



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**“APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA
PREVENTIVA PARA UN CORRECTO
ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS
EN LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICA

P R E S E N T A

JUÁREZ GONZÁLEZ LETICIA



MÉXICO D.F.

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: M. EN C. MA. ISABEL GRACIA MORA
VOCAL: DR. JOSÉ AGUSTÍN GARCÍA REYNOSO
SECRETARIO: M. EN I. LUIS ANTONIO GARCÍA VILLANUEVA
1er. SUPLENTE: DRA. LUZ MARÍA LAZCANO ARRIOLA
2° SUPLENTE: M. EN I. SERGIO ADRIÁN GARCÍA GONZÁLEZ

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES, IIM-UNAM

ASESOR DEL TEMA:
M. en I. Luis Antonio García Villanueva

SUPERVISOR TÉCNICO:
Dra. Georgina Fernández Villagómez

SUSTENTANTE:
Leticia Juárez González

CONTENIDO TEMÁTICO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
LISTA DE ACRÓNIMOS	5
RESUMEN	7
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Planteamiento del Problema.....	11
1.2. Objetivo General.....	11
1.2.1. Objetivos Particulares.....	11
1.3. Justificación del Problema	12
1.4. Alcances.....	12
CAPÍTULO II	
2. ANTECEDENTES.....	13
2.1. Riesgo de Accidentes Químicos	13
2.1.1. Accidentes Químicos a Nivel Mundial	15
2.1.2. Accidentes Químicos en México	18
CAPÍTULO III	
3. RIESGO POR SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL LABORATORIO.....	22
3.1. Las Sustancias Químicas en la Docencia e Investigación	22
3.2. Clasificación y Características de las Sustancias Químicas Peligrosas	23
3.2.1. Inestabilidad y Reactividad de las Sustancias Químicas	25
3.3. Manejo y Almacenamiento de Sustancias Peligrosas en los Laboratorios.....	27
CAPÍTULO IV	
4. MARCO LEGISLATIVO	30
4.1. Legislación y Reglamentación Mexicana.....	30
4.2. Normativa Mexicana.....	34
4.2.1. NOM Empleadas para una Metodología Preventiva en el Laboratorio	34
CAPÍTULO V	
5. CASO DE ESTUDIO	36
5.1. Instituto de Investigaciones en Materiales.....	36
5.1.1. Laboratorios de Materia Condensada y Criogenia (L-A-001 y L-A-002)	39
5.2. Descripción de la Metodología.....	40
CAPÍTULO VI	
6. RESULTADOS.....	44
6.1. Implementación de la Metodología.....	44
6.2. Resultados de la Implementación de la Metodología	46
CAPÍTULO VII	
7. CONCLUSIONES	52
7.1. Recomendaciones.....	53

ANEXO 1	
I) INESTABILIDAD Y REACTIVIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS	54
ANEXO 2	
I) REGLAMENTO INTERNO DE SEGURIDAD E HIGIENE. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES (IIM) UNAM	57
ANEXO 3	
I) IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA	66
ANEXO 4	
I) AUDITORIA AMBIENTAL INTERNA.....	72
ANEXO 5	
I) DISTRIBUCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.....	80

LISTA DE FIGURAS**CAPÍTULO II**

Figura 2.1 Distribución de zonas industriales en la República Mexicana

CAPÍTULO V

Figura 5.1 Ubicación del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM-UNAM)

Figura 5.2 Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM-UNAM)

Figura 5.3 Laboratorios para el caso de estudio. a) L-A-001. Síntesis. Nanotoxicidad.
b) L-A-002. Superconductividad, propiedades eléctricas y alta presión

Figura 5.4 Simplificación de una metodología preventiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas en los laboratorios del IIM

Figura 5.5 Metodología preventiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas en los laboratorios del IIM

ANEXO 4

Figura A.4.1. Sustancias en estado líquido, sin clasificar y con material de laboratorio en el mismo espacio de almacenamiento.

Figura A.4.2. Objetos obstruyendo el paso y pisos sucios.

Figura A.4.3. Muflas descompuestas.

Figura A.4.4. Material de laboratorio en desorden.

Figura A.4.5. Mesa de trabajo obstruida y área de trabajo limitada.

Figura A.4.6. Áreas para residuos peligrosos no determinada y extintor en área poco visible.

