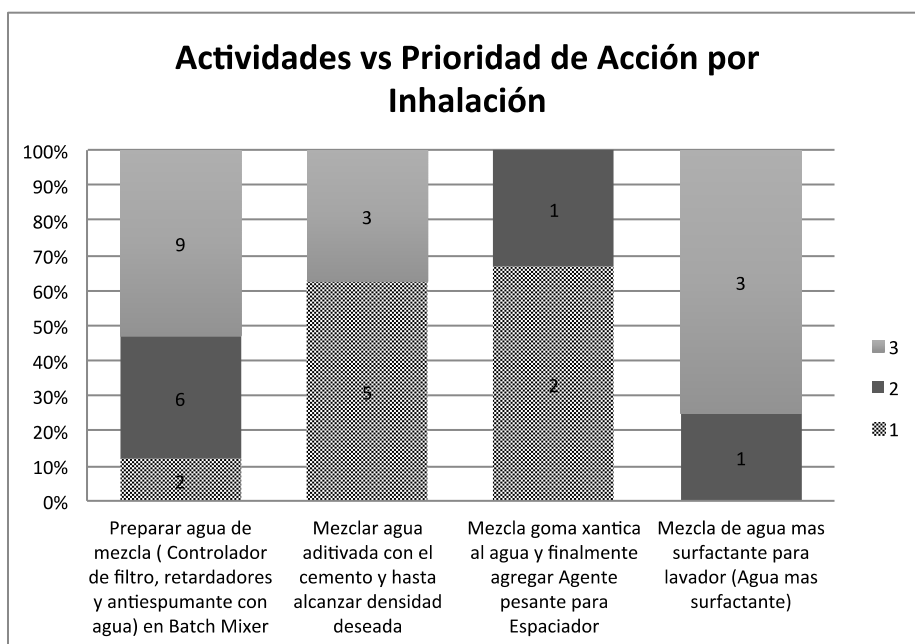
Figura 30. Resultados Exposición Dérmica, Inhalatoria y Combinada para actividades de Cementación de pozos.



Fuente: Los Autores

Respecto a la exposición por inhalación, el 63% de las sustancias utilizadas en la actividad de mezcla de agua aditivada con cemento presentan categoría de prioridad 1, al igual que el 68% de las sustancias usadas para preparar el espaciador; lo cual implica que se deben tomar medidas correctoras inmediatas. Es importante mencionar que el cemento que se utiliza para preparar las lechadas que se bombean al pozo, contiene sílice el cual es un agente reconocido como causante de enfermedades como silicosis. Además, se utilizan silicatos que también están asociados a este tipo de enfermedades. También se vieron resultados para la categoría de prioridad 2 en las actividades de mezcla en Batch Mixer, en el 30% de las sustancias, en la mezcla para preparar espaciador en 32% y en la mezcla para preparar lavador en alrededor del 25% de las sustancias, esta categoría indica que hay un riesgo moderado y se necesitan medidas correctoras y/o una evaluación más detallada.

Figura 31. Resultados Exposición Inhalatoria para actividades de Cementación de pozos.

