

iCartesiLibri

Libro Digital Interactivo
Gestión del Riesgo Químico: Promoción de buenas
prácticas asociadas a la salud y al impacto ambiental

Jorge Wilson Ocampo Vásquez

Juan David Ripoll Sepúlveda

José Gonzalo Narváez Benjumea

Grupo de Investigación Alquimia – Categoría «A»
Colciencias Línea de Investigación de Gestión Ambiental
y Salud Ocupacional (GA&SO)
Grupos de Investigación GIIAM y QUALIPRO

Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) - Facultad de
Ciencias Exactas y Aplicadas
Institución Universitaria Pascual Bravo (IUPB) - Facultad
de Producción y Diseño
Medellín, Colombia
2024

Título de la obra:
Gestión del Riesgo Químico - SGA

Autores:
Jorge Wilson Ocampo Vásquez
Juan David Ripoll Sepulveda
Gonzalo Narváez Benjumea

Revisión de Estilo:
Ligia Amparo Zapata Ortiz

Código JavaScript para el libro: [Joel Espinosa Longi](#), [IMATE](#), UNAM.
Recursos interactivos: [DescartesJS](#)
Fuentes: [Lato](#) y [UbuntuMono](#)
Imagen portada: Diseño de [Lexica.art](#)

Red Educativa Digital Descartes
Córdoba (España)
descartes@proyectodescartes.org
<https://proyectodescartes.org>

Proyecto iCartesiLibri
<https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/index.htm>

ISBN: 978-84-10368-09-5



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons 4.0 internacional: Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual.

Tabla de contenido

Presentación	9
Antecedentes Legales en Colombia	13
Cronología del SGA en Colombia	15
Algunos sistemas antes del SGA	23
Historia del almacenamiento en instituciones	25
HMIS®	26
SAFT-T-DATA® de J.T.BAKER	32
Sistema NFPA-704	35
Merck	39
Fundamentos conceptuales del SGA	45
Sistema Globalmente Armonizado (SGA)	48
Objetivo del Sistema Globalmente Armonizado	48
Referentes Legales del SGA en Colombia	52
Otros beneficios de la adopción del SGA	52
Peligros y riesgos según el SGA	53
Glosario – Resolución 773 de 2021 (SGA)	57
Siglas – Resolución 773 de 2021 (SGA)	61
Química Verde Sostenible y Nuevas Tecnologías - SGA	65
Relación del agua y el origen de peligros laborales	69
Buenas prácticas e Importancia de la gestión de riesgos químicos	72
Química e Ingeniería Verde y sostenible en la gestión del riesgo químico: Un enfoque desde el SGA	75

Tabla de Contenido

¿Qué es la Química Verde?	76
Principios de la química verde	78
Clasificación, etiquetado y comunicación de peligros químicos	81
Inteligencia artificial en el control de riesgos químicos	81
Control de riesgos químicos en la Industria colombiana	83
Control en la fuente	83
Control en el medio	85
Control en el individuo:	88
Referencias Bibliográficas	91
Biografía Autores	97

Índice de Figuras

Figura 1 Marco Legal del SGA en Colombia	16
Figura 2 Interactivo emparejamiento: Marco Legal en Colombia	17
Figura 3 Interactivo: Preguntas Falso y Verdadero.	21
Normatividad en Colombia	
Figura 4 Versiones de Etiquetas HMIS®	27
Figura 5 Escala de Riesgo Franja Azul. Productos Tóxicos	28
Figura 6 Escala de Riesgo Franja Roja. Productos Inflamables	28
Figura 7 Escala de Riesgo Franja Naranja. Productos con Riesgo	29
Físico	
Figura 8 Interactivo Aplicación HMIS®, Selección Múltiple	31
Única Respuesta	
Figura 9 Interactivo de Respuesta Única. Aplicación de SAFT-T-	34
DATA®	
Figura 10 Diamante de Seguridad NFPA	36
Figura 11 Diamante de Seguridad con Indicaciones NFPA	37
Figura 12 Interactivo para Seleccionar Ubicación: Aplicación	38
NFPA-704 [3]	
Figura 13 Clases de Almacenamiento LGK. (Merck, 2012)	40
Figura 14 Modelo de Etiqueta. (Chemdat, 2007)	41
Figura 15 Derechos de Copia de Chemdat. (Chemdat, 2007)	43
Figura 16 Interactivo. Juego Ahorcado con palabras del SGA	49
Figura 17 Interactivo Pictogramas y Definición SGA	50
Figura 18 Interactivo Asocia Imágenes con Nombre de	51
Pictograma SGA	

Índice de Figuras

Figura 19 Se presenta el análisis cronológico de la seguridad y salud laboral en el manejo de los productos químicos. Sistema Globalmente Armonizado (SGA)	53
Figura 20 Peligros y Riesgos Laborales en la Gestión de Químicos - SGA	54
Figura 21 Interactivo de Asociación Enunciado - Término (Evaluación Tipo Jinich) con glosario SGA	62
Figura 22 Interactivo: Puzle con una foto, Elementos en el Cuerpo Humano	68
Figura 23 Ejes fundamentales del SGA	75
Figura 24 Control de peligros químicos	77
Figura 25 Método de inactivación agentes patógenos	84
Figura 26 Aceites volátiles (VOCs)	86
Figura 27 Evidencias experimentales del grado de combustibilidad de las muestras	86
Figura 28 Sistema de extracción inyección de aire	87

Presentación

Este texto interactivo surge de la urgencia de reflexionar sobre la relevancia del manejo adecuado de las sustancias químicas, para proteger al ambiente y la salud pública. El libro presenta una versión simplificada, divertida y fácil de aplicar en los conocimientos técnicos, a través de varias tácticas de estimulación activa que ayudarán al usuario a evaluar su nivel de aprendizaje y aumentar la expectativa sobre los temas expuestos.

La publicación, tiene como objetivo promover aprendizajes significativos, innovadores, dirigidos y con una base teórica eficaz, para favorecer la atención y reforzar la estructura de conocimientos, en donde las emociones, cogniciones y comportamiento también intervienen. La idea es que este material se convierta en un insumo importante en el proceso educativo, a fin de lograr que los lectores puedan actuar en forma autónoma y autorregulada.

Las gamificaciones emplean la mecánica del juego, y las recompensas simbólicas para aumentar la motivación, se puede acceder directamente o abrir una ventana nueva desde la margen superior derecha. La mayoría de los objetos lúdicos han sido modificados de otros registrados por la Organización Descartes, a través de la página <https://proyectodescartes.org/plantillas/objetos.htm>

Las moléculas se encuentran con su fórmula condensada; para acceder a la fórmula estructural, se activa un vínculo de color azul. La molécula del ácido sulfúrico (H_2SO_4) tiene dos átomos de hidrógeno en color blanco, un átomo de azufre amarillo y cuatro átomos de oxígeno rojos. Al hacer clic sobre ella, se abre una nueva ventana, esto posibilita girar, aumentar o reducir su tamaño con la ayuda de la rueda del mouse.

Las expresiones matemáticas se han construido recurriendo a las librerías de KaTeX y al complemento mhchem.min.js, así como al editor DescartesJS, para no depender de la conectividad en la red. Por esta misma causa, algunas referencias bibliográficas presentan dos vínculos, uno conduce a la dirección web original y el otro, a una versión guardada en el texto, en el caso de cambiar la primera URL.

El desarrollo de este texto interactivo, relacionado con la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado se basa en "El Libro Púrpura" o "Libro Morado" de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) [Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos \(SGA\) - Sexta edición \[4\]](#). La copia de la versión publicada está [aquí](#).

En el contexto colombiano "El Libro Púrpura" se valida a partir de la [Resolución 773 de 2021 \[11\]](#) expedida por el Ministerio del Trabajo; ver la copia de la versión publicada en este [link](#). Dicha norma define las acciones para adoptar el Sistema Globalmente Armonizado, e identifica los peligros asociados a las sustancias químicas y sus mezclas, para proteger la salud y el ambiente.

En el marco del proyecto producto de la cooperación entre docentes del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) y la Institución Universitaria Pascual Bravo (IUPB), para mejorar las operaciones y procesos en las áreas de trabajo con la actualización del sistema de almacenamiento de reactivos a temperatura ambiente y materiales, surge del proyecto de investigación registrado con el código P21-110 ante la Dirección Operativa de Investigaciones y la Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas del ITM.

Capítulo 1

Antecedentes Legales en Colombia

El conocimiento de los instrumentos Jurídicos vinculados con el manejo del riesgo químico, es de vital importancia para ofrecer experiencias seguras y confiables, que prevengan desequilibrios ecológicos y sociales con daños o efectos adversos tanto dentro del ámbito de trabajo, como hacia el exterior.

Hoy día, casi todos estamos expuestos a algún tipo de riesgo químico porque se utilizan diversos productos en la industria, desde la minería al trabajo en oficinas. De hecho, estos riesgos son considerados por muchos, como el más grave para la salud de los trabajadores.

En el texto, se realiza una recopilación de la normatividad en Colombia, comenzando por la Ley 9 de 1979, hasta la Resolución 773 de 2021 [\[11\]](#), que establece el carácter obligatorio del Sistema Globalmente Armonizado (SGA). Este aplica en la fabricación de todas las sustancias puras, soluciones diluidas y mezclas, excepto los productos terminados.

Para el aprendizaje de este marco normativo legal se cuenta con material didáctico interactivo, que facilitará evaluar su nivel de comprensión; entre los elementos de gamificación hay actividades de emparejamiento o unir enunciados con líneas, responder “sí o no”, en lugar de falso o verdadero.

Cronología del SGA en Colombia

En el país existen muchas normas legales aún vigentes sobre buenas prácticas de seguridad y salud en el trabajo (SST) para la gestión de los productos químicos. En la [Figura 1](#) se describen aquellas de mayor pertinencia sobre los peligros y riesgos en el manejo de estos.

Figura 1

Marco Legal del SGA en Colombia



Nota. Elaboración de Gonzalo Narvéez Benjumea basada en la legislación colombiana.

En la [Figura 2](#), el elemento interactivo de emparejamiento va a permitir la verificación de lo aprendido respecto al marco legal.

Con respecto al etiquetado y la identificación de riesgos, se presenta un resumen de las normas para mostrar su evolución.

- **Ley 009 de 1979** [\[7\]](#)

Los artículos 101 al 104 consagran normas referentes a la protección de los trabajadores en los lugares de trabajo, para prevenir todo daño durante la producción, manejo y almacenamiento de las sustancias químicas mediante el etiquetado para la clasificación y la comunicación de los peligros.

Conforme lo dispuesto en los artículos 133 y 134, la responsabilidad de la distribución y almacenamiento es del Ministerio de Salud y la Protección Social.

La [Ley 009 de 1979 \[7\]](https://www.dssa.gov.co/index.php/descargas/1019-ley-9-1979-codigo-sanitario-nacional-2/file) se puede revisar [aquí](#) o consultar en <https://www.dssa.gov.co/index.php/descargas/1019-ley-9-1979-codigo-sanitario-nacional-2/file>.

Figura 2

Interactivo emparejamiento: Marco Legal en Colombia

Conecta la columna izquierda con las expresiones correctas de la columna derecha

Actividades de alto riesgo (AAR) con exposición a sustancias químicas	Resolución 773 de 2021
Se aplica obligatoriamente el SGA en Colombia	Ley 9 de 1979
Dispone normas sobre los recipientes, rotulos y etiquetas	Resolución 2400 de 1979
Colombia adopta el Convenio 170 y recomendación 177 de la OIT	Decreto 3518 de 2006
Se adopta oficialmente el SGA en Colombia	Decreto 1496 de 2019
	Decreto 1507 de 2014
	Decreto Ley 2090 de 2003
	Ley 55 de 1993

1/2

Nota. Adaptación de interactivo Emparejamientos tipo 4 y 5, de Juan Guillermo Rivera Berrío [6] [Plantillas Descartes JS 2ª Edición ISBN 978-84-18834-43-1], 2022. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España) [1] (https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Plantillas_DescartesJS-2ed/index.html?page=142). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0).

En la parte superior de la [Figura 2](#), está el procedimiento del interactivo.

- **Resolución 2400 de 1979 [8]**

Se refiere a la vivienda, higiene y seguridad en todos los lugares de trabajo, los artículos 164 y 213 reglamentan el etiquetado y los recipientes con sustancias peligrosas: tóxicas, explosivas, inflamables, oxidantes, corrosivas, radiactivas, entre otras.

Los rótulos o etiquetas de estos recipientes deben contener el nombre e ingredientes activos de la sustancia peligrosa (tóxica), el uso o empleo de la misma, cantidades y métodos de aplicación y mezcla, advertencias para su manejo, el equipo auxiliar protector, primeros auxilios y los antídotos en el caso de accidente o lesión.

La [Resolución 2400 de 1979 \[8\]](#) se puede revisar [aquí](#) o consultar en https://normativa.colpensiones.gov.co/colpens/docs/resolucion_mint_rabajo_rt240079.html.

Con respecto al almacenamiento, solo se hace referencia en el artículo 212. Las sustancias químicas que puedan reaccionar juntas , generando vapores peligrosos, incendios o explosiones, deben ser separadas.

Parágrafo 1°. El almacenamiento de algunas sustancias químicas, oxidantes, reductoras, etc., deberá cumplir los siguientes requisitos para evitar peligros de incendio o explosión: el ácido sulfúrico (H_2SO_4) deberá almacenarse separado del clorato de potasio ($KClO_3$), del permanganato de potasio ($KMnO_4$), etc.

El ácido nítrico (HNO_3) deberá estar separado del ácido acético (CH_3COOH), ácido crómico (H_2CrO_4), anilina ($\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$) y de líquidos y vapores inflamables; el trinitrofenol (ácido pícrico) ($\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$) deberá estar separado de los metales y sales metálicas; el bisulfuro de carbono (CS_2) deberá estar separado de las llamas, chispas o de cualquier otra fuente de calor; el agua oxigenada (H_2O_2) deberá estar separada del alcohol metílico (CH_3OH), alcohol etílico ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), bisulfuro de carbono (CS_2), glicerina ($\text{C}_3\text{O}_3\text{H}_8$), anilina ($\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$), etc.; el acetileno (C_2H_2) deberá estar separado del mercurio, plata, etc.; el amoníaco anhidro (NH_3) deberá estar separado del mercurio, etc.