Figura A.4.7. Desecadores con exceso de sustancias químicas, algunas sin etiquetar.

Figura A.4.8. Sustancias químicas sin clasificar.

- Figura A.4.9.** Sustancias químicas sin clasificar almacenadas junto a material de papelería.
- Figura A.4.10.** Objetos personales y de laboratorio en desorden.
- Figura A.4.11.** Anaqueles para resguardo de objetos personales con exceso de objetos de diferentes clases.

ANEXO 5

- Figura A.5.1.** Sustancias no peligrosas. Gaveta A.
- Figura A.5.2.** Etiquetas por grupo y color.
- Figura A.5.3.** Sustancias peligrosas (Líquidos mayor volumen). Gaveta C.
- Figura A.5.4.** Etiquetas por clase de riesgo y color.
- Figura A.5.5.** Sustancias peligrosas. Gaveta D.
- Figura A.5.6.** Etiquetas por clase de riesgo y color.

LISTA DE TABLAS**CAPÍTULO II**

- Tabla 2.1** Accidentes químicos que involucran sustancias peligrosas registradas por distintos tipos de riesgo y de impacto histórico para la elaboración de la legislación en materia de salud y medio ambiente.
- Tabla 2.2** Accidentes que involucran sustancias químicas y sus derivados en diferentes tipos de riesgos en México.
- Tabla 2.3** Sustancias peligrosas involucradas en algún tipo de accidente químico, por su distribución y producción en la República Mexicana.

CAPÍTULO III

- Tabla 3.1** Sustancias mayormente usadas en laboratorios docentes y de investigación y usos.
- Tabla 3.2** Características de las sustancias químicas peligrosas según sus propiedades físicas y químicas.
- Tabla 3.3** Clase de riesgo de las sustancias químicas.

CAPÍTULO IV

- Tabla 4.1** Leyes Mexicanas vigentes.
- Tabla 4.2** Reglamentos oficiales emitidos por las leyes Mexicanas en materia salud y medioambiente.
- Tabla 4.3** Normativa Mexicana vigente para la protección de medio ambiente, salud, seguridad e higiene. Diario Oficial de la Federación (DOF).
- Tabla 4.4** NOM vigentes empleadas para una metodología preventiva y correctiva en el manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas.

CAPÍTULO V

- Tabla 5.1** Breve semblanza histórica del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM).
- Tabla 5.2** Compatibilidad y Segregación de acuerdo a la NOM-010-SCT/2-2009 de las sustancias químicas peligrosas.
- Tabla 5.3** CAMEO. Reacciones de las sustancias químicas peligrosas.

ANEXO 1

- Tabla A.1.1** Lista de compuestos que reaccionan violentamente con el agua y el aire.
- Tabla A.1.2** Grupo de sustancias químicas incompatibles.
- Tabla A.1.3** Ejemplos de sustancias peligrosas y sus correspondientes incompatibilidades.
- Tabla A.1.4** Sustancias químicas que pueden formar peróxidos fácilmente.
- Tabla A.1.5** Sustancias químicas que forman peróxidos peligrosos durante su exposición al aire.
- Tabla A.1.6** Especificaciones para establecer el criterio de peligrosidad de las sustancias químicas.

ANEXO 3

- Tabla A.3.1** Inventario de sustancias existentes en el caso de estudio.
- Tabla A.3.2** Clasificación de Sustancias Químicas con base a las NOM-002-SCT-2011, NOM-010-SCT/2-2009 y NOM-018-STPS-2000.

LISTA DE ACRÓNIMOS

AIHA	American Industrial Hygiene Association
CAS	Chemical Abstracts Service
CCH	Colegio de Ciencias y Humanidades
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
COAAPP	Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes
DGIFT	Dirección General de Inspección Federal del Trabajo
DGSHT	Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo
DOF	Diario Oficial de la Federación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
HMIS	Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos (Hazardous Materials Identification System)
IIM	Instituto de Investigaciones en Materiales
INE	Instituto Nacional de Ecología
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
MSDS	Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (Material Safety Data Sheet)
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra Incendios (National Fire Protection Association)
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
OMS	Organización Mundial de la Salud
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration)
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PRONAPAARA	Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Ambiental
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SE	Secretaría de Economía
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social

SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMARNAP	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SGA	Sistema de Gestión Ambiental
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SSa	Secretaría de Salud
STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social

RESUMEN

En los laboratorios de centros de estudios de nivel secundaria, nivel medio superior, nivel superior y en centros de investigación, se hace uso de diferentes sustancias químicas y de sus productos, en donde dichas sustancias pueden ser una fuente de accidentes si no existe una disposición correcta de los mismos.