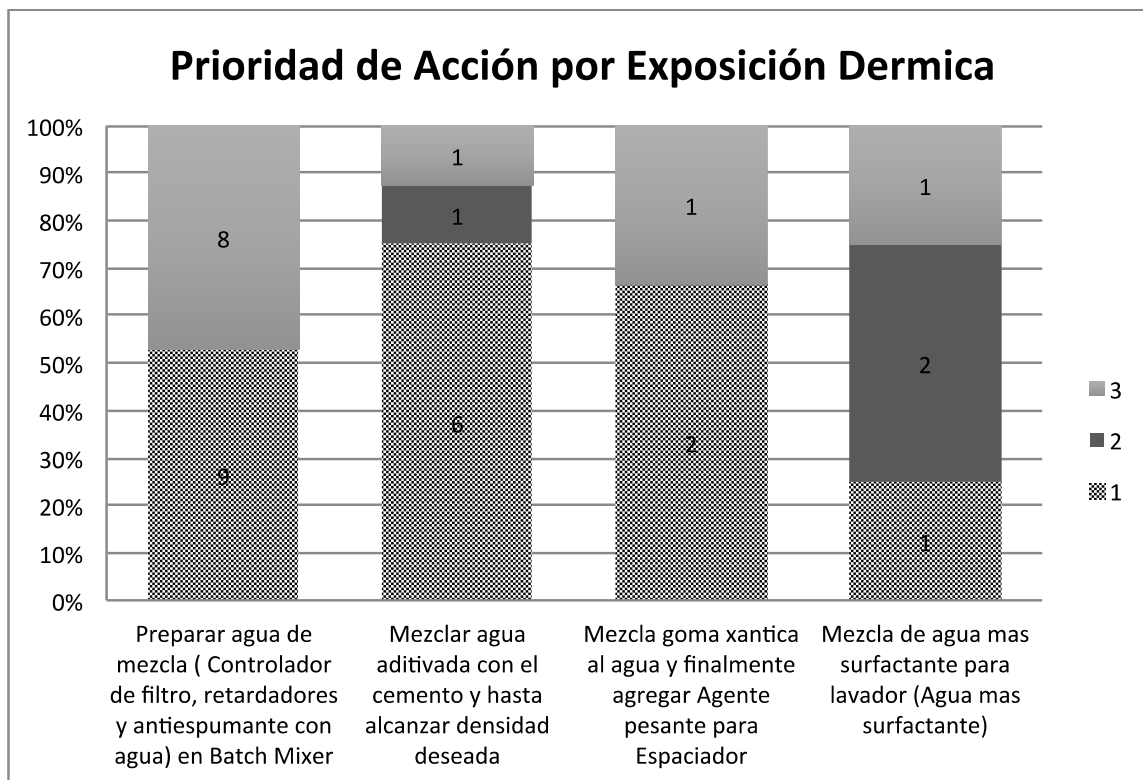


Fuente: Los Autores.

Respecto a la exposición dérmica, de nuevo la actividad de mezclar el agua aditiva da con el cemento, presenta el 75% de las sustancias con categoría de Prioridad 1, seguido de la mezcla de aditivos para preparar espaciador con un 68%, de la actividad de preparar el agua adicionada en el Batch Mixer con 53% y por último la mezcla para preparar el lavador con un 25%. También se vieron resultados en la categoría de prioridad 2; que al igual que la categoría 1 requiere acción correctiva inmediata o evaluaciones más específicas.

Los anteriores resultados se explican en razón a que en estas actividades la manipulación se hace de forma completamente manual, exponiendo los químicos usados no solo las manos sino una gran parte de los brazos, además no se consideró el uso de elementos de protección personal, por lo tanto se evaluó como si las superficies de manipulación de químicos estuviesen completamente expuestas, aunque en la realidad los empleados se dotan con guantes de nitrilo, la resistencia a su uso es alta por lo tanto se quería evaluar la sensibilidad de los datos frente a esta situación.

Figura 32. Prioridad de acción por exposición dérmica.



Fuente: Los autores

Con esta información se continuó con el análisis y la evaluación del riesgo químico para establecer las alternativas de tratamiento. La matriz de evaluación del riesgo químico elaborada para las actividades de cementación completa se encuentra en el **Anexo No. 1. Matriz de Evaluación de Riesgo Químico para actividades de Cementación de pozos.**

7.3.3 Resultados del Análisis de Riesgo y alternativas de Tratamiento.

Los resultados del análisis de riesgo y las directrices de control recomendadas se resumen en la Tabla No. 88. Resultados de la Evaluación de riesgos y controles propuestos.

Tabla 89. Resultados de evaluación y controles propuestos.

Actividad(es)	Sustancia(s)	Prioridad de	Caracterización	Enfoque de	Control
	Química	Acción	del riesgo	Control	Recomendado.
	Empleada		(Metodología	(Metodología	
			INRS)	ILO)	
Mezcla de agua	Ácido cítrico	3	Riesgo a priori	1	Ubicar puesto de
más surfactante	Anhídrido AC		bajo (sin necesidad		trabajo en favor de la
para lavador	Butil Glicol		de modificaciones)		dirección del viento,
(Agua más	Surfactante SN-01				debido a que la
surfactante)					actividad se realiza a
					cielo abierto.
					Actividades diarias de
					limpieza y
					almacenamiento seguro
					de la sustancia,

					sustancias líquidas ubicarse alejadas del sol.
Mezclar agua aditivada con el cemento y hasta alcanzar densidad deseada	Alivianante Cenosferas Ceramica CL 01 Alivianante esferilitas CL 02 Expansor Micro Expand ME 01	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)	1	Ubicar puesto de trabajo en favor de la dirección del viento, debido a que la actividad se realiza a cielo abierto. Actividades diarias de limpieza y almacenamiento seguro de la sustancia, sustancias líquidas

ubicarse alejadas del sol.