- **Ley 55 de 1993 [9]**

Aprueba "el Convenio 170 y la Recomendación 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el Trabajo", adoptados por la 77^a Reunión de la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo - OIT (Ginebra, 1990) que delega en las autoridades la obligación de establecer sistemas y criterios específicos para clasificar los productos químicos en función del tipo y grado de riesgo físico y con respecto a la salud.

Puede ser consultada [aquí](https://normativa.colpensiones.gov.co/colpens/docs/resolucion_mint_rabajo_rt240079.html), o en línea con siguiente vínculo: https://normativa.colpensiones.gov.co/colpens/docs/resolucion_mint_rabajo_rt240079.html.

La citada [Ley 55 de 1993 \[9\]](#), en sus artículos 6 al 11 determina la clasificación, el etiquetado y marcado de los productos químicos, las fichas de seguridad, las responsabilidades tanto de los proveedores como de los empleadores frente a la identificación, transferencia y exposición a productos químicos en los lugares de trabajo. El artículo 14 de esta misma norma, también expresa la compatibilidad y almacenamiento separado de los reactivos químicos.

- **Decreto 1496 de 2018** [\[10\]](#)

Adopta el SGA de la Organización de las Naciones Unidas, sexta edición revisada (2015) [\[4\]](#), y dicta otras disposiciones en materia de seguridad química para los trabajadores que laboran en la producción, manejo y almacenamiento de sustancias químicas.

Puede ser consultada [aquí](#), o en línea con el siguiente vínculo: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=87910

- **Resolución 773 de 2021** [\[11\]](#)

Define las acciones a implementar por los empleadores con respecto a los productos químicos, de acuerdo al SGA, que Colombia adoptó a través del Decreto 1496 de 2018 [\[10\]](#) a fin de convertirlo en una herramienta para la prevención en la salud humana y el ambiente. Esta Resolución desarrolla el objeto de las acciones del SGA en su artículo 1, lo cual se tratará con mayor detalle en el capítulo 2.

"**Artículo 1**, Cuyo Objeto es definir las acciones que deben desarrollar los empleadores en los lugares de trabajo para la aplicación del SGA, en relación con la clasificación y la comunicación de peligros de los productos químicos, a fin de velar por la protección y salud de los trabajadores, las instalaciones y el ambiente frente al uso y manejo de estos, las responsabilidades que estos deben asumir junto con los trabajadores y las Administradoras de Riesgos Laborales para su implementación, así como recomendar otras fuentes de información confiables a las que deberán acudir los empleadores para la clasificación de peligro de los productos químicos que no han sido referenciados en el SGA.

Puede ser consultada [aquí](#), o en línea con el siguiente vínculo: <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/61442826/0773.PDF/3047cc2b-eae1-e021-e9bf-d8c0eac23e05?t=1617984928238>

Una herramienta que prueba la comprensión lectora, es el siguiente interactivo con diseño de preguntas, con respuestas de "si" o "no". El propósito es responder las preguntas relacionadas con la anterior normatividad, desplazando las afirmaciones hacia la derecha si se consideran correctas o hacia la izquierda en caso de ser incorrectas.

Figura 3

Interactivo: Preguntas Falso y Verdadero. Normatividad en Colombia

Arrastra hacia la derecha las afirmaciones que son correctas y hacia la izquierda las que no lo son

El decreto 1496 de 2018 no adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.

La ley 009 de 1979 adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos - SGA

la resolución 773 de 2021 adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos - de la ONU, sexta edición revisada (2015).

El decreto 1496 de 2018 define las acciones que deben desarrollar los empleadores en los lugares de trabajo para la aplicación del SGA.

Nota. Adaptación de interactivo Preguntas SI/NO modelo 1, de Juan Guillermo Rivera Berrío [6] [Plantillas Descartes JS 2ª Edición ISBN 978-84-18834-43-1], 2022. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España) (https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Plantillas_DescartesJS-2ed/index.html?page=16). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0).

Capítulo 2

**Algunos sistemas antes del
SGA**

Historia del almacenamiento en instituciones

La clasificación de reactivos químicos, inicialmente se realiza en las instituciones de educación conforme a las necesidades de los docentes. Se habla de una distribución según el orden alfabético, lo cual mostró ineficiencia debido a la generación de riesgos y accidentes por la combinación de productos incompatibles, había gran desconocimiento de las propiedades moleculares de las sustancias.

Después, surgió la clasificación por grupos funcionales, se almacenaron ácidos, óxidos y sales, también incompatibles, y varias de estas sustancias al ponerse en contacto igual sufrieron reacciones químicas indeseables.

Esta información ha sido corroborada en entrevista con las docentes jubiladas del Instituto de Química de la Universidad de Antioquia, Mauren Zapata Niño y Luz Marina Hoyos. La Profesora Zapata añadió incluso, que la clasificación dependía de la acuciosidad del técnico del laboratorio, quien también podía organizar los reactivos según las prácticas.

Las situaciones anteriores se evidenciaron en diferentes instituciones del municipio de Medellín - Antioquia, donde uno de los autores realizó tareas de inventario, clasificación, etiquetado, reenvase y marcación de productos químicos, observando con respecto a su disposición lo siguiente:

- Sin orden
- Orden alfabético
- Grupos funcionales
- Separados por práctica

Años más tarde llegaron al país nuevas metodologías de clasificación y etiquetado de reactivos, entre ellas: HMIS®, SAFT-T-DATA®, NFPA 704 [3], Merck. Todos estos sistemas migraron hacia el SGA, en la actualidad se encuentran ya obsoletos.

Es de anotar que las normas HMIS® y NFPA son de etiquetado, mientras que la SAF-T-DATA® y sistema Merck tienen en cuenta el almacenamiento.

HMIS®

Este tipo de clasificación numérico, que incorpora el uso de etiquetas de color, fue desarrollado por la Asociación Nacional de Pinturas y Recubrimientos (NPCA), hoy conocida como la Asociación Estadounidense de Recubrimientos (ACA), con el propósito de ayudar al cumplimiento del estándar de comunicación de peligros (HAZCOM) de la norma Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

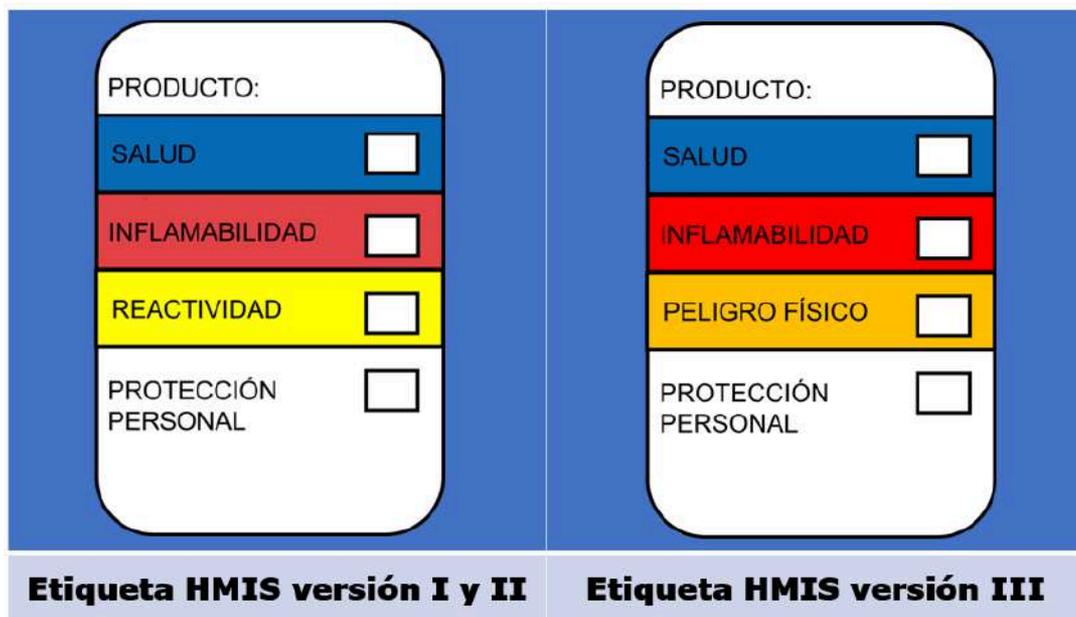
El Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos (HMIS®) por sus siglas en inglés (Hazardous Materials Identification System) ha tenido tres versiones reconocidas con los números romanos: HMIS I, II y III, la más reciente es del año 2002, cambia el color amarillo por el naranja.

En la [Figura 4](#) se incluyen versiones no actualizadas en el SGA. Algunas veces pueden ser confundidos los sistemas HMIS® y WHMIS. Esta última norma solo controla productos peligrosos canadienses, a través de la [Health Canada](#).

El sistema HMIS® puede ser consultado [aquí](#), o en línea con el siguiente vínculo: www.arlsura.com [aquí](#)

Figura 4

Versiones de Etiquetas HMIS®



Nota. Figura adaptada del siguiente vínculo:
<http://www.ilpi.com/msds/ref/hmis.html>

La norma HMIS® contempla una escala de 0 a 4 en cada franja de color, la casilla de sección de protección personal emplea una letra determinada que indica los elementos de protección personal (EPP) a usar y si el tamaño de la etiqueta lo permite lleva el pictograma correspondiente.

Figura 5*Escala de Riesgo Franja Azul. Productos Tóxicos*

Clasificación riesgo Franja color azul (Tóxicos)	
*Riesgo Crónico	Causa efectos crónicos (a largo plazo) sobre la salud como resultado de la exposición repetida.
4 Riesgo Severo	Riesgo vital, mayor o permanente el daño puede resultar de una sola o exposiciones repetidas.
3 Riesgo grave	Probable lesión grave a menos que se tomen medidas inmediatas y se brinde tratamiento médico.
2 Riesgo Moderado	Pueden ocurrir lesiones temporales o menores.
1 Riesgo Leve	Irritación o lesión reversible menor posible.
0 Riesgo Mínimo	Ningún riesgo significativo para la salud.

Figura 6*Escala de Riesgo Franja Roja. Productos Inflamables*

Clasificación riesgo Franja color Rojo (Inflamables)	
4 Riesgo Severo	Gases o Líquidos inflamables muy volátiles. Inflamación menor de 22,8 °C (73 °F) y ebullición menor de 37,8 °C (100 °F). (Clase IA)
3 Riesgo grave	Posible ignición bajo condiciones normales de temperatura. Líquidos inflamables, inflamación entre 22,8 °C (73 °F) y 37,8 °C (100 °F). (Clase IB y 1C)
2 Riesgo Moderado	Requieren ser calentados o expuestos a temperatura ambiente alta para que ocurra la ignición. Líquidos inflamable a temperatura superior o igual a 37,8 °C (100 °F) pero inferior 93,3 °C (200 °F). (Clase II y IIIA)
1 Riesgo Leve	Requieren precalentarse antes que ocurra la ignición. Líquidos, sólidos y semisólidos, inflamación superior a 93,3 °C (200 °F). (Clase IIIB)
0 Riesgo Mínimo	Materiales que no se quemarán.

Figura 7

Escala de Riesgo Franja Naranja. Productos con Riesgo Físico

Clasificación riesgo Franja color Amarillo/Naranja (Reactividad o Riesgo físico)	
4 Riesgo Severo	Materiales que son fácilmente capaces de reaccionar con agua, detonación o descomposición explosiva a temperaturas y presiones normales.
3 Riesgo grave	Materiales que pueden formar mezclas explosivas con agua, son capaces de detonar o reaccionar explosivamente en presencia de una fuente de ignición fuerte o sufrir cambios químicos a temperatura y presión normales con riesgo moderado de explosión.
2 Riesgo Moderado	Materiales que son inestables y pueden sufrir cambios químicos violentos a temperatura y presión normales. Con bajo riesgo de explosión. Pueden reaccionar violentamente con el agua o formar peróxidos al exponerse al aire.
1 Riesgo Leve	Materiales que normalmente son estables, pero que pueden volverse inestables a altas temperaturas y presiones. Los materiales pueden reaccionar de forma no violenta con el agua o sufrir una polimerización peligrosa en ausencia de inhibidores.
0 Riesgo Mínimo	Materiales normalmente estables, bajo condiciones de fuego y no reaccionarán al agua, polimerizarán, descompondrán, condensarán o reaccionarán por sí mismos.

Nota. Figuras 5, 6 y 7 son adaptadas del siguiente vínculo: <https://assets.mica.edu/files/resources/hmis-poster-large.pdf> aquí.

A continuación se presenta la lista de letras y los EPP correspondientes.

Listado de letras y elementos de protección personal según norma HMIS®.

- A (Gafas de seguridad)
- B (A, p)
- C (A, p, r)
- D (o, p, r)
- E (A, p, t)
- F (A, p, r, t)
- G (A, p, u)
- H (n, p, r, u)
- I (A, p, W)
- J (n, p, r, w)
- K (z, p, s, q)
- X Consultar a su supervisor o dirección especial
- n Gafas de salpicadura
- p Guantes
- q Botas
- r Delantal protector sintético
- s Overol de protección
- t Respirador para polvos
- u Respirador para vapores
- w Respirador para polvos y vapores
- y Respirador de cara completa
- Z Capucha o máscara con línea de aire

El interactivo de la [Figura 8](#) permite verificar el alcance del aprendizaje, con respecto a la norma HMIS. Para practicar e identificar el grado de riesgo, basta ver la etiqueta de un reactivo. En este caso, seleccionar la respuesta acorde al grado de riesgo indicado para obtener los resultados al finalizar la autoevaluación.