En el presente trabajo se promueve y se aplica una metodología sencilla basada en la normativa mexicana correspondiente, para corregir el manejo inadecuado de sustancias peligrosas, y prevenir el riesgo de accidentes, para de esta manera contar con laboratorios que estén en condiciones favorables para cumplir con los requisitos, especificaciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que pueden observarse en el desarrollo de sus actividades o evitando así, que causen desequilibrios a la salud, al medio ambiente y a las instalaciones.

En el primer capítulo se da una breve semblanza de los daños que se han registrado por consecuencia de la mala disposición de sustancias peligrosas a nivel industrial, y de los posibles daños que se pudieran presentar dentro de los almacenes de los laboratorios de enseñanza e investigación.

Para corroborar la información anterior, se presenta en el capítulo II, datos importantes de los principales accidentes a nivel mundial y nacional, que han dado paso a la creación de la legislación ambiental mexicana en materia de sustancias peligrosas.

En el capítulo III, se muestra un listado de las principales sustancias que se usan en los laboratorios de docencia, y se da a conocer la clasificación y características de las mismas. También se presenta el tema seguridad e higiene así como de manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas en los laboratorios, en donde se sugieren medidas importantes basadas en la Guía Práctica sobre Riesgos Químicos del SINAPROC/CENAPRED, 2006 y en la NOM-018-STPS-2000.

En el capítulo IV se especifica el conocimiento acerca de la legislación mexicana y se incluyen tablas de las leyes, normas y reglamentos en materia de sustancias peligrosas.

Finalmente en los capítulos siguientes, se encuentra la parte sustantiva del presente trabajo, en el capítulo V, se describe el caso de estudio, y se detalla la metodología que se aplica. En el capítulo VI, se tienen los resultados arrojados de la metodología aplicada, se dan a conocer tablas importantes con la información necesaria para corregir el problema inicial y se anexa información electrónica.

El capítulo final corresponde a las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a las observaciones que se registraron a lo largo de la metodología aplicada al caso de estudio.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A partir de los años cuarenta, México experimenta un crecimiento industrial notable como consecuencia del crecimiento demográfico y las exigencias de vida que día a día la población demanda. Estas circunstancias obligaron a intensificar el aprovechamiento de los recursos naturales mediante diversas actividades industriales (SEMARNAP, 2007; Rivero y Ponciano, 1996).

El despegue que tuvo la industria dentro del territorio mexicano se intensificó y se consolidaron industrias como, la eléctrica, la siderúrgica, de los productos metálicos, mineras, químicas, la industria petrolera y la electrónica, de los alimentos, bebidas y tabaco, los textiles, ropa y calzado (SEMARNAP, 2007). Tal desarrollo significó un gran impulso para la economía mexicana, logrando así un avance tecnológico, que si bien, aporta innumerables beneficios a la sociedad no lo exime de los peligros y riesgos que puede llegar a causar a la misma. Sin embargo, se debe tener en cuenta que dicho crecimiento implica una gran responsabilidad para mantener el bienestar de salud y medio ambiente de la sociedad, no obstante la mayoría de las veces no se ha planeado, ni se han tomado en cuenta medidas necesarias para cubrir estos aspectos (Rivero y Ponciano, 1996), debido a que muchas de las veces no hay un control y conocimiento pleno de los riesgos a los que están expuestos el personal y usuarios del lugar de trabajo.

Los accidentes químicos que se han presentado a partir del desarrollo industrial, no sólo atañen el sector mexicano, sino a la industria mundial, siendo principalmente el mal manejo de sustancias y residuos peligrosos utilizados en los procesos industriales y de servicios.

A lo largo de los años y hasta la actualidad se han registrado accidentes químicos de diferente índole que causan daños en la salud tanto de los trabajadores, como de las comunidades cercanas, además tienen efectos notables en la modificación de los ecosistemas, en la pérdida de la biodiversidad de las especies, es decir, contaminación al medio ambiente e incluso afectando la economía.