<p>Preparar agua de mezcla (Controlador de filtro, retardadores y antiespumante con agua) en Batch Mixer</p>	<p>Controlador de filtrado FL LP 05</p> <p>Controlador de filtrado sólido GC-02</p> <p>Controlador de filtrado FL-HP 06</p> <p>Controlador liquido Látex GC 03</p> <p>Antiespumante base silicona NF 01</p>	<p>3</p>	<p>Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)</p>	<p>1</p>	<p>Ubicar puesto de trabajo en favor de la dirección del viento, debido a que la actividad se realiza a cielo abierto.</p> <p>Actividades diarias de limpieza y almacenamiento seguro de la sustancia, sustancias liquidas ubicarse alejadas del sol.</p>
---	---	-----------------	---	-----------------	---

	Acelerador					
	Cloruro de Calcio					
	A 01					
	Acelerador					
	Cloruro de Sodio					
	A02					
	Acelerador					
	inhibidor de					
	arcillas Cloruro de					
	Potasio					
	Multipropósito					
	Carbón Activado					
Mezcla de agua más surfactante para lavador	Pirofosfato Acido de Sodio	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente	2	Ubicar las cantidades a usar en el día únicamente	

**(Agua más
surfactante)**

medidas
correctoras y/o una
evaluación más
detallada
(mediciones)

Limpieza y orden diario
al área de trabajo.
No realizar la limpieza
con escoba o aire
comprimido.
Instalar equipo de
vaciado de sacos
cubierto, revisión y
mantenimiento
frecuente al
funcionamiento del
equipo.
Limpieza diaria del
puesto de trabajo.

Uso y mantenimiento

frecuente de EPI's

Mezcla goma xantica al agua y finalmente agregar Agente pesante para Espaciador	Silicato de Sodio	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)	2	Ubicar las cantidades a usar en el día únicamente Limpieza y orden diario al área de trabajo. No realizar la limpieza con escoba o aire comprimido. Instalar equipo de vaciado de sacos cubierto, revisión y mantenimiento frecuente al
--	-------------------	----------	--	----------	---

					funcionamiento del equipo. Limpieza diaria del puesto de trabajo.
Preparar agua de mezcla (Controlador de filtro, retardadores y antiespumante con agua) en Batch Mixer	Controlador de filtrado IRF 105 Controlador de filtrado IFL 15 Dispersante ID 100 Retardador ILIG-HT R03 Retardador ILIG-SC-R01	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)	2	Ubicar las cantidades a usar en el día únicamente Limpieza y orden diario al área de trabajo. No realizar la limpieza con escoba o aire comprimido. Instalar equipo de vaciado de sacos cubierto, revisión y

MLC-01Super

Sweep

mantenimiento

frecuente al

funcionamiento del

equipo.

Limpieza diaria del

puesto de trabajo.

Mezcla goma	Goma Xantica Oil	1	Riesgo	3	Sistema mezclador
xantica al agua y	Grade		probablemente		cerrado batch con
finalmente	Sulfato de Bario		muy elevado		sistema controlado de
agregar Agente	Cemento Clase G		(medidas		evacuación de vapores.
pesante para	01		correctoras		Revisión y
Espaciador			inmediatas)		mantenimiento para
					asegurar la eficiencia
					del sistema cerrado.

						Limpieza y orden diaria del puesto de trabajo.
Mezclar agua aditivada con el cemento y hasta alcanzar densidad deseada	Cemento Clase G 01 Aditivo especial Microcemento 01 Alivianante Silicato de aluminio SA 01 Antiretrogresión Microsilica Malla SF 01 Antiretrogresión Silica SF 03	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)	4	Esta sustancia presenta un nivel especial de peligrosidad debido a que pueden provocar cáncer, asma o pueden causar daños serios a nivel orgánico, para lo cual el proceso de control debe ser realizado con un experto, determinando la viabilidad de sustituir o confinar la sustancia	

para evitar el contacto
con las personas.

<p>Mezcla de agua más surfactante para lavador (Agua más surfactante)</p>	<p>Butil Glicol</p>	<p>1</p>	<p>Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)</p>	<p>Sk-100</p>	<p>Equipar zonas de trabajo con duchas para limpieza después de realizar las actividades. Entregar suficiente cantidad de indumentaria para respaldar el lavado durante los mismos. Asegurar los EPI's así la vigilancia de uso de estos.</p>
--	---------------------	-----------------	--	----------------------	---