Figura 8
Interactivo Aplicación HMIS®, Selección Múltiple Única Respuesta

3 Comprueba tus conocimientos en 5 preguntas

La información correcta contenida en la etiqueta HMIS para el Ácido Acético - Glacial respecto a los riesgos de Salud (S) Inflamabilidad (I), peligro físico (PF) elemento de protección personal (EPP) es:

PRODUCTO: Ácido Acético - Glacial	
SALUD	3
INFLAMABILIDAD	2
PELIGRO FÍSICO	0
PROTECCIÓN PERSONAL	H

<https://www.doccity.com/es/hoja-de-seguridad-de-acido-acetico/5629381/>

- A** S (Riesgo Mínimo). I (Riesgo grave). PF (Riesgo Leve). EPP (usar protección especial)
- B** S (Riesgo Leve). I (Riesgo grave). PF (Riesgo Mínimo). EPP (usar guantes)
- C** S (Riesgo Mínimo). I (Riesgo Leve). PF (Riesgo grave). EPP (gafas, guantes, bata)
- D** S (Riesgo Grave). I (Riesgo Moderado). PF (Riesgo Mínimo). EPP (Gafas, guantes, respirador)

proyecto descartes

Nota. Adaptación o reproducción de interactivo Selección múltiple - Única respuesta (quinto modelo), de Juan Guillermo Rivera Berrío [6] [Plantillas Descartes JS 2ª Edición ISBN 978-84-18834-43-1], 2022. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España) (https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Plantillas_DescartesJS-2ed/index.html?page=112). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0).

SAFT-T-DATA® de J.T.BAKER

En 1982, la empresa J.T. Baker, crea un método codificado por colores para organizar de manera adecuada las áreas de almacenamiento de reactivos químicos, por compatibilidad. El color en la etiqueta determina si pueden estar cerca, o si conviene separarlos. Este sistema es muy fácil de entender, combina cuatro categorías de riesgo, cinco riesgos y cuatro colores.

Categoría de Riesgo:

Los productos se clasifican así:

- Riesgo para la salud (tóxicos). Reactivos que pueden ser potencialmente tóxicos, por inhalación, ingestión o contacto con la piel.
- Riesgo de inflamabilidad (llameantes). Aquellos reactivos que pueden arder, ya sea en forma espontánea o por autoignición.
- Riesgo de reactividad (reacción violenta con otros productos químicos). La velocidad de interacción puede generar calor, vapores, fuego, explosión o la combinación de varios efectos.
- Riesgo de contacto (reaccionan al contacto con la piel). Pueden afectar ojos, mucosas e incluso otros materiales. Estas sustancias tienen una alta capacidad corrosiva.

Niveles de Riesgo

La escala de color va de 0 a 4, siendo 0 el nivel más bajo y 4 el máximo, es similar a la norma HMIS.

- 0 = No se conoce
- 1 = Leve
- 2 = Moderado
- 3 = Severo
- 4 = Extremo

Colores por Riesgo

Para una correcta separación y almacenamiento.

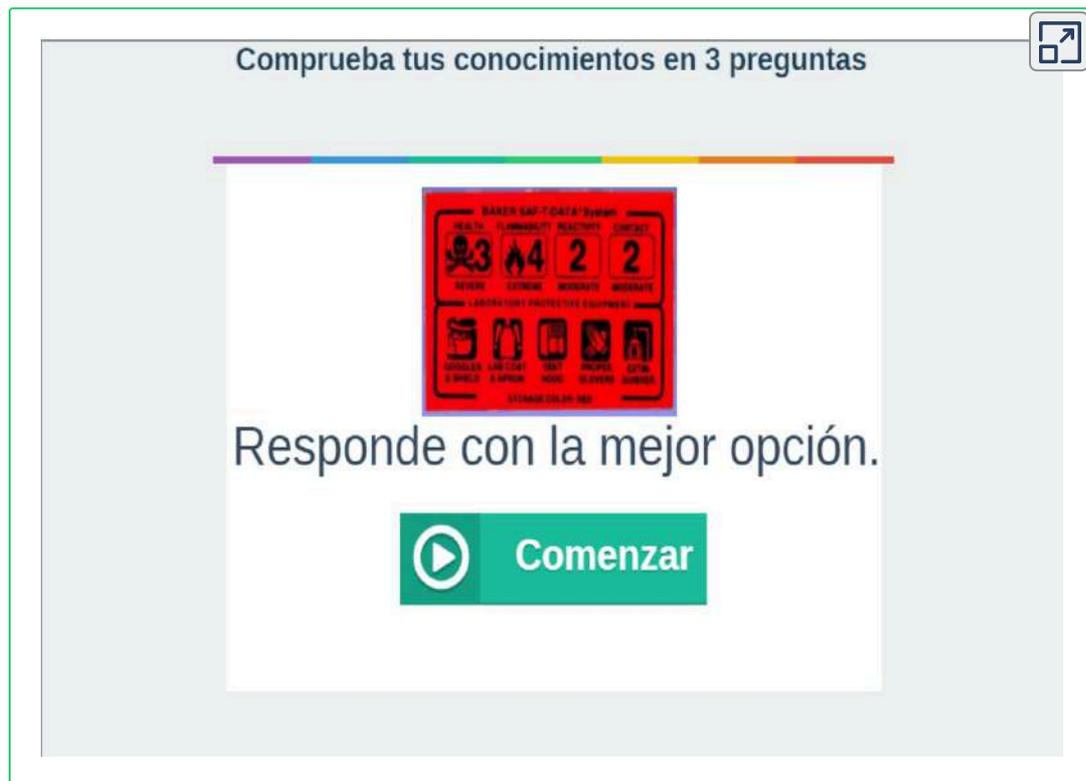
- Rojos: Productos inflamables
- Amarillos: Comburentes, oxidantes, otros autores los llaman reactivos de contacto
- Azules: Tóxico
- Blancos: Corrosivo
- Naranjas: Reactivos de poco riesgo, este color se cambió a verde para evitar confusiones
- Franjas: Un color con franjas diagonales negras indica que el reactivo tiene características propias de ese color, pero es incompatible con otros químicos de su categoría. Ejemplos: los ácidos y las bases, son corrosivos, se diferencian de acuerdo con el color blanco y blanco rayado; igual sucede con los comburentes, el ácido nítrico es incompatible con otros comburentes.

El interactivo de la [Figura 9](#), permite verificar el aprendizaje sobre la norma SAFT-T-DATA®. En la imagen de la pregunta aparece la fuente de publicación de la etiqueta.

Es necesario responder de acuerdo al color de la etiqueta del producto, según su clasificación. Se trata de tres preguntas referentes al tipo de almacenamiento según el color de la etiqueta y al final del ejercicio puede obtener la evaluación.

Figura 9

Interactivo de Respuesta Única. Aplicación de SAFT-T-DATA®



Nota. Adaptación de interactivo Selección múltiple - Única respuesta (quinto modelo), de Juan Guillermo Rivera Berrío [6] [Plantillas Descartes JS 2ª Edición ISBN 978-84-18834-43-1], 2022. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España) (https://proyectedescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Plantillas_DescartesJS-2ed/index.html?page=112). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0).

Sistema NFPA-704

Esta normativa establecida por la Asociación Nacional de Protección contra el fuego (1952) de Estados Unidos, ayuda a bomberos y equipos especialistas en la atención de emergencias con sustancias peligrosas. En internet, fundada en 1896.

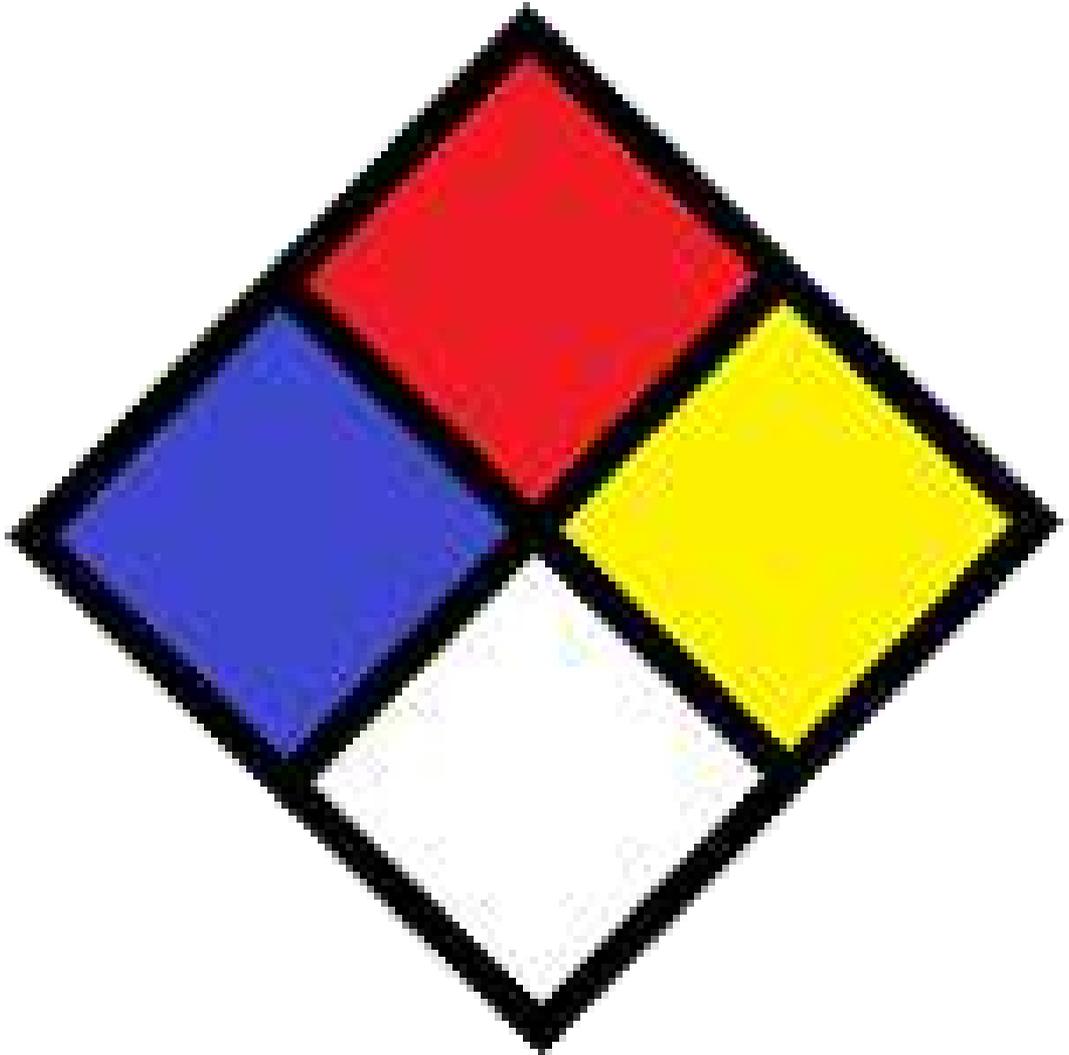
La norma [NFPA-704 \[3\]](#) es similar a la HMIS®, ya que es específica del etiquetado, sin embargo, su prioridad radica en informar la peligrosidad de tanques, canecas y cilindros de almacenamiento. Se indica el tipo de riesgo y peligrosidad en la etiqueta conocida como diamante de seguridad o "diamante de fuego". En un comienzo, fue utilizada en tanques con grandes cantidades de químicos, aunque, después la implementaron diversas casas fabricantes y comercializadoras de productos reactivos.

La [Figura 10](#) muestra el rombo de colores rojo, azul, amarillo y blanco, empleado principalmente en los productos a granel, el cual contiene una señal de alerta e información para proteger la vida, y otro texto conocido como el GRE (Guía de respuesta a emergencias).

La norma [NFPA-704 \[3\]](#) se puede ver en <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=704>

El sistema de identificación NFPA-704 [\[3\]](#), al igual que los dos sistemas anteriores, HMIS® y SAF-T-DATA®, presenta una escala de riesgo de 0 a 4 en los cuadros azul, rojo y amarillo, mientras que el color blanco representa condiciones particulares.

Figura 10
Diamante de Seguridad NFPA



La [Figura 11](#) identifica el significado del riesgo y los símbolos acordes a la misma.

Figura 11

Diamante de Seguridad con Indicaciones NFPA



Nota.

Reproducida

de

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ROMBO_DE_SEG_NFPA_704.png.

Con el uso del interactivo de la [Figura 12](#), se puede verificar el nivel de aprendizaje alcanzado en el modelo de etiqueta de la norma NFPA-704 [\[3\]](#), en el que las representaciones visuales están asociadas al texto correspondiente. Debe arrastrar las ocho imágenes del rombo a su respectivo contenedor, en función del máximo riesgo.

Figura 12

Interactivo para Seleccionar Ubicación: Aplicación NFPA-704 [\[3\]](#)



Nota. Adaptación de interactivo Clasifica Imágenes en Contenedores Variables, de Juan Guillermo Rivera Berrío [\[6\]](#) [Plantillas Descartes JS 2ª Edición ISBN 978-84-18834-43-1], 2022. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España) (https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Plantillas_DescartesJS-2ed/index.html?page=176). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0).

Merck

El sistema de clasificación de Merck surge en el año 2000, aunque en la web aparece en el 2012, se seguirá haciendo referencia al "Catálogo Merck 2012", que se fundamenta en las clases de almacenamiento LGK (lagerklasse, iniciales en alemán), de normativas de Alemania.

Este catálogo presenta una explicación breve acerca de la separación de los productos químicos de acuerdo con sus diferencias, tal como lo indican afiches y tarjetas de la época. Dado que SAFT-T-DATA® solo requiere ocho espacios de almacenamiento, Merck necesita 25 según la clase de almacenamiento LGK, consulte la [Figura 13](#).

En consideración del autor, este sistema de almacenamiento resultó inaceptable en la ciudad, debido a la poca disponibilidad de espacios en las instituciones educativas, y al desconocimiento del tipo de envase de los productos.