Este impacto en las últimas décadas no se ha logrado equilibrar con la implementación de instalaciones adecuadas, ya que el factor humano también juega un papel importante para la incidencia de accidentes en cualquier etapa, ya sea en la producción, almacenamiento, recolección, tratamiento, disposición y transporte de sustancias y residuos peligrosos; con el fin de disminuir los riesgos y tener un mejor control para evitar este tipo de desastres, las autoridades mexicanas implementaron una regulación en materia de actividades de alto riesgo para prevenir daños a la salud y proporcionar la información adecuada a las industrias (SINAPROC/CENAPRED, 2006).

En México ante esta problemática se han creado diversas instancias gubernamentales encargadas de atender los problemas relacionados con los accidentes químicos, como el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), quienes particularmente cuentan con una base de datos de los accidentes químicos en México, bajo el nombre de “Accidentes Químicos” así mismo fueron creadas: la SEMARNAT, la PROFEPA, la SEDENA, la SCT, la STPS, la SSA, la SE y la SEGOB, quienes se encargan de la normativa correspondiente para la calidad de la salud y del medio ambiente (García, 2007).

El riesgo de accidentes por sustancias químicas se ha trasladado y se encuentra latente, ya no sólo en industrias de producción masiva, si no en centros de estudios, como laboratorios de nivel secundaria, nivel medio superior, nivel superior y en centros de investigación, en donde se requiere el uso de diferentes sustancias químicas y sus productos, dichas sustancias implican una fuente de accidentes si no existe una disposición correcta de los mismos, además se debe tener conocimiento previo de las medidas de seguridad e higiene dentro del lugar de trabajo, como lo establecen la normativa correspondiente, por lo que se debe aplicar y cuidar que se cumpla en la medida de lo posible para prevenir y/o corregir el daño que pueda llegar a ocasionarse, ya que se busca que los laboratorios cumplan con los estándares de calidad que establecen las normas, que se han generado a partir de esta problemática, donde se establecen los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que pueden observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes que puedan causar o causen desequilibrios a la salud, los ecosistemas o al medio ambiente (Ramírez, 2009; SEMARNAP/INE, 1999).

Cabe mencionar que en la Facultad de Ingeniería en Ciudad Universitaria, México, se han dado a la tarea de crear e implementar una metodología preventiva para el correcto almacenamiento de materiales peligrosos, esta metodología fue creada por el M. en I. Luis Antonio García Villanueva, teniendo como caso de estudio un almacén industrial, sin embargo, dicha metodología ha sido aplicada con éxito en laboratorios de docencia, de nivel medio superior, en el Colegio de Ciencias y Humanidades Sur (CCH) estando a cargo Samuel Ramírez Cruz, y en el Colegio Fray de Cisneros, escuela particular en donde la metodología fue implementada por Rocío Legorreta Linares (Legorreta R., 2009; Ramírez S. 2009).

Con estas medidas preventivas y correctivas se pretende conseguir un ambiente seguro y saludable, dentro del laboratorio, así como en cualquier otro centro de trabajo, facilitando de esta manera todas las condiciones necesarias para realizar las actividades requeridas con mayor confianza y menor posibilidad de riesgo de accidentes (Zarco, 1995).

Un *accidente químico* se puede definir como la ocurrencia de un evento mayor ya sea fuga, derrame, incendio o explosión de una o más sustancias químicas peligrosas, como resultado de una situación fuera de control dentro de las actividades normales de almacenamiento, procesamiento o transferencia, que ocasionan un daño serio a las personas, el ambiente o las instalaciones de manera inmediata o a largo plazo (CENAPRED, 2012).

Los *materiales peligrosos* se definen como, elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos, con características físicas, químicas o biológicas intrínsecas que representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, irritables, explosivas, tóxicas, inflamables o biológicas infecciosas (LGEEPA, 1988, NOM-030-STPS-2009).

En algunas ocasiones las instituciones de docencia destinadas también a la investigación no siempre cumplen con las especificaciones adecuadas para tener un control dentro de los laboratorios de trabajo, sin embargo, el personal docente y alumnos realizan sus actividades correspondientes a su aprendizaje e investigación sin información adecuada, completa o actualizada para el manejo de diferentes sustancias químicas.