Mezcla goma xantica al agua y finalmente agregar Agente pesante para Espaciador	Silicato de Sodio Sulfato de Bario	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)	Sk-100	Equipar zonas de trabajo con duchas para limpieza después de realizar las actividades. Entregar suficiente cantidad de indumentaria para respaldar el lavado durante los mismos. Asegurar los EPI's así la vigilancia de uso de estos.
Mezclar agua aditivada con el cemento y hasta	Cemento Clase G 01	1	Riesgo probablemente muy elevado	Sk-100	Equipar zonas de trabajo con duchas para

alcanzar	Aditivo especial		(medidas		limpieza después de
densidad deseada	Microcemento 01		correctoras		realizar las actividades.
	Alivianante		inmediatas)		Entregar suficiente
	Cenosferas				cantidad de
	Ceramica CL 01				indumentaria para
	Alivianante				respaldar el lavado
	Silicato de				durante los mismos.
	aluminio SA 01				Asegurar los EPI's así
	Antiretrogresión				la vigilancia de uso de
	Microsilica Malla				estos.
	SF 01				
	Antiretrogresión				
	Silica SF 03				
Preparar agua de	Controlador de	1	Riesgo	Sk-100	Equipar zonas de
mezcla	filtrado FL LP 05		probablemente		trabajo con duchas para

(Controlador de filtro, retardadores y antiespumante con agua) en Batch Mixer	Controlador de filtrado FL-HP 06 Controlador de filtrado IRF 105 Controlador liquido Látex GC 03 Dispersante ID 100 Dispersante INDOLMAR D polvo Retardador ILIG-HT R03	muy elevado (medidas correctoras inmediatas)	limpieza después de realizar las actividades. Entregar suficiente cantidad de indumentaria para respaldar el lavado durante los mismos. Asegurar los EPI's así la vigilancia de uso de estos.
--	--	---	---

Retardador ILIG-

SC-R01

Antiespumante

base silicona NF

01

8. Conclusiones y Recomendaciones

1. La evaluación de riesgo químico bajo metodologías cualitativas es de amplio uso en Europa y es usada como una herramienta de control promocionada por los gobiernos de la comunidad europea para facilitar la gestión del riesgo químico en los diferentes sectores productivos.
2. Las metodologías cualitativas para la evaluación del riesgo químico se constituyen en una herramienta de diagnóstico inicial que permiten priorizar las actividades, sustancias y controles que se deben iniciar, pero sin olvidar que como resultado de esta evaluación inicial se deberá entrar a analizar en profundidad estas sustancias identificadas inicialmente, por ejemplo, utilizar mediciones higiénicas que permitan entender mejor la exposición de los trabajadores.
3. Las metodologías cualitativas para evaluación del riesgo químico más aceptadas son las conocidas como Modelos Control Banding, las cuales incluyen diferentes enfoques de complejidad y diferentes alcances, es por esto que al gestionar el riesgo químico en una organización determinada se debe evaluar e identificar cual es la metodología más pertinente.
4. El principal insumo para la evaluación cualitativa de riesgo bajo los modelos control banding, es la información de las propiedades físico-químicas de las sustancias y su peligrosidad asociada en las frases R y H, la cual debería ser fácilmente accedida desde las hojas de seguridad; en la práctica, a pesar que se

- cuenta con las hojas de seguridad, la calidad de la información de las mismas es muy deficiente, lo cual puede afectar el resultado del proceso de evaluación, bien sea por que se sobre estima o subestima el riesgo.
5. Algunas metodologías se enfocan en la determinación probabilística del riesgo y otras hacia los posibles controles en función de las sustancias y las actividades en las cuales se utilizan por lo tanto se debe tener claro que es lo que se persigue el aplicar la metodología para así obtener los resultados esperados.
 6. A pesar que algunas metodologías ofrecen controles más amplios y específicos siempre se debe contar con el apoyo de un experto en higiene para lograr un adecuado control del riesgo.
 7. Existen algunas debilidades en la aplicación de las metodologías, ya que al momento de establecer la categoría de peligro respecto a las frases R y H, establecen para los casos en los cuales no se cuenta con dichas frases la asignación de la categoría de peligro más baja la cual induce a subestimar el riesgo.
 8. Las metodologías Chemical Control Toolkit (CCTK-ILO) y BAUA aplican el principio de precaución dentro de los criterios de evaluación del estado físico de la sustancia y cantidad de la misma, al asignar la más alta puntuación en caso de no estar determinados, lo cual se constituye en un aspecto que disminuye el sesgo y justifica la necesidad de implementar análisis posteriores.
 9. La metodología INRS es la única metodología de las analizadas dentro del alcance de este proyecto que evalúa el riesgo en función de la frecuencia de uso (tiempo)