Figura 13
Clases de Almacenamiento LGK. (Merck, 2012)

Clase	Denominación
1	Sustancias explosivas (2ª Acta alemana sobre explosivos: grupos de almacenamiento 1.1 - 1.4)
2 A	Gases comprimidos, licuados o disueltos a presión
2 B	Gases envasados a presión (aerosoles)
3	Líquidos inflamables
4.1 A	Sólidos inflamables (2ª Acta alemana sobre explosivos: grupos de almacenamiento I-III)
4.1 B	Sólidos inflamables (Método A 10 de la CE)
4.2	Sustancias inflamables de combustión espontánea
4.3	Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables
5.1 A	Agentes oxidantes (Oxidantes fuertes-TRGS 515 grupo 1)
5.1 B	Agentes oxidantes (TRGS 515 grupos 2+3)
5.1 C	Agentes oxidantes (TRGS 515 grupos A-C)
5.2	Peróxidos orgánicos
6.1 A	Compuestos tóxicos inflamables
6.1 B	Compuestos tóxicos no inflamables
6.1 C	Compuestos tóxicos inflamables o con efecto crónico
6.1 D	Compuestos tóxicos no inflamables o con efecto crónico
6.2	Sustancias infecciosas
7	Material radioactivo
8 A	Compuestos corrosivos inflamables
8 B	Compuestos corrosivos no inflamables
10	Otros Líquidos inflamables no comprendidos en las clases de almacenamiento 3A ó 3B
11	Otros Sólidos inflamables
12	Otros Líquidos no inflamables en envases no inflamables
13	Otros Sólidos no inflamables en envases no inflamables
10-13	Otras sustancias inflamables y no inflamables

Nota. Reproducida de <https://www.tcd.ie/estatesandfacilities/assets/pdf/Mixed%20storage%20of%20chemicals.pdf>. [O aquí](#)).

En cuanto a las etiquetas, se empezaron a usar en adición a los pictogramas europeos (ver el capítulo del SGA), las frases de riesgo (Frases R) y frases de seguridad (Frases S) están señaladas en la [Figura 14](#).

Figura 14
Modelo de Etiqueta. (Chemdat, 2007)

Acetonitrilo p.a. ACS	
	F
	T+
	T
	Frases R: R 11-23/24/25
	Frases S: 16-27-45
Fecha de Caducidad: _____	100003
Fecha de llenado: _____	por: _____

Nota. Reproducida desde el resultado del software (Chemdat, 2007). En la búsqueda de imágenes respecto a este software solo se encontró la siguiente página (<https://www.spri.upv.es/merck01.htm>).

La compañía también distribuía el software denominado “Chemdat” a sus clientes, en un CD o disco compacto desde el año 2000, con el propósito de generar etiquetas de los productos químicos.

La [Figura 15](#), El software “Chemdat” además de ser una obra de consulta también permite crear etiquetas, registrar y procesar pedidos, en adición contiene los datos referentes a las etiquetas de Merck: lista del producto, detalles (información, envase, precio, almacenamiento, ficha de datos de seguridad, documentación de garantía como especificaciones, ficha de datos técnicos), entre otros.

Figura 15

Derechos de Copia de Chemdat. (Chemdat, 2007)



Esta imagen se presenta con fines informativos y de ilustración con respecto a la historia del etiquetado y la clasificación de reactivos. Es una réplica del formato similar al impreso desde el software Chemdat.

Capítulo 3

Fundamentos conceptuales del SGA

Durante la Cumbre de la Tierra (1992), se evidencia el interés por la evaluación de los diversos sistemas de clasificación de peligros químicos utilizados en el mundo, y la necesidad de disponer de un sistema único y armonizado para clasificar y comunicar los peligros de los productos químicos. Así que la Comisión Internacional patrocinada por la Organización de las Naciones Unidas, propuso los criterios que dieron origen al “Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos”, identificado también por las siglas GHS/SGA, cuyo material fue también incluido en el famoso “Libro Púrpura”.

La herramienta del SGA es sumamente importante para la gestión de las mejores prácticas de Seguridad y Salud en el manejo de los productos químicos para los Trabajadores (SST) de las organizaciones productivas del país en lo que respecta a la clasificación, comunicación y etiquetado de productos químicos, la cual constituye un estándar internacional reglamentado en Colombia en el marco de la Resolución 773 de 2021 [\[11\]](#).

Se aborda el SGA, con una explicación del significado y ventajas, se exhiben interactivos que resaltan las palabras de mayor repetición en el SGA a través del "Juego del Ahorcado", que incluye de los pictogramas del SGA: nombre, utilización y recomendaciones. Otro recurso digital es la evaluación tipo Jinich, actividad en la que se debe asociar una imagen dada con su nombre a medida que se avanza aparece una barra, que irá creciendo en porcentaje hasta el extremo verde o decreciendo hasta el extremo rojo. En la última sesión, se identifican las palabras claves de mayor relevancia y se presenta un ejemplo de la etiqueta.

Sistema Globalmente Armonizado (SGA)

La primera línea de defensa contra los productos químicos es conocer muy bien las sustancias con las que se trabaja y evitar exponerse a ellas. En consecuencia, países y organizaciones han desarrollado leyes o reglamentos que requieren la transmisión de la información a los usuarios de este tipo de sustancias, mediante etiquetas o fichas de datos de seguridad (FDS) para la adopción de las medidas de seguridad apropiadas.

De aquí, que las Naciones Unidas desarrollaran el Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos ofreciendo así una solución concertada donde todas las industrias en el mundo se comuniquen bajo el mismo lenguaje.

Ventajas del empleo de esta herramienta de gestión:

- Identificar los peligros asociados con el manejo de los productos químicos.
- Cuantificar la gravedad de los peligros en las personas expuestas, los bienes materiales y el ambiente.
- Comunicar los peligros a través de etiquetas y fichas de seguridad (FDS).
- Prevenir accidentes laborales, incidentes en el trabajo y enfermedades laborales.

Objetivo del Sistema Globalmente Armonizado

El SGA surge como una iniciativa global con el objetivo de reforzar los criterios de identificación de los peligros químicos bajo una misma estructura. Los objetivos principales son:

1. Los criterios para identificar los peligros de los productos químicos y cuantificar su gravedad (en clases de peligro y categorías de peligro)
2. Los elementos de comunicación de esos peligros (a través de etiquetas y de fichas de datos de seguridad)

La [Figura 16](#) muestra el Juego del Ahorcado, para encontrar una palabra oculta digitando letras, en un número limitado de oportunidades, hasta completar en total 12 términos habituales en El Libro Púrpura.

Figura 16

Interactivo. Juego Ahorcado con palabras del SGA



Nota. Adaptación del Juego El Ahorcado, de Juan Guillermo Rivera [6] Berrío [Plantilla o Interactivo], 2016. Red Educativa Digital Descartes, (https://proyectodescartes.org/plantillas/materiales_didacticos/ahorcado-JS/index.html). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0). Las imágenes usadas en este interactivo fueron tomadas de: [Guía de comunicación de peligros según el SGA 2017](#) <https://es.vecteezy.com> y <https://www.pexels.com>

En la [Figura 17](#) se puede interactuar con el fin de aprender sobre los pictogramas, su nombre y usos que fueron armonizados en el SGA. Para ello, se requiere presionar el botón de avance o retroceso, buscando identificar los pictogramas aprobados y unificados.

Figura 17

Interactivo Pictogramas y Definición SGA



Clasificación Pictograma:
GHS 01 Bomba explotando
Usado en productos
explosivos o con peligro de
incendio o de proyección.
Se acompaña con la frase:
H209, H210b, H211b, H204

Pictogramas SGA 

The image displays a red-bordered interactive window. On the left, there is text describing the GHS 01 hazard pictogram. On the right, the pictogram itself is shown: a black bomb with a lit fuse, surrounded by black lines representing an explosion, all enclosed within a red diamond shape. At the bottom center, the text 'Pictogramas SGA' is written in blue, followed by a circular play button icon. In the top right corner of the window, there is a small icon of a square with an arrow pointing outwards.

Nota. Interactivo diseño de autores con editor DescartesJs de la red educativa digital descartes. Las Imágenes usadas son tomadas de: <https://unece.org/transportdangerous-goods/ghs-pictograms>.

En la [Figura 18](#) se debe arrastrar cada imagen al cuadro blanco en la columna izquierda. Si el caso es correcto, la flecha aparecerá de color verde.

Figura 18
Interactivo Asocia Imágenes con Nombre de Pictograma SGA

The image shows an interactive activity interface. On the left, there is a grid with five empty white squares in the first column and five white squares with black arrows pointing right in the second column. The rest of the grid is empty. To the right of the grid, there are several hazard pictograms and their corresponding labels: a brown diamond with a hand being rubbed (GHS07 Irritante), an orange diamond with an explosion (GHS01 Explosivo), a blue diamond with a flame (GHS03 Comburente), a white diamond with a flame (GHS02 Inflamable), a white diamond with a flame (GHS02 Inflamable), and a black diamond with a flame (GHS02 Inflamable). There are also text boxes: a green one with instructions 'Arrastra las piezas con clic sostenido y llévalas a un cuadrado blanco. Debes asociar cinco pares de piezas.', an orange one with 'Barajar', another orange one with 'Otro test', and a blue one with 'GHS05 Corrosivo'. At the bottom, there is a warning: 'Ten cuidado al soltar la pieza, es posible que quede debajo de otra. Si esto ocurre, aparecerá un cuadrado de color verde.'

Nota. Adaptación de interactivo Asociación de imágenes y textos, de Juan Guillermo Rivera Berrío [6] [Plantillas Descartes JS 2ª Edición ISBN 978-84-18834-43-1], 2022. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España)

(https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Plantillas_DescartesJS-2ed/index.html?page=148). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0). Las Imágenes usadas en el interactivo son tomadas de: <https://unece.org/transportdangerous-goods/ghs-pictograms>

Referentes Legales del SGA en Colombia

La Resolución 773 de 2021 [\[11\]](#) pretende establecer las acciones estratégicas que deben implementar los empleadores en los lugares de trabajo para aplicar el SGA en relación con la clasificación y comunicación de los peligros de los productos químicos, a fin de garantizar la protección de la salud de los trabajadores, las instalaciones y el entorno.

Asimismo, dicha resolución reglamenta las responsabilidades de los empleadores, los trabajadores y las administradoras de riesgos laborales para la implementación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) en todas las empresas tanto del sector público como privado del país.

Otros beneficios de la adopción del SGA

El SGA aporta gran cantidad de beneficios al Gobierno, los trabajadores y consumidores en general. Entre los más destacados se pueden mencionar:

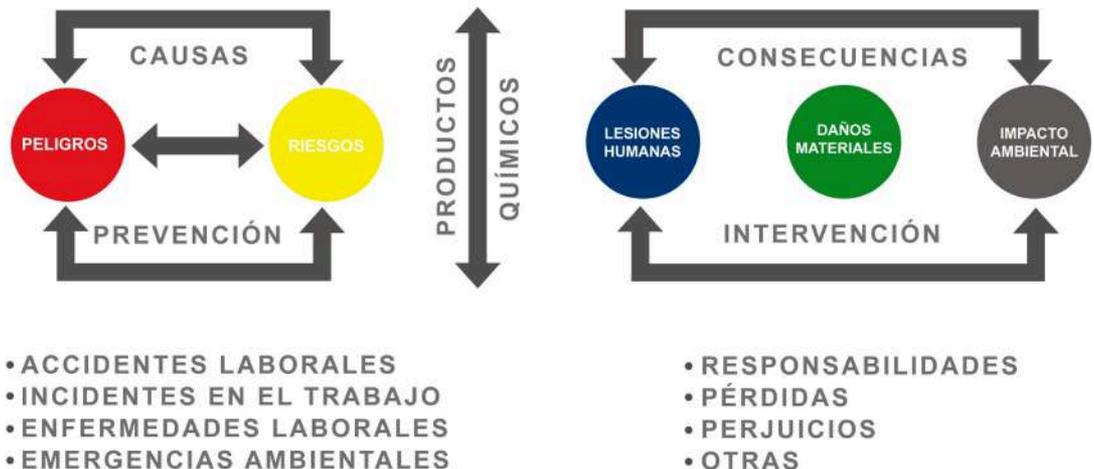
- Generación de ambientes laborales más seguros por la reducción de accidentes y enfermedades laborales
- Protección ambiental
- Reducción de ensayos de pruebas químicas en animales
- Favorece la logística internacional

Peligros y riesgos según el SGA

En la [Figura 19](#) se exhibe el análisis cronológico de la seguridad y la salud en el ámbito laboral, sus causas y efectos así, como la intervención necesaria para ser minimizados.

Figura 19

Se presenta el análisis cronológico de la seguridad y salud laboral en el manejo de los productos químicos. Sistema Globalmente Armonizado (SGA)



La [Figura 20](#) muestra una correlación entre los peligros y los riesgos mediante el uso del Sistema Globalmente Armonizado – SGA, de los productos químicos.

Figura 20

Peligros y Riesgos Laborales en la Gestión de Químicos - SGA

Peligros y Riesgos Laborales en la Gestión de los Productos Químicos a través del SGA	
Peligros	Riesgos
<p>Los Peligros en el SGA, son definidos como toda fuente, situación o acto con potencial de causar efectos adversos en la salud de los trabajadores expuestos, las instalaciones de las empresas o en el ambiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuente: productos químicos. • Situación: procesos de trabajo inseguros, inexistencia del SGA o procedimientos ausentes de seguridad y salud en el trabajo. • Actos: comportamiento humano de los trabajadores. 	<p>Probabilidad de ocurrencia de efectos adversos causados por la exposición a los productos químicos, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accidentes laborales. • Incidentes en el Trabajo. • Enfermedades laborales. • Emergencias ambientales. • Mixtos.
<p>Los peligros se identifican desde la fuente, la situación o los actos humanos inseguros.</p>	<p>Los riesgos se evalúan de acuerdo con guías y normas técnicas: GTC Nro. 45 del ICONTEC y guías de las ARLs.</p>
<p>Ejemplos:</p> <p>El hipoclorito de sodio utilizado para las desinfecciones.</p> <p>Situación de trabajo inseguros identificados desde los procesos de trabajo y el ambiente</p> <p>Mala selección de personal desde los exámenes médicos ocupacionales y la ausencia de entrenamiento, capacitación o el uso de los EPP</p>	<p>Ejemplos:</p> <p>Mezclas inapropiadas con el uso del hipoclorito de sodio, causando diferentes riesgos en la salud de las personas expuestas, los materiales y el ambiente: tóxicos, corrosivos, explosivos, comburentes, inflamables y extremadamente inflamables, entre otros.</p>
<p>Arsénico, asbesto, benceno y aceites minerales</p>	<p>Son sustancias cancerígenas o carcinógenas que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puede ocasionar cáncer o incrementar su frecuencia.</p>

El SGA pretende identificar y definir qué características o propiedades tienen los productos químicos clasificados, en tres categorías de peligros: los físicos, para la salud y para el ambiente. En este sistema, se armonizaron 29 clases de peligros de la siguiente manera:

Peligros Físicos

Se relacionan con la inflamabilidad y la explosividad, revisten importancia en el lugar de trabajo y su transporte; en el Libro Púrpura presenta listados 17 categorías de peligros físicos.