En los laboratorios tanto de docencia como de institutos de investigación se cuenta con organizaciones encargadas de elaboración y revisión de los reglamentos internos de seguridad e higiene que se basan en la normativa correspondiente, para la prevención de daños a la salud, al medio ambiente y a bienes materiales que puede ser ocasionada por el constante contacto con diversas sustancias químicas (ver Anexo 2), sin embargo, no siempre se cumple dicho reglamento por el personal, ni alumnos, quienes mayormente están expuestos a los riesgos que pueden ser causados por accidentes debido al mal uso y manejo de las sustancias peligrosas.

1.1 Planteamiento del Problema

A pesar de la legislación Mexicana y de la normativa en el país, existe información deficiente sobre los riesgos que representan los materiales y sustancias peligrosas dentro de los lugares de trabajo. En muchas de las ocasiones este tipo de información no se presenta al personal y/o usuarios, como son trabajadores, estudiantes, investigadores y docentes, generando riesgos potenciales a los mismos.

En institutos de investigación y de docencia, no siempre se tiene una buena distribución de los sitios destinados para cada tipo de sustancias químicas de acuerdo a sus propiedades que las pueden hacer corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables, sin embargo, estas propiedades dependen de la forma en que se manejen, por lo tanto el riesgo puede ser prevenido o reducido.

1.2 Objetivo General

Llevar a cabo la aplicación de una metodología preventiva para un correcto almacenamiento de sustancias peligrosas en los laboratorios de investigación en Ciudad Universitaria.

1.2.1 Objetivos Particulares

- Realizar el diagnóstico del estado en que se encuentra el almacén utilizando una auditoría ambiental.

- Crear una base de datos con las características físicas y químicas además de las especificaciones de manejo y almacenamiento de cada una de las sustancias existentes considerando las hojas de datos de seguridad.
- Organizar las sustancias químicas en el almacén, de acuerdo a la metodología establecida.
- Informar a los usuarios de los riesgos y de las medidas preventivas de las sustancias peligrosas almacenadas, mediante conferencias.

1.3 Justificación del Problema

En algunos laboratorios de investigación y docencia se requiere del manejo constante de sustancias peligrosas para un fin educativo y de aprendizaje, sin embargo, este tipo de sustancias ponen en riesgo la salud de quienes las manipulan, y pueden provocar efectos nocivos en el medio ambiente si no se tiene un buen control y disposición de ellas.

El constante manejo de materiales peligroso es indispensable en este tipo de instituciones, por lo que se debe conocer sobre los riesgos de dichas sustancias, aunque, en algunas ocasiones no se cuenta con la suficiente información, ya sea porque no se encuentra a la vista o a disposición de todos.

Es conveniente aplicar una metodología dentro de los laboratorios de investigación y aprendizaje para que se trabaje en condiciones óptimas de seguridad, para evitar algún tipo de accidente por reacciones químicas no esperadas, derrames o algún tipo de confusión de sustancias peligrosas.

1.4 Alcances

Se aplicará una metodología en dos laboratorios pertenecientes al Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM), UNAM en Ciudad Universidad, que ha sido elaborada en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, e implementada en la industria y en laboratorios de docencia.

La metodología se aplicará a sustancias debidamente identificadas, no a residuos desconocidos.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES

2.1 Riesgo de Accidentes Químicos

El riesgo de accidentes químicos se ha incrementado debido a que se emplean una variedad de sustancias químicas para la elaboración de diferentes productos para uso doméstico, agrícola e industrial. Estas actividades involucran también, el almacenamiento y transporte de sustancias y materiales peligrosos, por lo que es importante, se realicen de manera segura, ya que es indispensable conocer las propiedades y características de dichas sustancias y materiales, para prevenir y en su caso, mitigar el impacto de accidentes que puedan afectar a las personas, sus propiedades y al ambiente dependiendo de la magnitud de la pérdida o del daño (SINAPROC/CENAPRED, 2006).

El *riesgo* según la PROY-NOM-028-STPS-2012 se define como la probabilidad de que el manejo de una o varias sustancias químicas peligrosas provoquen la ocurrencia de un accidente mayor y, por consiguiente, las consecuencias de éste. Por lo tanto, *peligro* también se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado (CENAPRED, 2006).