- por lo que la valoración del riesgo proporciona una mayor confianza respecto a los resultados obtenidos.
10. Para lograr una evaluación del riesgo químico exitosa, es indispensable contar con una fase de análisis ocupacional extensa que permita entender claramente el proceso objeto que se está evaluando. La mejor forma de lograr esto, es asegurar la visita al sitio, la entrevista con los trabajadores y la observación directa de las actividades.
 11. Otro factor de éxito de las evaluaciones de riesgo químico es la identificación exhaustiva de las sustancias que intervienen en el proceso, pues si estas no se identifican desde el comienzo, no serán analizadas y mucho menos serán controladas lo cual aumenta las posibilidades de que se materialicen los riesgos ocasionados por estas sustancias.
 12. El proceso de evaluación cualitativa del riesgo químico debe ser realizado con la participación de las personas involucradas en el proceso para asegurar la pertinencia de sus resultados.
 13. Se evidencia que a nivel Colombia, la normatividad alusiva al riesgo químico es bastante flexible en términos de evaluación, medidas de control y de manejo de sustancias químicas y lo que es peor que no hay adecuado seguimiento de su cumplimiento, prueba de ello son las grandes falencias en las hojas de seguridad y la ausencia de documentos científicos que den directrices a los sectores productivos en la gestión del riesgo químico.

14. La Evaluación cualitativa de riesgo químico además de ser una poderosa herramienta de diagnóstico y priorización también contribuye a la creación de conciencia en los trabajadores acerca de los riesgos a los cuales están expuestos diariamente, por lo tanto, se debe asegurar su divulgación a todos los trabajadores.
15. Las metodologías de evaluación de riesgo químico tiene unas limitaciones significativas en su alcance, la más notoria es que ninguna puede evaluar sustancias que se generan en el proceso como humos y gases resultado de los procesos de transformación de la materia, limitando la posibilidades de aplicar una metodología practica para sectores como el metalmecánico y de plásticos, los cuales sus principales actividades presenta este tipo de sustancias químicas como las actividades de soldadura y termoformado de plásticos.
16. Respecto a lo anterior, la metodología Chemical Control Toolkit de la (OIT) dentro de las recomendaciones de control ofrece directrices para el control de sustancias químicas, por medio de extracción localizada para sustancias químicas perjudiciales y peligrosas, directrices que pueden aplicarse para facilitar la implementación en actividades como soldadura y demás procesos donde se generen vapores y/o humos, sin embargo se debe determinar la viabilidad y establecer los mecanismos de evaluación de la efectividad de la medida implementada.
17. Se recomienda para el proceso de evaluación del riesgo en el caso que no se encuentre información respecto a las características de las sustancias como las frases R y H, temperatura de ebullición, presión de vapor, etc. Apoyarse con bases

de datos en línea como *MSDS Online*, *ToxPlanet* entre otras que contienen hojas de seguridad de la mayoría de sustancias provenientes de países europeos y americanos, estas hojas de seguridad contienen la información faltante con la que puede asegurarse la continuidad del proceso de evaluación. Así mismo para las empresas que comercializan o procesan sustancias químicas y que proveen estas hojas de seguridad a sus clientes se le recomienda suscribirse a estas bases de datos de modo que puedan completar la información, mejorando la calidad de sus hojas de seguridad.

18. Durante la labor de determinación del factor de corrección del VLA en la metodología INRS se evidencia que el proceso de asignación del factor no se tiene claro para el caso de mezclas en donde se presentan sustancias con diferentes valores, dando a entender que se toma el VLA de menor valor, lo que puede ser la vía más lógica sin embargo, la metodología no confirma si esta medida es segura para la confiabilidad de los datos; dando a entender que la aplicación de la metodología sería únicamente aplicable a sustancias puras.
19. Todas las empresas para las cuales el riesgo químico constituye una prioridad alta deberían tener una suscripción a una base de datos de químicos reconocida para tener acceso a la información de primera mano, en razón a que la información contenida en las hojas de seguridad en la mayoría de los casos no contiene información de calidad.
20. Se recomienda iniciar el proceso de gestión del riesgo para una organización con la aplicando un modelo general de evaluación del riesgo como por ejemplo la