- Explosivos
- Explosivos insensibilizados
- Gases
 - Inflamables
 - Comburentes
 - A presión
- Aerosoles
- Líquidos
 - Inflamables
 - Pirofóbicos
 - Comburentes
- Sólidos
 - Inflamables
 - Pirofóbicos
 - Comburentes
- Sustancias y metales que Reaccionan espontáneamente (autorreactivas)

- Sustancias y mezclas
 - Que experimentan calentamiento espontáneo
 - Que en contacto con el agua, desprenden gases inflamable
 - Corrosivas para los metales
- Peróxidos orgánicos

Peligros para la Salud

Este peligro para la salud se debe a la presencia de diferentes organismos avalados internacionalmente, y en este contexto el SGA solo se ajusta a los criterios; el Libro Púrpura destaca listados de 10 clases de peligros para la salud.

- Toxicidad Aguda
- Toxicidad para la reproducción
- Toxicidad Específica de órganos diana exposición única
- Toxicidad Específica de órganos diana exposiciones repetidas
- Corrosión/Irritación cutánea
- Lesiones oculares graves / irritación ocular
- Sensibilización respiratoria o cutánea
- Mutagenicidad en células germinales
- Carcinogenicidad
- Peligro por aspiración

Peligros para el Ambiente

El SGA se fundamenta en principios científicos internacionalmente reconocidos, con el propósito de determinar el peligro respecto a los criterios; en el Libro Púrpura se encuentran listados dos categorías de peligros para el entorno.

- Peligros para el medio ambiente acuático
- Peligros para la capa de ozono

Glosario – Resolución 773 de 2021 (SGA)

Para la interpretación del SGA basada en la Resolución 773 de 2021 [\[11\]](#), se presentan algunas definiciones de términos tratados en la norma.

Armonizar: crear concordancia entre conceptos, criterios o elementos, de manera coherente para apuntar un mismo fin.

Cancerígeno: efecto producido por algún tipo de sustancia, producto o mezcla, que induce o produce cáncer en los trabajadores expuestos.

Categoría de peligro: desglose de criterios en cada clase de peligros; por ejemplo, existen cinco categorías de peligro en la toxicidad aguda por vía oral y cuatro categorías en los líquidos inflamables. Esas categorías permiten comparar la gravedad de los peligros dentro de una misma clase.

Clase de peligro: la naturaleza del peligro físico, para la salud o el ambiente. Por ejemplo: sólido inflamable, cancerígeno, toxicidad aguda por vía oral.

Clase de peligro / riesgo: naturaleza del peligro físico, del peligro para la salud o del peligro para el ambiente, de una sustancia, mezcla o aleación. Por ejemplo: sólido inflamable, cancerígeno, toxicidad aguda por vía oral.

Comunicación de peligros: transmisión clara, veraz y sencilla a los usuarios y consumidores, de la información (gráfica o escrita) actualizada de una sustancia, mezcla o aleación, por medio de una etiqueta o ficha de datos de seguridad. Incluye las características físicas, químicas y de toxicidad, las medidas preventivas para su uso y manejo durante su ciclo de vida, con el fin de prever cualquier afectación o daño en los seres vivos y su entorno, así como las medidas de atención a tomar en caso de emergencia.

Consejos de prudencia o precaución: una frase (o un pictograma o ambas cosas) que describe medidas recomendadas para prevenir o reducir los efectos nocivos de la exposición a un producto peligroso, por causa de la conservación, manejo o almacenamiento incorrecto.

Etiqueta: cualquier rótulo, marbete, inscripción, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, escrita, impresa, marcada, grabada en alto o bajo relieve, adherida o sobrepuesta al producto, a su envase o, cuando este último no sea posible por las características del producto o su envase, al embalaje. Ver ejemplo en la parte final del texto.

Examen médico ocupacional: acto médico mediante el cual se interroga y examina a un trabajador, a fin de monitorear la exposición a factores de riesgo y determinar la existencia de consecuencias por dicha exposición; incluye anamnesis, examen físico completo con énfasis en el órgano o sistema blanco, análisis clínicos y paraclínicos, como: pruebas de laboratorio, imágenes diagnósticas, electrocardiograma, y su correlación entre ellos para emitir un diagnóstico y las recomendaciones, artículo 2 de la Resolución 2346 de 2007

Exposición: se refiere al grado de interacción o contacto directo del personal con respecto al peligro.

Ficha de Datos de Seguridad (FDS): documento que proporciona información completa sobre un producto químico con miras al control y reglamentación de su uso en el lugar de trabajo; incluye diferentes peligros, y medidas de seguridad.

Indicación de peligro: una frase que, asignada a una clase o categoría de peligro, describe la naturaleza del peligro que presenta un producto y, cuando corresponda, también el grado de peligro.

Inteligibilidad: término que se utiliza para describir si el discurso de una persona es comprensible al receptor, esto es, el grado de comprensión de lo que se quiere comunicar.

Mezcla: agregación o incorporación o disolución compuesta por dos o más productos químicos que no reaccionan entre sí.

Medidas de control: medida(s) implementada(s) con el propósito de minimizar la incidencia de accidentes laborales, y enfermedades comunes y laborales.

Palabra de advertencia: término que indica la gravedad o el grado del peligro que figura en la etiqueta para señalar al lector un peligro potencial.

Peligro: fuente, situación o acto con potencial de causar daño en la salud de las personas, en equipos, en instalaciones o el ambiente.

Pictograma: composición gráfica que contenga un símbolo, así como otros elementos gráficos, tales como un borde, un motivo o un color de fondo, que sirve para comunicar información específica.

Producto químico: aquella sustancia química o sus mezclas y aleaciones.

Propiedad intrínseca: cualidad o característica de una sustancia, mezcla o aleación que permite su clasificación e identificación.

Riesgo: probabilidad de que se produzca un efecto adverso en la salud, los bienes materiales, el ambiente o mixtas por causa de determinada exposición a una sustancia química.

Símbolo: elemento gráfico que sirve para proporcionar información de manera concisa.

Sustancia química: elemento químico y sus compuestos en estado natural u obtenidos mediante cualquier proceso de producción, incluidos los aditivos necesarios para mantener la estabilidad del producto.

Siglas – Resolución 773 de 2021 (SGA)

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist): Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales de los Estados Unidos de América. Sociedad profesional dedicada al desarrollo de aspectos administrativos y técnicos de la protección de los trabajadores. Una de sus tareas principales es la recomendación de valores límites permisibles.

CAS (Chemical Abstracts Services): Organización Científica de los Estados Unidos de América, encargada de crear y distribuir información sobre el medio ambiente para la investigación científica

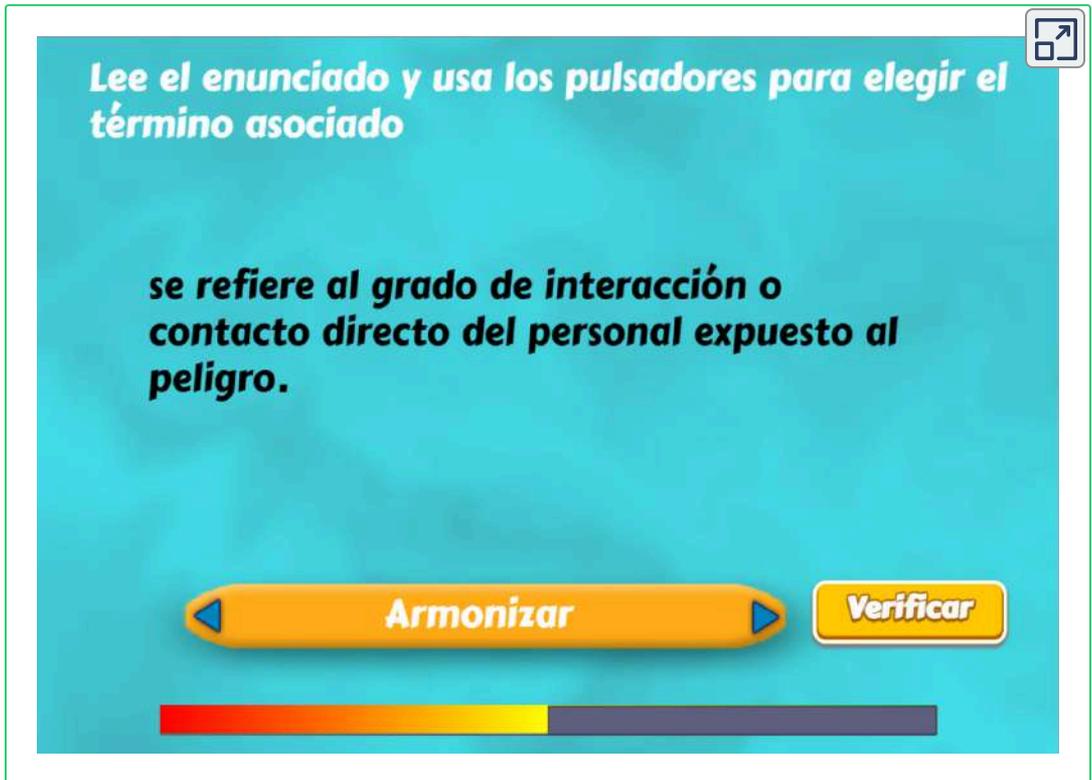
CDC (Center for Disease Control and Prevention): Agencia del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. Son responsables del desarrollo y aplicación de la prevención y control de enfermedades, la salud ambiental y las actividades de educación y promoción de la salud.

IARC (International Agency for Research on Cancer): Agencia que hace parte de la Organización Mundial de la Salud, define las propiedades cancerígenas de las sustancias, su clasificación y posibles mecanismos de generación.

Una vez, se ha revisado la información del glosario se propone la siguiente actividad interactiva en la [Figura 21](#) para verificar el aprendizaje, Seleccione la definición que más se ajusta al significado, si el ejercicio de asociación es correcto, la barra de respuestas va a aumentar, de lo contrario disminuirá.

Figura 21

Interactivo de Asociación Enunciado - Término (Evaluación Tipo Jinich) con glosario SGA



Nota. Adaptación de interactivo Asociación enunciado término (evaluación tipo Jinich), de Juan Guillermo Rivera Berrío [6] [Plantillas Descartes JS 2ª Edición ISBN 978-84-18834-43-1], 2022. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España) (https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Plantillas_DescartesJS-2ed/index.html?page=160). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0). Las imágenes usadas en este interactivo fueron tomadas de: [Guía de comunicacion de peligros según el SGA 2017](#)

Capítulo 4

**Química Verde Sostenible y
Nuevas Tecnologías - SGA**

Química Verde, Amigable con la Salud y el Ambiente

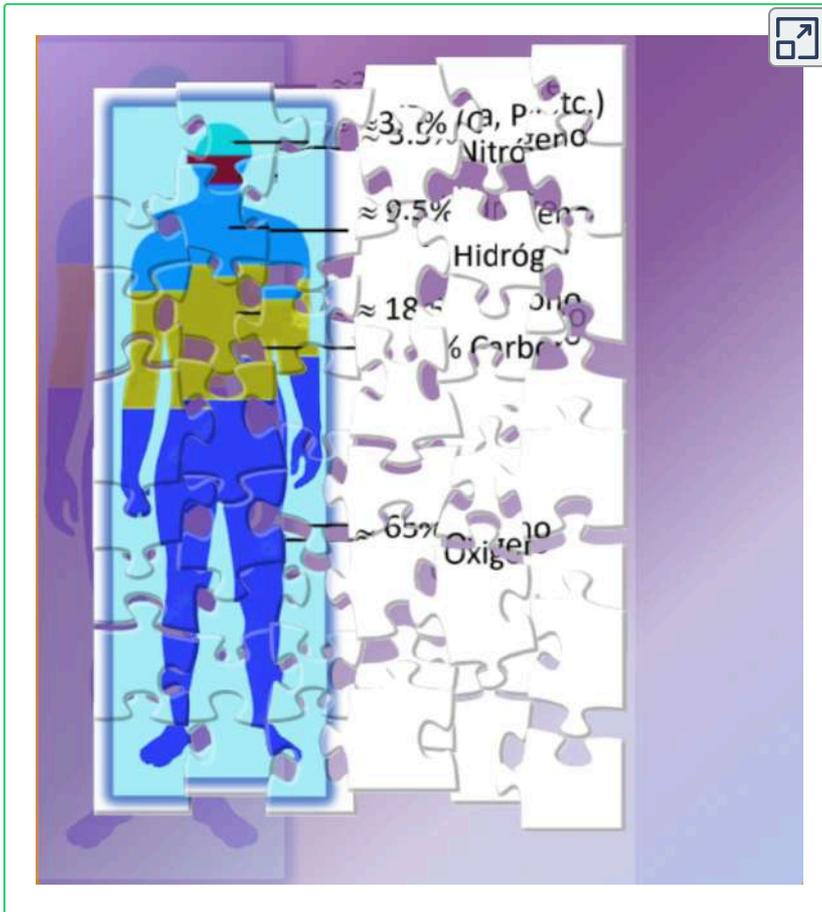
El cuerpo humano se compone aproximadamente en un 98 %, de seis elementos de la tabla periódica: estos elementos son Oxígeno (O_2), Carbono (C), Hidrógeno (H_2), Nitrógeno (N_2), Calcio (Ca) y Fósforo (P) que aparecen en la [Figura 22](#). La unión de dos de ellos conforman casi las tres cuartas partes de la composición química de nuestro organismo. El Hidrógeno y el Oxígeno, son elementos de una molécula muy importante y sorprendente como ladrillo constructor de la vida, “el agua (H_2O)”.

Gracias a sus propiedades fisicoquímicas, geométricas y eléctricas, el agua es el solvente ideal en el que se materializan las reacciones químicas que dan origen a la vida. Los elementos de la tabla periódica que nos conforman son pocos (conocidos como Bioelementos), y cualquier elemento de la tabla periódica que logre entrar en el cuerpo humano por encima de su umbral de concentración, genera un desequilibrio químico, y potencialmente se convierte en una sustancia tóxica o peligrosa. Igual, puede ocurrir en, plantas, animales y/o ambiente.