Los tipos de riesgos químicos se pueden presentar en instalaciones industriales, transporte y almacenes de las sustancias peligrosas, provocando eventos como fuga, incendio, explosión o derrame del material, además de causar daños a la salud dependiendo del tiempo de exposición. Una *sustancia peligrosa* se define como, elementos y compuestos químicos que por sus propiedades físicas y químicas, al ser transportadas, almacenadas, manejadas o procesadas, presentan algún riesgo para la salud, el medio ambiente y daños materiales (CENAPRED, 2001; NOM-018-STPS-2000).

Dentro del sitio de trabajo se pueden presentar riesgos de tipo convencional, específicos, potenciales, intrínsecos y de instalación, generando accidentes por uso y manejo de sustancias peligrosas como, derrame, fuga, incendio, explosión, almacenamiento y transporte. Este tipo de accidentes químicos están relacionados con diferentes factores que van desde la cantidad de sustancia liberada, la distribución de las instalaciones con las comunidades cercanas,

condiciones climatológicas, el equipo de control y seguridad personal, las condiciones de las instalaciones, la capacitación del personal, así como su particular relación con la sustancia química involucrada, debido a sus propiedades y características químicas y físicas (CENAPRED, 2001).

Las consecuencias de un evento con sustancias químicas generalmente incluyen la liberación de líquidos inflamables y/o tóxicos y explosiones. La liberación de líquidos o gases tóxicos, inflamables o explosivos tienen el potencial de causar una o más de las siguientes consecuencias (CENAPRED, 2012):

- Formación de nubes de vapor tóxico o inflamable
- Fuego
- Explosión

Por lo anterior un *accidente químico* es un suceso descontrolado proveniente de una actividad química por la mala manipulación de las sustancias químicas altamente riesgosa, que tiene el potencial de causar daños a las personas y/o al ambiente. Se puede clasificar de acuerdo a sus consecuencias como (Cortinas, 1994):

- *Accidente mayor*: es cualquier suceso como emisión, fuga o vertido, consecuencia del desarrollo incontrolado de una actividad industrial, que supone una situación de grave peligro, riesgo o calamidad inmediata o diferida, para las personas en el interior de las instalaciones, y en el que están involucradas una o varias sustancias químicas peligrosas.
- *Catástrofe química*: es aquella situación en la que el accidente desborda las necesidades y los recursos económicos disponibles, afectado las instalaciones tanto interior como exteriormente, así como a las personas y al medio ambiente. Se caracteriza por ser inesperada, por la gran magnitud de los efectos producidos (a los propiamente químicos se suman los mecánicos y térmicos por explosión), y por sus consecuencias.

La gravedad de los accidentes químicos puede tener repercusiones al ambiente y a la salud a largo plazo, así como en las zonas cercanas al evento.

2.1.1 Accidentes Químicos a Nivel Mundial

Los riesgos para la ocurrencia de accidentes químicos se han presentado en todo el mundo, manifestándose por diferentes causas, como son, las deficiencias en instalaciones industriales y el transporte de sustancias peligrosas que ocasionan fugas y explosiones; el mal uso y manejo de sustancias químicas, la mala disposición de residuos peligrosos, el personal poco capacitado, los errores humanos, y en ocasiones los factores climáticos también juegan un papel importante. Las principales sustancias involucradas en este tipo de catástrofes tienen su origen en sustancias derivadas del petróleo, el amoníaco, el cloro, los solventes y los explosivos (CENAPRED, 2001).

Las zonas cercanas a la producción a nivel industrial y el transporte de sustancias peligrosas que tienen lugar en carreteras, se consideran zonas de alto riesgo debido a la producción y manejo de sustancias químicas (CENAPRED, 2001).

Los principales accidentes generados por sustancias químicas, son la liberación de materiales tóxicos, el desarrollo de incendios y explosiones, modificando así las condiciones de vida de las personas expuestas a estos daños y trayendo consigo cambios y deterioro al medio ambiente. A nivel mundial se han presentado accidentes químicos con mayor impacto en la sociedad, debido a los daños inmediatos y a largo plazo que han ocasionado, por lo que a continuación se enlistan en la tabla 2.1, una serie de datos registrados de casos de accidentes catastróficos ocurridos en el mundo (CENAPRED, 2001).

Tabla 2.1 Accidentes químicos que involucran sustancias peligrosas registradas por distintos tipos de riesgo y de impacto histórico para la elaboración de la legislación en materia de salud y medio ambiente.