- GTC- 45 y posteriormente en razón a los resultados generales obtenidos con esta metodología profundizar el análisis de los riesgos no tolerables con metodologías de evaluación del riesgo específicas para cada factor de riesgo, lo cual garantizará la identificación de medidas de control adecuadas.
21. Las actividades de cementación de pozos en campo requieren para su correcta ejecución algunas sustancias que son de interés desde el punto de vista de la salud y seguridad en el trabajo por su potencialidad de causar enfermedades laborales crónicas, por lo tanto, es indispensable iniciar la implementación de planes de acción que permitan minimizar el riesgo.
 22. Para lograr una adecuada intervención de los riesgos identificados en las actividades de cementación se deben agotar en primera instancia alternativas de control enfocadas a las fuentes de emisión y al medio, en vez de ir directamente a controles sobre el trabajador que no evitan ni minimizan el factor de riesgo.
 23. Se evidenció la pobre calidad de las hojas de seguridad al momento de realizar a la evaluación ya que no contaban con la información suficiente ni necesaria, por tal motivo la organización debe hacer seguimiento a la calidad de las hojas de seguridad proporcionadas a los proveedores ya que este es el insumo básico que permite adquirir la información de entrada para la evaluación cualitativa del riesgo químico.
 24. Al comparar las categorizaciones de las nomenclaturas NFPA y/o HMIS con los resultados de la evaluación cualitativa del riesgo desarrollada, no se pudo establecer una coherencia de los datos, ya que la mayoría de las sustancias

evaluadas están clasificadas bajo NFPA/HMIS como riesgo 1 para la salud y en la evaluación resultaron en categorías de prioridad moderada o alta. Esta es una razón más para optar por el sistema globalmente armonizado. Cabe advertir que no se descarta que esto se deba a errores en la información contenida en las hojas de seguridad analizadas.

25. Se recomienda la ejecución de estudios higiénicos cuantitativos para las sustancias evaluadas en categoría de prioridad 1 ya que como se dijo, estas sustancias tienen un gran potencial de daño y deben ser monitoreadas continuamente para asegurar que se encuentren dentro de los límites permisibles.
26. Se recomienda evaluar la viabilidad de iniciar un programa de evaluación de alternativas para las sustancias químicas identificadas con categoría de prioridad 1, de tal manera que se puedan iniciar acciones de sustitución por químicos con menor grado de peligrosidad, esto naturalmente desarrollado de la mano de pruebas técnicas de calidad ejecutadas por el laboratorio de cementación para no afectar la calidad y el desempeño de los trabajos.
27. Se recomienda divulgar a todo nivel los resultados de esta evaluación de riesgo químico para lograr conciencia en los empleados del adecuado uso de los EPP y de la importancia del seguimiento de los protocolos de manipulación establecidos para minimizar el riesgo en sus actividades diarias.
28. Se recomienda la implementación del sistema de etiquetado Globalmente armonizado ya que este está diseñado para comunicar de una manera sencilla y simple los peligros intrínsecos de una sustancia y las acciones precaución al

- momento de su manejo. Con ello se logrará un mejor entendimiento de los peligros de las sustancias químicas por parte de los trabajadores lo cual contribuirá a la prevención y autocuidado.
29. El estudio realizado, como su nombre lo indica, constituye la primera fase en el camino de la prevención y control del riesgo químico, por lo tanto, se recomienda que se realicen evaluaciones de exposición dérmica con metodologías más sensibles a este tipo de exposición y que permitan evaluar la efectividad de los elementos de protección personal usados en este momento.
30. Adicionalmente se recomienda realizar de nuevo la evaluación dérmica teniendo en cuenta las partes expuestas a las sustancias químicas a pesar el uso del EPP. Lo anterior debe hacerse asegurando la observación directa en campo de las actividades.
31. Se recomienda para lograr una completa identificación y control del riesgo químico en la organización evaluar los riesgos relativos a la seguridad industrial en el manejo de químicos (riesgo de incendio, explosión, etc.).