La fisicoquímica del agua es un mundo fascinante con mucho aún por investigar y aprender, sin embargo, se conoce lo suficiente para entender por qué los diferentes riesgos laborales que afectan la integridad física y mental del cuerpo humano, están estrechamente relacionados con la física y química del agua. La razón primordial se debe a que el agua es “la sustancia que mayoritariamente nos conforma”.

Figura 22

Interactivo: Puzzle con una foto, Elementos en el Cuerpo Humano



Nota. Adaptación de interactivo "Puzzle con una foto del zuzuncito" de Juan Guillermo Rivera Berrío [17] [Colibríes 1ª Edición ISBN 978-84-18834-82-0], 2024 pág. 29. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España)

(https://proyectedescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Colibri/index.html?page=28). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0). Las imágenes usadas en este interactivo son diseño del autor

Sugerencia: Armar primero, el marco de la imagen.

Relación del agua y el origen de peligros laborales

La clasificación de los riesgos laborales en Colombia está definida en la guía técnica colombiana GTC45, en siete grandes grupos de Riesgos: Biológicos, Físicos, Químicos, Psicosocial, Biomecánico, por condiciones de Seguridad y fenómenos naturales. A continuación, se da una breve explicación de la existencia de todos estos peligros relacionada con las propiedades físicas y químicas del agua.

Los Peligros químicos se originan en las propiedades fisicoquímicas del agua, nos podemos contaminar o ver afectados por medio de la exposición respiratoria o cutánea a un agente químico. La gran afinidad del agua con la mayoría de las sustancias químicas se debe a una fuerza electrostática con otras moléculas orgánicas e inorgánicas, denominada puente de Hidrógeno (PH), lo cual la convierte este líquido en el "solvente universal". A causa de la posibilidad de generar estos PH entre otros tipos de fuerzas intermoleculares, que involucran al agua presente en nuestros tejidos, que facilita el transporte o reacción con agentes corrosivos (ácidos y bases) a través de procesos de disociación, lo que nos hace muy vulnerables a sustancias irritantes, tóxicas, inflamables, reactivas y/o explosivas, etc.

Los peligros biológicos están estrechamente relacionados con la química del agua; muchos microorganismos desarrollan sus actividades metabólicas en esta sustancia. ¡Son más el número de microorganismos que viven en nuestro cuerpo, que la cantidad de células que nos conforman!

La bióloga Alanna Collen [\[12\]](#) describe en su libro [10% humanos](#): por qué los microbios de tu cuerpo son la clave de tu salud” (2019).

Nuestra colonia personal de microbios, es la clave de nuestra salud ya que influye en nuestro peso, en nuestro sistema inmunológico, en nuestra salud mental e incluso en ¡nuestras relaciones interpersonales!.

La pandemia del SARS-COV-2 que provocó el riesgo biológico COVID-19 nos ha mostrado la vulnerabilidad de las personas en un entorno laboral ante agentes biológicos, como virus, bacterias, hongos, protozoos, etc. Que se pueden transmitir de manera rápida a través de las vías húmedas de nuestras mucosas por factores como la humedad del aire, en los suelos o los líquidos o alimentos. En consecuencia, la química del agua es la que permite y favorece la capacidad infecciosa o tóxica de los microorganismos, más los riesgos y peligros que algunos de estos conllevan.

Los peligros físicos se originan en la química y geometría de los arreglos moleculares del agua; factores como vibración, ruido, radiación, iluminación y temperaturas, influyen en los movimientos moleculares y la disposición geométrica de las moléculas del agua en los tejidos de nuestro cuerpo debido a su interacción con estas fuentes de energía.

En su obra "[los mensajes ocultos del agua](#)" (2021), Masaru Emoto [13] describe cómo cambian los arreglos moleculares debido a la interacción de sus moléculas, con fuentes de energía externas, lo que puede resultar en un desequilibrio estructural que se puede ver reflejado en las afectaciones físicas y mentales en una persona.

Procesos sencillos como el estrés térmico causa la evaporación del agua, puede provocar un desequilibrio en el cuerpo humano (deshidratación); con una alta dosis de radiación ionizante o no ionizante, se pueden cambiar las propiedades químicas, estructurales o magnéticas del agua y generar problemas físicos y/o mentales.

El riesgo psicosocial puede tener sus orígenes en otros tipos de riesgos y por ende en la química del agua. La estructura espacial y dinámica de estas moléculas sufren un reordenamiento en las células que conforman nuestro cuerpo, por ejemplo, a la formación de ondas sonoras armónicas (música) o anarmónicas (ruido), y llegar a influir en el estado emocional de una persona.

Los peligros biomecánicos que surgen de las condiciones de seguridad y fenómenos naturales, se originan en la fragilidad del ser humano a nivel estructural y/o osteomuscular, debido a su conformación principalmente de agua.

La conductividad del agua y las sales disueltas en la sangre de nuestro cuerpo nos hace vulnerables a un riesgo eléctrico, la frágil fuerza intermolecular entre las moléculas de agua presentes en los tejidos, permite fácilmente quemaduras, cortes o laceraciones. Un exceso de presión en un atrapamiento desacomoda la estructura celular debido a la repentina pérdida del ambiente acuoso que soporta las organelas, incluso un exceso de agua nos puede asfixiar ante un fenómeno natural de inundación.

En comparación a lo que sucede en el cuerpo humano, el ciclo del agua permite el transporte, la contaminación y el desequilibrio químico de suelos, ríos, mares y aire, lo cual en consecuencia también posibilita una grave afectación de nuestro ambiente y ecosistemas.

Según los ejemplos mencionados evidencian que el origen de todos los peligros está asociado principalmente a las propiedades fisicoquímicas del agua, donde la salud física y mental del cuerpo humano depende en su totalidad de la preservación del equilibrio químico y/o energético.

Esta es una reflexión de lo maravillosos y frágiles que somos como especie y la total relevancia de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el cuidado de la humanidad y su ambiente.

Buenas prácticas e Importancia de la gestión de riesgos químicos.

A pesar que la química soporta y da la vida, y numerosos productos e industrias químicas juegan un papel fundamental en la subsistencia de la humanidad, la tendencia mundial es de gran preocupación por el incremento en el uso de sustancias químicas que generan daños graves en la salud humana, la calidad ambiental y la sostenibilidad.

Se estima que existen aproximadamente 177 millones de sustancias químicas de origen orgánico e inorgánico, de 262 millones registradas en el mundo según [Chemical Abstracts substance count, Retrieved \(2021\) \[14\]](#), muchas son de naturaleza sintética y se desconocen sus efectos o su composición química debido a secretos comerciales o falta de estudios científicos; la exposición a estas sustancias sintéticas puede ser a través de la matriz aire, agua, suelos o la cadena alimenticia, generando afecciones a la salud física y/o mental de personas, igual que en animales y ecosistemas.

De acuerdo con un informe del año [2019 \[15\]](#) por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades y fallecimientos prematuros ocasionadas por sustancias químicas representan un total de 1.6 millones de vidas perdidas y 44.8 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad. El uso incontrolado de sustancias químicas para evitar el riesgo biológico COVID-19 sugiere un incremento significativo a estas cifras.

Otro riesgo químico preocupante junto con la mala calidad del aire interior en un entorno laboral, son las concentraciones alcanzadas por la mala calidad del aire exterior debido a la presencia de material particulado de 10 micrómetros (PM10), 2.5 micrómetros (PM 2.5) y nano material particulado con compuestos absorbidos en su estructura como: orgánicos volátiles (VOCs), virus, metales pesados e hidrocarburos poli aromáticos provenientes de la combustión de fósiles, uso de cosméticos y del sector construcción.

Se estima que mueren al año aproximadamente 6 000 000 personas por enfermedades pulmonares o del corazón asociadas a este tipo de contaminación (WHO 2015) y por mecanismos de afectación a la salud debidamente establecidos ([Nature, 2023 \[16\]](#)).

En Colombia, el Departamento Nacional de Planeación ha estimado que, durante el año 2015, los efectos de este fenómeno se relacionaron con 10 527 fallecimientos y 67,8 millones de síntomas y enfermedades. Aunque las normativas nacionales establecen que el nivel máximo permisible anual a condiciones de referencia para material particulado de tamaño PM2.5, se sitúa en los 25 microgramos por metro cúbico ($25\mu\text{g}/\text{m}^3$), en 2021, la OMS establece que no debe ser mayor a $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ lo cual sugiere que las normativas y controles en contaminación del aire no son los adecuados y que las leyes deben ser más estrictas y coherentes con los estándares internacionales.

En el país, las áreas afectadas por la mayor incidencia de contaminantes atmosféricos son la zona metropolitana del Valle de Aburrá, las principales localidades en Bogotá, el municipio de Ráquira en Boyacá y la zona industrial de ACOPI en el municipio de Yumbo (Valle del Cauca). Las poblaciones de niños y mujeres son las más vulnerables (UNEP, 2019 [\[18\]](#)).

En el caso de Colombia, según Fasecolda (base de datos), las estadísticas por muertes y enfermedades asociadas a RQ son inferiores al 1 % , lo cual se considera como una cifra subestimada debido a la carencia de reportes e investigaciones científicas para determinar los orígenes.

Durante el año 2019, el Centro de Información de Seguridad sobre Productos Químicos (CISPROQUIM®) del Consejo Colombiano de Seguridad, ha registrado 11 182 eventos de emergencia con productos químicos, tanto de uso doméstico como industrial, donde el 82,47 % se originó por intoxicaciones en menores de edad y adultos, mientras que el 17,53 % restante lo conforman casos toxicológicos o consultas de información.

En todo el mundo, los objetivos para la disminución de enfermedades y accidentes laborales, en el año 2020 no se lograron alcanzar porque se requerían esfuerzos mucho más rigurosos y exigentes en la clasificación, etiquetado y comunicación del uso de sustancias químicas peligrosas en ambientes laborales o personales. La química está relacionada con los ODS de la ONU, y una filosofía altamente pertinente para conseguir estos objetivos es la “química preventiva”, conocida como química verde, la cual radica en la mitigación de riesgos o peligros químicos.

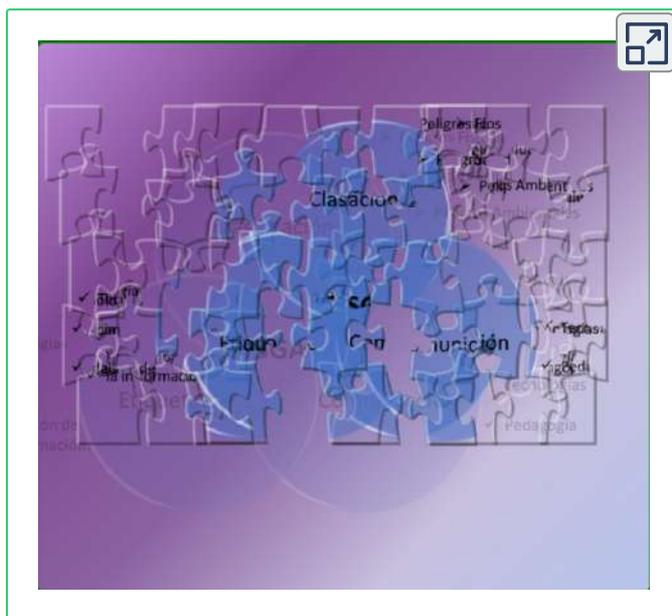
La química verde se planteó en el año 1999, y se basa en 12 principios, los cuales fomentan la concienciación del mundo científico e industrial hacia la investigación, creación y uso de sustancias, metodologías y procesos químicos más beneficiosos para las personas, animales y ambiente. El diseño y la innovación a nivel molecular, han permitido que la química verde se constituya en una poderosa herramienta en la fuente de tipo ambiental, social y económica.

Química e Ingeniería Verde y sostenible en la gestión del riesgo químico: Un enfoque desde el SGA

El SGA como herramienta normativa en materia de riesgos de una empresa, se resume en el interactivo de la [Figura 23](#), donde los tres ejes fundamentales (clasificación, etiquetado y comunicación) deben ser soportados con más tecnologías y ciencias de la información.

Figura 23

Ejes fundamentales del SGA



Nota. Adaptación de interactivo "Puzle con una foto del zanzuncito" de Juan Guillermo Rivera Berrío [17] [Colibríes 1ª Edición ISBN 978-84-18834-82-0], 2024 pag 29. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España)

(https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Colibri/index.html?page=28). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0). Las imágenes usadas en este interactivo son diseño del autor.

Los principales desafíos de la gestión del riesgo químico en las empresas colombianas se encuentran en relación con un impacto de control en la matriz invertida, debido a circunstancias económicas, desconocimiento o falta de investigación acerca de los riesgos de los procesos productivos. El peligro se trata de disminuir el riesgo mediante decisiones administrativas o el uso de elementos de protección personal, contrario, a lo que proponen las normativas internacionales, como se indica en la [Figura 24](#).

Pero ¿Cuál es la Importancia de la química e ingeniería verde y sostenible, en la gestión del riesgo químico?

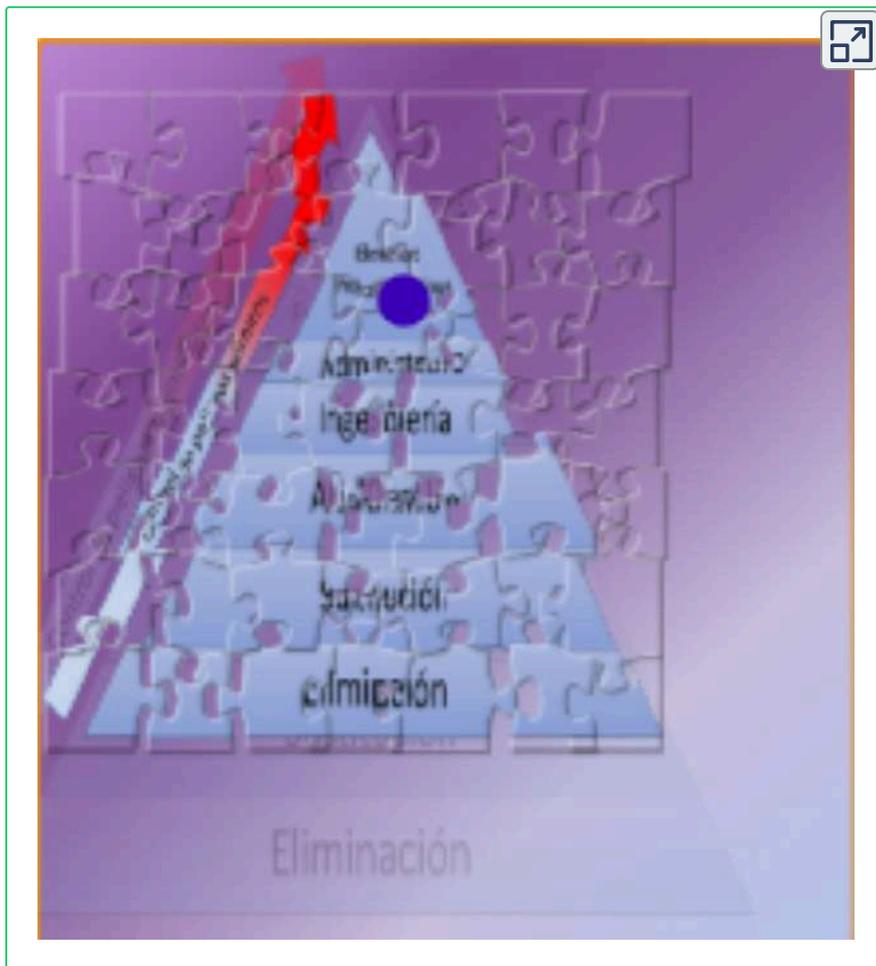
¿Qué es la Química Verde?

El autor de este artículo en el presente texto considera que, la química “verde” se fundamenta en la inspiración de biomimetizar, así como sintetiza millones de moléculas distintas en condiciones termodinámicas poco agresivas, es posible, a presión y temperatura ambiente, en medio acuoso, usando básicamente minerales del suelo, CO₂ y luz solar, es posible que el mayor libro abierto, de una química sustentable, sean las verdes hojas de las plantas y su proceso físico-químico para generar vida y producción de alimentos.

En su obra “Green Chemistry, Theory and Practice” en 1999, Anastas and Warner [\[19\]](#) proponen 12 principios que se fundamentan en la filosofía del diseño de productos y químicos, que implican la reducción, sustitución o eliminación de sustancias peligrosas para las personas, animales y el entorno natural.

La química verde es una nueva y revolucionaria forma de enfocar la síntesis de nuevas sustancias químicas más amigable con la salud y el ambiente.

Figura 24
Control de peligros químicos



Nota. Adaptación de interactivo "Puzzle con una foto del zunzuncito" de Juan Guillermo Rivera Berrío [17] [Colibríes 1ª Edición ISBN 978-84-18834-82-0], 2024 pag 29. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España)

(https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Colibri/index.html?page=28). Creative Commons (BY-NC-SA 4.0). Las imágenes usadas en este interactivo son diseño del autor.

Principios de la química verde

- 1. *Prevención:*** es mejor evitar la generación de desechos que tratarlos o eliminarlos una vez creados.
Efecto en el SGA: mitiga exposición ambiental y humana a sustancias químicas. La química verde supone beneficios económicos, pues requiere menos inversión para tratar el residuo generado y para consumir reactivos químicos, así como la optimización del consumo de estos.
- 2. *Economía atómica:*** los métodos sintéticos deberían diseñarse para maximizar la incorporación en el producto final de todos los materiales iniciales utilizados en el proceso.
Efecto en el SGA: Menor exposición a residuos químicos durante el proceso y evita desechos.
- 3. *Síntesis químicas menos peligrosas:*** siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberían estar diseñados de manera que utilicen y generen sustancias que posean poca o ninguna toxicidad para la salud humana y el medio ambiente.
Efecto en el SGA: Menor exposición a residuos químicos y condiciones termodinámicas peligrosas.
- 4. *Diseñar productos químicos más seguros:*** los productos químicos deberían diseñarse para que cumplan la función deseada con un mínimo de toxicidad.
Efecto en el SGA: Productos sustentables y menor exposición a residuos tóxicos para los colaboradores y medio ambiente.
- 5. *Disolventes y sustancias auxiliares más seguros:*** siempre que sea posible debería evitarse el uso de sustancias auxiliares (por ejemplo, disolventes, agentes de separación) y, en caso de que sea preciso utilizarlos, deberían ser inocuos.
Efecto en el SGA: menos exposición a solventes químicos peligrosos de carácter volátil.

8. **Reducir los derivados:** la derivatización innecesaria (uso de grupos de productos para bloqueo, protección/ desprotección, modificación temporal de los procesos físicos/químicos) debería reducirse al mínimo –o evitarse si es posible– ya que precisan el uso de reactivos adicionales y pueden generar desechos.
Efecto en el SGA: menos exposición a residuos químicos.

12. **Química intrínsecamente más segura para la prevención de accidentes:** las sustancias y los distintos estados de una sustancia utilizados en un proceso químico deberían elegirse de manera tal que se reduzca al mínimo la probabilidad de accidentes químicos, incluidas las emisiones, las explosiones y los incendios.
Efecto en el SGA: menos exposición a agentes químicos que generen riesgos físicos por sus transformaciones a condiciones termodinámicas de alta presión y temperatura.

Seis de los 12 principios de la química verde buscan mitigar el peligro químico en la fuente, lo cual es un factor clave en el control de los riesgos, debido a que los sistemas de gestión SST se han enfocado mucho en Colombia a controlar el riesgo en el individuo o en el medio.

Las estrategias están enfocadas en evitar al máximo la formación de residuos químicos, síntesis con y de productos más inocuos, procesos fisicoquímicos de transformación que eviten accidentes y la exposición innecesaria de los colaboradores y el medio ambiente a sustancias químicas.

Los otros cinco principios están enfocados en buscar un impacto ambiental positivo y control del riesgo en el medio.

6. **Diseño para la eficiencia energética:** las necesidades energéticas de los procesos químicos deberían ser reconocidas por su impacto ambiental y económico, y se deberían reducir al mínimo, de ser posible, los métodos sintéticos deberían utilizarse a temperatura y presión ambiente
Efecto en el SGA: Disminuir el consumo energético contaminante y/o procesos termodinámicos que impliquen riesgos físicos o químicos por acción de la temperatura o la presión.
7. **Utilización de sustancias intermediarias renovables:** las materias primas o sustancias intermediarias deberían ser renovables en lugar de agotarse siempre que sea técnica y económicamente viable.
Efecto en el SGA: Disminución de CO₂, y exposición a contaminantes ambientales, economía circular.
9. **Catálisis:** utilizar catalizadores (lo más selectivos posible) mejor que reactivos estequiométricos.
Efecto en el SGA: Minimizar la generación y/o exposición a residuos químicos.
10. **Diseñados para degradarse:** los productos químicos deberían diseñarse de manera que una vez cumplida su función se descompongan en productos de degradación inocuos y no persistan en el medio ambiente.
Efecto en el SGA: Disminución del tiempo de exposición a sustancias potencialmente peligrosas.
11. **Análisis en tiempo real para evitar la contaminación:** es necesario seguir desarrollando metodologías analíticas que permitan el seguimiento y el control en tiempo real durante el proceso antes de la formación de sustancias peligrosas.
Efecto en el SGA: permite mitigar el riesgo químico en el medio ambiente, mediante el monitoreo y toma de decisiones in situ o basadas en el análisis de datos.

La puesta en práctica de estos principios en la gestión de RQ en una empresa es clave en la prevención de enfermedades laborales, además en conjunto con el SGA aumentan la eficacia en el control de riesgos con sustancias químicas, condiciones o procesos que favorecen atmosferas incendiarias o explosivas, lo cual es una causa significativa de incendios en la industria colombiana, el desconocimiento de las propiedades fisicoquímicas y termodinámicas de manipulación, almacenamiento y de los procesos de transformación que implican las sustancias químicas combustibles.

Clasificación, etiquetado y comunicación de peligros químicos

Inteligencia artificial en el control de riesgos químicos

Los algoritmos y el análisis correcto de grandes bases de datos provenientes de las variables y mediciones realizadas en procesos de investigación y/o desarrollo de la industria química u organizaciones que manipulan sustancias, están permitiendo que la inteligencia artificial (IA) optimice los procesos químicos, identifique nuevas moléculas y mitigue riesgos químicos.

Por ejemplo, los algoritmos de IA pueden identificar las variables más importantes o riesgosas en un proceso químico, como la temperatura y la presión, la toxicidad, fugas, tiempos de exposición, y ajustarlas automáticamente para optimizar la producción, reducir desechos y mitigar riesgos químicos o de cualquier otra clasificación. Otro ejemplo, es el empleo de robots equipados con tecnología de IA, capaces de llevar a cabo tareas peligrosas en entornos químicos, tales como la manipulación de sustancias tóxicas y la limpieza de reactores químicos.

En el semillero de investigación en Química verde-sostenible y SST, del Instituto Tecnológico Metropolitano de la ciudad de Medellín, se vienen consolidando los siguientes logros:

- Software que permite la validación de la información de las fichas de seguridad entregada por proveedores, con el objetivo de implementar óptimamente el SGA.
- Software que permite el reconocimiento audiovisual de sustancias peligrosas sin manipularlas.
- Laboratorios virtuales y simuladores de enseñanza en riesgos químicos vienen siendo desarrollados por:
<https://www.labster.com/simulations/lab-safety>
<https://www.arlsura.com/cazadores/quimicos.html>
- Dispositivos electrónicos inteligentes en línea, usados como accesorios portátiles, con sensores de sustancias químicas peligrosas, que transmiten los datos a la web y permiten monitorear los tiempos de exposición a productos de alto riesgo.
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.8b00764>

Se cuenta con herramientas basadas en inteligencia artificial para las capacitaciones en riesgos químicos, que pueden generar alternativas como:

- Texto en riesgos químicos (ChatGPT)
- Código para gestión de riesgos (GitHub, Copilot, safetyforlife.cl)
- Imágenes (MidJourney, Dall-E, Stable Diffusion)
- Música (Amper, Aiva)
- Video (Pictory, Synthesia, Deepbrain)

Control de riesgos químicos en la Industria colombiana

Control en la fuente

Uno de los retos más desafiantes en la industria se encuentra en la gestión de los riesgos en la fuente. Las sustancias químicas durante los procesos tienden a propagarse por el medio y la mayoría de los controles en la industria se llevan a cabo con elementos de protección personal que, ocasiones, son inadecuados.

De ahí que aparezca la segunda línea de defensa, con los programas de producción y consumo sostenible orientados a la reducción del consumo de sustancias químicas, la sustitución de sustancias químicas peligrosas por otras con menor riesgo, la reducción de desechos químicos, la manipulación segura y la reducción de riesgos asociados a accidentes con productos químicos.

Las nuevas tecnologías, los objetivos de desarrollo sostenible y la química verde han permitido la implementación de cambios en los procesos industriales.

La sustitución de métodos químicos por otros de tipo electrónicos, tales como, ultrasonido, ultravioleta, radiación o sustituir sustancias químicas en los procedimientos de desinfección, como ozono, peróxidos, etc. en lugar de compuestos clorados, son algunas de las tendencias innovadoras en las industrias que persiguen la sostenibilidad en sus procesos.

Ejemplo:

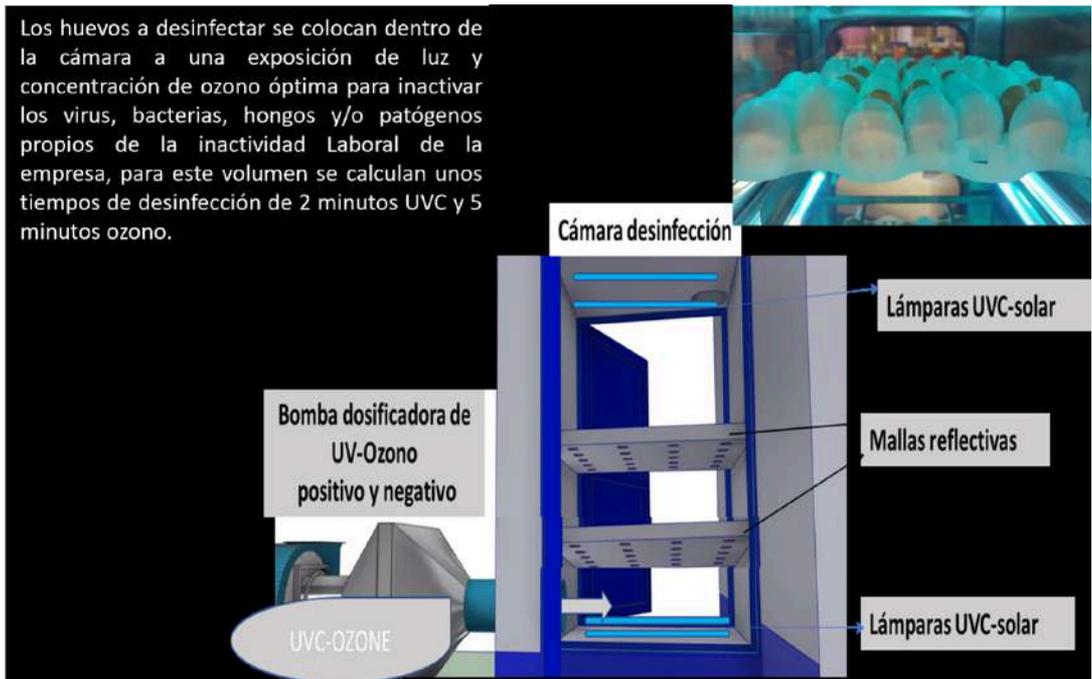
Reemplazar tecnologías de desinfección y control de patógenos con radiación UV – Solar.

Problema: Una empresa que ha utilizado formaldehído en sus procesos de desinfección de la cáscara de huevo durante más de 40 años, ha tenido enfermedades laborales asociadas al cáncer en sus trabajadores.