9. Lista de referencias

- Erler, Steffen. (2009). Framework for Chemical Risk Management under REACH. Rapra Technology Ltd. 2009
- RL Datos Riesgos Laborales (2016). Consultado el 25 de marzo de 2016. Disponible en: <http://sistemas.fasecolda.com/rpDatos/>
- Witter, Roxana; Tenney, Liliana; Clark, Suzanne; Newman, Lee. S. (2014). Occupational Exposures in the Oil and gas extraction industry: State on the science and research recomendations. American Journal of Industrial Medicine; vol 57: 847 -856
- La seguridad y la Salud en el Uso de Productos Químicos en el Trabajo.(2013). Organización Internacional del Trabajo. Primera Edición. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_235105.pdf
- Roa G, Laura Tatiana (2013). Perfil de exposición ocupacional a polvo de cemento y sílice cristalina en procesos de cementación y Fracturamiento hidráulico en el sector Oil & Gas en Colombia: un estudio retrospectivo (2009 – 2013).
- Palou, Martin T; Soukal, Frantisek; Bohac, Martin; Siler, Pavel; Ifka, Tomas; Zivica, Vladimir. (2014). Performance of G-Oil Well Cement exposed to elevated hidrothermal curing conditions. Publicación Académica.
- Rahuma, Khulud; Salem, Abdullah; Alhkem, Etman Abd; Nuri, Mohammed. (2015). Loss Circulation Cure While Drilling and Cementin. Petroleum & Coal publication. 2015.
- Schlumberger. (2000). Manual de Cementación. Schlumberger Limited. Houston. 2000.
- Carson, Philip; Mumford, Clive. (2002). Hazardous Chemicals Handbook. Butterworth-Heinemann.
- Whittaker, Margaret H.; Heine, Lauren G. (2013). Chemicals Alternatives Assessment (CAA): Tools for selecting. Issues in Environmental Science and Tecnology. Vol 36. Edited by R E Hester and R M Harrison. RSC Publishing.
- Mannan, Sam. (2012). Less´ Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control. Vol. 1. Butterworth-Heinemann. Cuarta Edición.
- Vallejo, Maria del Carmen.(1997). Toxicología Ambiental. Fondo Nacional Universitario.

- NTC ISO 31000 (2011). Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC. Bogotá.
- PC. Albuquerque, J.F. Gomes, C.A. Pereira, R.M. Miranda. (2014). Assessment and Control of nano particles exposure in welding operations by use of Control Banding Tool. *Journal of Cleaner Production*. No. 89. Elsevier. 2014.
- Menendez, Diez; Faustino (2012). *Higiene Industrial. Manual para la formación del especialista*. Lex Nova. España. 2012.
- Cavallé, Nuria; Van der Haar, Rudolf. (2014). Evaluación cualitativa del riesgo de Exposición a agentes químicos: Modelos de Control Banding. *Salud Laboral, Conceptos y Técnicas para la Prevención de Riesgos Laborales*. Elsevier, 2014. Cuarta Edición.
- Alvarez, Heredia; Francisco (2007). *Salud Ocupacional*. Ediciones ECOE, 2007. Primera Edición
- Simons, H (2009). *Estudio de caso: Teoría y practica*. Madrid, España: Morata,
- Niño R, V (2011). *Metodología de la Investigación: Diseño y Ejecución*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Aguilar, J; Bernaola A, M; Galvez P, V; Rams S, P; Sanchez C, M; Sousa R, M, Tejedor, J. (2010). *Riesgo Químico, Sistemática para la evaluación*, Madrid, España: INRS
- NIOSH. (2009). *Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational Hazards: Control Banding (CB)*, Estados Unidos: NIOSH.
- INRS. (S.F). *NTP 750: Evaluación del riesgo por exposición inhalatoria de agentes químicos. Metodología simplificada*. Recuperado de:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_750.pdf
- INRS. (S.F) *NTP 872: Agentes químicos: aplicación de medidas preventivas al efectuar la evaluación simplificada por exposición inhalatoria*. Recuperado de:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/856a890/872w.pdf>
- INRS. (S.F) *NTP 897: Exposición dérmica a sustancias químicas: evaluación y gestión del riesgo*. Recuperado de:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/897w.pdf>

NRS. (S.F) *NTP 934: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS*. Recuperado de:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/926a937/934%20w.pdf>

NIOSH. (2009). *Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational Hazards: Control Banding (CB)*, Estados Unidos: NIOSH.

ILO (2006). *International Chemical Control Toolkit*, Geneva, Suiza: ILO

BAUA (2006). *Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances*, Dortmund, Alemania: BAUA.

10. Bibliografía

- Erler, Steffen. (2009), *Framework for Chemical Risk Management under REACH*. Rapra Technology Ltd. Reino Unido. ISBN: 978-1-84735-402-0 (ebook)
- RL Datos Riesgos Laborales (2016). Consultado el 25 de marzo de 2016. Disponible en: <http://sistemas.fasecolda.com/rpDatos/>
- Witter, Roxana; Tenney, Liliana; Clark, Suzanne; Newman, Lee. S. (2014). *Occupational Exposures in the Oil and gas extraction industry: State on the science and research recomendations*. American Journal of Industrial Medicine; vol 57: 847 - 856
- La seguridad y la Salud en el Uso de Productos Químicos en el Trabajo.(2013). Organización Internacional del Trabajo. Primera Edición. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_235105.pdf
- Roa G, Laura Tatiana (2013). *Perfil de exposición ocupacional a polvo de cemento y sílice cristalina en procesos de cementación y Fracturamiento hidráulico en el sector Oil & Gas en Colombia: un estudio retrospectivo (2009 – 2013)*. Colombia.
- Palou, Martin T; Soukal, Frantisek; Bohac, Martin; Siler, Pavel; Ifka, Tomas; Zivica, Vladimir. (2014). *Performance of G-Oil Well Cement exposed to elevated hidrothermal curing conditions*. Publicación Académica.
- Rahuma, Khulud; Salem, Abdullah; Alhkem, Etman Abd; Nuri, Mohammed. (2015). *Loss Circulation Cure While Drilling and Cementin. Petroleum & Coal publication*. Libia. ISSN: 1337 7027
- Schlumberger. (2000). Manual de Cementación. Schlumberger Limited. Houston. 2000.
- Carson, Philip; Mumford, Clive. (2002). *Hazardous Chemicals Handbook*. Butterworth-Heinemann. Gran Bretaña. ISBN 0 7506 4888 0.
- Whittaker, Margaret H.; Heine, Lauren G. (2013). *Chemicals Alternatives Assessment (CAA): Tools for selecting. Issues in Environmental Science and Tecnology*. Vol 36. Edited by R E Hester and R M Harrison. RSC Publishing. Reino Unido. ISBN:978-1-84973-5. ISSN: 1350-7835

- Mannan, Sam. (2012). *Less´ Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control*. Vol. 1. Butterworth-Heinemann. Reino Unido. ISBN: 9780080489339 (ebook)
- Vallejo, María del Carmen.(1997). *Toxicología Ambiental*. Fondo Nacional Universitario. Colombia. ISBN: 9589251331
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC (2011). *NTC ISO 31000*. Bogotá.
- PC. Albuquerque, J.F. Gomes, C.A. Pereira, R.M. Miranda. (2014). *Assessment and Control of nanoparticles exposure in welding operations by use of Control Banding Tool*. *Journal of Cleaner Production*. No. 89. Elsevier. 2014. Lisboa. ISSN: 0959-6526
- Menendez, Diez; Faustino (2012). *Higiene Industrial. Manual para la formación del especialista*. Lex Nova. 2012. España. ISBN: 978-84-8406-873-6
- Cavallé, Nuria; Van der Haar, Rudolf. (2014). *Evaluación cualitativa del riesgo de Exposición a agentes químicos: Modelos de Control Banding. Salud Laboral, Conceptos y Técnicas para la Prevención de Riesgos Laborales*. Elsevier, España. ISBN: 978-84-458-2146-6
- Alvarez, Heredia; Francisco (2007). *Salud Ocupacional*. Ediciones ECOE, 2007. Colombia
ISBN: 978-958-648-470-1
- Martel, Bernard (2004). *Chemical Risk Analysis. A practical Handbook*. Kogan Page Sciens. Reino Unido. ISBN: 1 9039 9665 1
- Simons, H (2009). *Estudio de caso: Teoría y practica*. Madrid, España: Morata,
- Niño R, V (2011). *Metodología de la Investigación: Diseño y Ejecución*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Aguilar, J; Bernaola A, M; Galvez P, V; Rams S, P; Sanchez C, M; Sousa R, M, Tejedor, J. (2010). *Riesgo Químico, Sistemática para la evaluación*, Madrid, España: INRS
- INRS. (S.F). *NTP 750: Evaluación del riesgo por exposición inhalatoria de agentes químicos. Metodología simplificada*. Recuperado de:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_750.pdf
- INRS. (S.F) *NTP 872: Agentes químicos: aplicación de medidas preventivas al efectuar la evaluación simplificada por exposición inhalatoria*. Recuperado de:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/856a890/872w.pdf>

INRS. (S.F) *NTP 897: Exposición dérmica a sustancias químicas: evaluación y gestión del riesgo*. Recuperado de:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/897w.pdf>

NRS. (S.F) *NTP 934: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS*. Recuperado de:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/926a937/934%20w.pdf>

NIOSH. (2009). *Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational Hazards: Control Banding (CB)*, Estados Unidos: NIOSH.

ILO (2006). *International Chemical Control Toolkit*, Geneva, Suiza: ILO

BAUA (2006). *Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances*, Dortmund, Alemania: BAUA.

BAUA (2006). *Easy-to-use workplace control scheme for hazardous substances, Poster guía implementación metodología para empresas*; Dortmund, Alemania: BAUA

ACGIH (2010). *TLVs and BELs*. Estados Unidos: ACGIH.

Suarez, P (2001). *Metodología de la investigación: Diseños y Técnicas*. Bogotá. Colombia: UPTC.