Solución: Después de un estudio científico resuelve utilizar métodos físicos de radiación ultravioleta con energía solar como fuente de energía para inactivar agentes patógenos presentes en la cáscara de los huevos, sustituyendo al formaldehído de manera definitiva, tal como se muestra en la [Figura 25](#).

Figura 25

Método de inactivación agentes patógenos



Nota. Diseño J.D.Ripoll.

Control en el medio

Las empresas del sector alimenticio generan riesgo químico por la alta concentración de material particulado. Los compuestos orgánicos volátiles y las atmósferas incendiarias, se producen debido a la molienda mecánica de sustancias alimenticias que generan vapores inflamables en ambientes laborales con bajo índice de renovación de aire. Los incidentes de conato de incendio y enfermedad laboral, son objeto de evaluación y toma de decisiones para minimizar el riesgo en el medio, mediante sistemas de inyección - extracción de aire, un dispositivo de higiene para material particulado, un sistema de control de energía electrostática y un control de temperatura.

Problema: La concentración de compuestos orgánicos volátiles en la zona descargue de molienda. Mediante un análisis termogravimétrico se encontró que un 2.2% m/m del componente principal de la pimienta son compuestos orgánicos volátiles (VOCs), a la temperatura máxima del proceso de molienda (52 °C) se calcula una concentración de hasta 11 g/L de aceite esencial combustible, que conforma los vapores detectados en la zona de descargue del material recién molido, como se muestra en la [Figura 26](#).

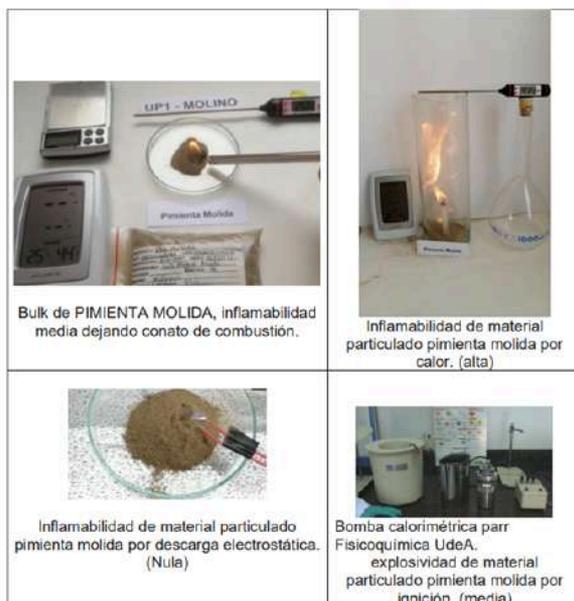
Según los resultados experimentales de inflamabilidad y/o explosividad activados por temperatura o carga electrostática, mostrados en la [Figura 27](#). Se puede evidenciar el grado de inflamabilidad en función del estado de agregación del comino o la pimienta que tienen absorbidos compuestos orgánicos volátiles (COV), concluyendo que aunque el punto de inflamabilidad del material sólido compacto es muy alto, el del mismo material disperso es altamente inflamable, esto explica los conatos de incendio que se pueden producir en el proceso de molienda de este material.

Figura 26
Aceites volátiles (VOCs)



Nota. Diseño J.D.Ripoll.

Figura 27
Evidencias experimentales del grado de combustibilidad de las muestras

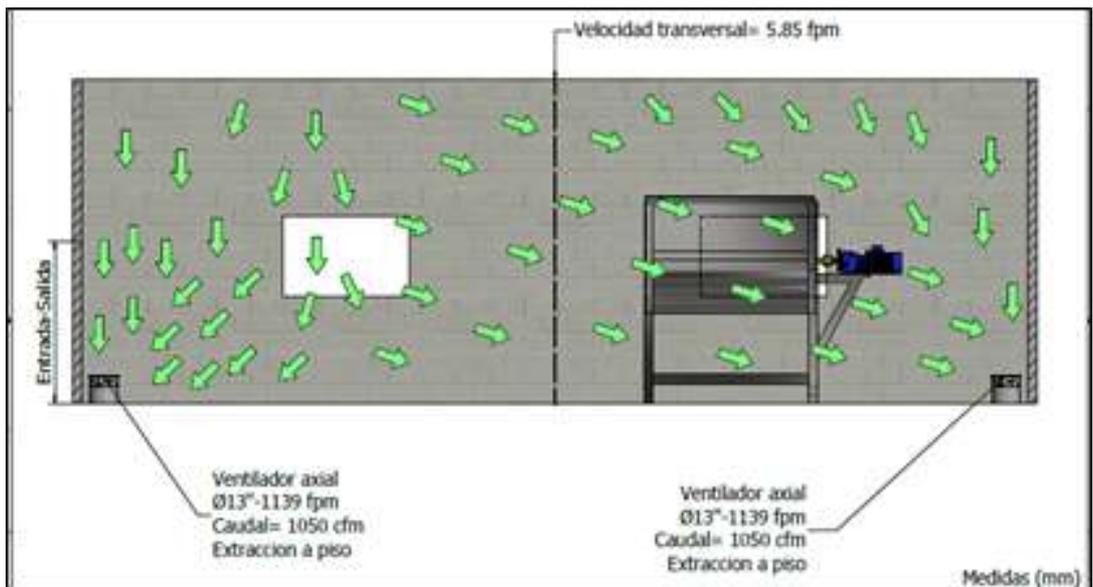


Nota. Diseño J.D.Ripoll.

Problema: Presencia de atmosfera inflamable y/o explosiva por material particulado (comino, pimienta) y compuestos orgánicos volátiles, que resultan del proceso de molienda en una máquina que alcanza temperaturas cercanas al punto de ignición de la mezcla debido a la fricción mecánica.

Solución: Se diseña un sistema de extracción e inyección de aire como el que se muestra en la [Figura 28](#) a nivel del piso, que garantiza la remoción de VOCs y del material particulado en el ambiente laboral por debajo de los límites permisibles y, evita las condiciones óptimas para la generación de una atmosfera incendiaria y/o explosiva.

Figura 28
Sistema de extracción inyección de aire



Nota. Diseño J.D.Ripoll.

Control en el individuo:

Empresa con 10 trabajadores, vierten una solución de hipoclorito de sodio en envases de vidrio desde una válvula metálica y solo utilizan un tapabocas de fibra textil como elemento de protección.

Problema: Exposición respiratoria, ocular y cutánea directa a vapores de cloro por encima del límite permisible.

Solución: De acuerdo con una hoja de seguridad confiable y bases de datos sugeridas por el SGA, la empresa se capacita en los riesgos que implican los vapores de esta sustancia para el tracto respiratorio, y mediante decisión administrativa se opta por implementar respiradores con cartuchos óptimos para compuestos orgánicos clorados de tipo fullface.

De esta manera se puede contribuir al mejoramiento del entorno local, la salud de los trabajadores, la salud pública (reducción de enfermedades y muertes) y en el ambiente en general. Además, cabe la posibilidad de lograr beneficios económicos a partir de aumento en la productividad, consumo eficiente de los recursos y la posible mejor calidad del producto (s) que se ofrezcan en el mercado.



Referencias Bibliográficas

- [1] Rivera, J. G., Espinosa, J. y Radillo, A. (2019). [Descartes JS - Nivel -I.](#) Fondo Editorial Pascual Bravo (Ed.)
- [2] Rivera, J. G., Espinosa, J. y Radillo, A. (2019). [Descartes JS - Nivel -II.](#) Fondo Editorial Pascual Bravo (Ed.)
- [3] Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (2007). Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response; [NFPA-704](#). Quincy, Massachusetts; National Fire Protection Association, Technical Committee on Classification and Properties of Hazardous Chemicals Data, DOI 10.13140/RG.2.2.32358.01608, Pp 21 pages
- [4] Organización de las Naciones Unidas. (2015). Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos Químicos ([SGA](#)). Sexta edición.
- [5] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). [Guía de clasificación de peligros basada en los criterios del Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos - SGA.](#)
- [6] Rivera, J. G. (2022). [Plantillas Descartes JS](#) Red Educativa Digital Descartes, (1ª Ed.).
- [7] Ley 009 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. Julio 16 de 1979. DO No. 35308 https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf.

- [8] Resolución 2400 de 1979. Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. Mayo 22 de 1996. DO N 2549 <https://vlex.com.co/search?q=Resoluci%C3%B3n+2400+de+1979&source=Diario-Oficial-de-Colombia-2549>
- [9] Ley 55 de 1993 Identificar agregando el artículo de referencia Ley 55 de 1993, art. 7 [Convenio número 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el Trabajo, julio 2 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37687>
- [10] Decreto 1496 de 2018 [Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos], Agosto 6. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87910>
- [11] Resolución 773 de 2021. Por la cual se definen las acciones que deben desarrollar los empleadores para la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos en los lugares de trabajo y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química. Abril 7 de 2021. DO 51.640 <https://www.cerlatam.com/normatividad/mintrabajo-resolucion-773-de-2021/>
- [12] Collen A. (2019). [10% humanos](#). RBA Libros. Primera edición. ISBN:9788490566633. (<https://www.casadellibro.com.co/libro-10-humano-por-que-los-microbios-de-tu-cuerpo-son-la-clave-de-tu-salud/9788490566633/9622238>)

- [13] Emoto M. (2003) [los mensajes ocultos del agua](https://www.casadellibro.com.co/libro-mensajes-del-agua-la-belleza-oculta-del-agua-11-ed/9788487403682/936046). La Liebre de Marzo. 11^a Edición. ISBN:9788487403682. (https://www.casadellibro.com.co/libro-mensajes-del-agua-la-belleza-oculta-del-agua-11-ed/9788487403682/936046)
- [14] American chemical Society. (2021).[Chemical Abstracts substance count](https://www.cas.org/support/documentation/chemical-substances/faqs). (https://www.cas.org/support/documentation/chemical-substances/faqs)
- [15] Organización Mundial de la salud. (2022). [Contaminación del aire ambiente \(exterior\)](#).
- [16] Ledford, Heidi. (2023). [How air pollution causes lung cancer – without harming DNA](https://www.nature.com/articles/d41586-023-00989-z) (https://www.nature.com/articles/d41586-023-00989-z).
- [17] Rivera, J. G. (2024). [Colibríes](#). Red Educativa Digital Descartes, (1^a Ed.).
- [18] UN Environment Programme. (2019). [The Sixth Global Environmental Outlook GEO-6. Healthy Planet, Healthy People](https://doi.org/10.1017/9781108627146). Cambridge University Press. (https://doi.org/10.1017/9781108627146).
- [19] Anastas, Paul T. & Warner, John Charles. (1998). [Chemistry, Theory and Practice](https://global.oup.com/academic/product/green-chemistry-9780198506980?cc=co&lang=en&). Oxford University Press. (https://global.oup.com/academic/product/green-chemistry-9780198506980?cc=co&lang=en&).



Biografía Autores

Jorge Wilson Ocampo Vásquez



Docente de Catedra de la Institución Universitaria Pascual Bravo, investigador activo de la Línea de Investigación y del Semillero de Investigación de Gestión Ambiental y Salud Ocupacional – GA&SO adscrito al Grupo de Investigación ALQUIMIA.

Químico de la Universidad de Antioquia. Con Maestría y Especialización en Gestión de la Tecnología Educativa de la Universidad de Santander.

Socio de la Red Educativa Descartes Colombiana.

Correo electrónico: jorge.ocampo@pascualbravo.edu.co

Juan David Ripoll Sepulveda

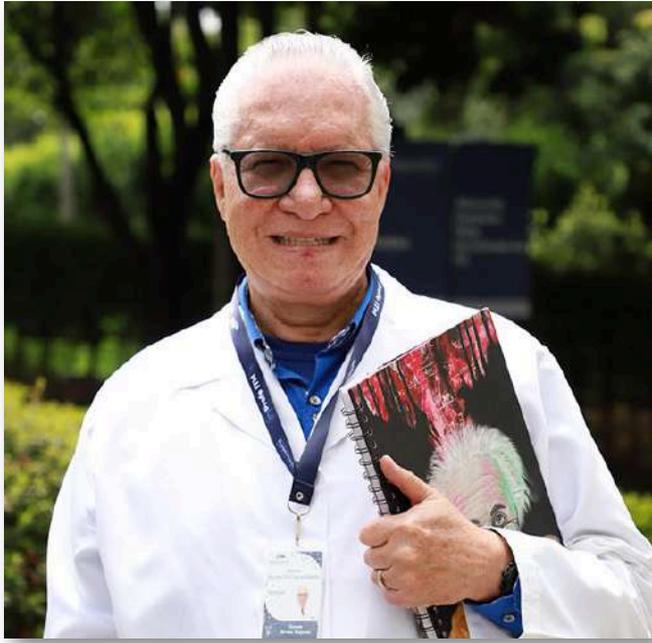


Docente e Investigador adscrito a la Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas, Departamento de Ciencias Ambientales y la Construcción, líder de la Línea de Investigación y del Semillero de Investigación de Gestión Ambiental y Salud Ocupacional – GA&SO del Grupo de Investigación ALQUIMIA del Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM de Medellín – Antioquia.

Químico, MSc, y PhD en Ciencias químicas de la Universidad de Antioquia. Candidato a especialista en Higiene Ocupacional y Ambiental. Científico avalado en Colciencias, experto en Química Verde y Sostenible, miembro activo en capacitación de la American Chemical Society, NIOSH, OSHA.

Correo electrónico: juanripoll@itm.edu.co

José Gonzalo Narváez Benjumea



Docente titular dos, investigador adscrito a la Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas, Departamento de Ciencias Ambientales y la Construcción, líder de la Línea de Investigación y del Semillero de Investigación de Gestión Ambiental y Salud Ocupacional – GA&SO del Grupo de Investigación ALQUIMIA del Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM Medellín – Antioquia.

Ingeniero Industrial con posgrado en Salud Ocupacional, hoy SST egresado del CES – EAFIT y en Docencia Universitaria de la UIS.

Cofundador y socio honorario de la Asociación Colombiana de Seguridad Integral – ASASI, miembro adherente de la Asociación Nacional de Profesionales de Seguridad, Salud y Ambiente – ASONAP HSE.

Correo electrónico: gonzalonarvaez@itm.edu.co