Año	Lugar	Tipo de incidente	Sustancia responsable	Muertos	Heridos	Evacuados
1970	Japón, Osaka	Explosión (subterráneo)	Gas	79	425	
1971	Canal de la Mancha	Choque de barcos	Petroquímicos	29		
1972	Brasil, Duque de Caxias	Falla de proceso	Gas LP	39	51	
1973	Indonesia, Jakarta	Explosión, incendio	Fuegos artificiales	52	24	>10
1974	*Flixborough, Reino Unido	Explosión	Ciclohexano	28	104	3000
1975	EUA, Markus Hook	Trasbordo	Aceite crudo, fenol	26	35	
1976	*Seveso, Italia	Fuga	TCDD Dioxina	-	>200	730
1977	EUA, Rockwood	Fuga (Transporte carretero)	Bromuro de hidrógeno	1	30	>10 000
1978	*España, San Carlos	Fuga (Transporte Carretero)	Propileno	216	200	
1979	Novosibirsk, Federación de Rusia	Explosión (Trasporte marítimo)	No caracterizada	300		
1980	Turquía, Danaciobasi	Fuga, incendio	Butano	107		
1981	México, Montañas, SLP.	Fuga (Trasporte ferroviario)	Cloro	28	1 000	5 000
1982	Venezuela, Tocoa	Explosión (tanque)	Aceite combustible	153	500	40 000
1983	Egipto, Río Nilo	Explosión (Trasporte fluvial)	Gas LP	317	44	
1984	*Brasil, Cubatao	Explosión (tubería)	Gasolina	89		2 500
	*México, San J. Ixhuatepec	Explosión (almacenamiento)	Gas LP	>500	4248	>200 000
	*India, Bhopal	Fuga	Metil isocianato	2 800	50 000	200 000
1985	India, Tamil Nadu	Fuga (trasporte)	Gasolina	60		
1986	URSS, Chernobyl	Explosión (reactor)	Nuclear	31	299	135 000
1987	España, La Coruña	Incendio en el mar	Sodio	23		20 000
1988	G. B. Mar del N.	Explosión, incendio (Plataforma)	Aceite, gas	167		
1989	URSS, Acha Ufa	Explosión (tubería)	Gas	575	623	

<i>Continuación</i>						
Año	Lugar	Tipo de incidente	Sustancia responsable	Muertos	Heridos	Evacuados
1990	India, cerca de Patna	Fuga (transporte)	Gas	100	100	
1991	Italia, Livorno	Fuga (Transporte)	Gas nafta	141		
1992	*México, Guadalajara	Explosión (alcantarillado)	Hidrocarburos	>206	>1 500	6 500
1993	Colombia, Remedios	Fuga	Aceite crudo	430		
1994	Egipto, Drowka, Durunka	Derrame	Aceite	>200		
1995	Corea, Taegu	Fuga (construcción en transporte subterráneo)	Gas LP	101	140	>10 000
1996	China, Piya	Explosión (fábrica)	Fuegos artificiales	36	52	
1997	India, Wishakhaptnam	Fuego (refinería)	Hidrocarburos	34	31	150 000
1998	Camerún, Yaoundi	Fuga (Trasporte)	Productos del petróleo	220	130	
1999	México, Celaya	Explosión	Fuegos artificiales	59	300	
2000	Kinshasa, República Democrática del Congo	Explosión (Almacén)	Municiones	109	216	
2001	Francia, Toulouse	Explosión	Nitrato de amonio	30	>2 500	
2002	Lagos, Nigeria Depósito de	Explosión (Almacén)	Municiones	100		
2003	China, Gaoqiao	Fuga (Pozo de gas)	Sulfuro de hidrógeno	240	9 000	64 000
2004	China, Pubei, región de Guangxi	Explosión	Fuegos artificiales	34	55	
2005	EUA. Graniteville	Fuga (trasporte ferroviario)	Cloro	9	250	5 400
2006	Côte d'Ivoire, Abidján	Residuos tóxicos	Sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, hidróxido sódico	10	>100 000	
2007	China, Putian, provincia de Fujian	Incendio	No caracterizado	37	19	
2008	República de Corea, Icheon	Incendio (Almacén)	No caracterizado	40	10	

Fuente: CENAPRED, 2001; OMS, 2007; Universidad Católica de Louvain, Bélgica, 2009.

*Accidentes mundiales con importancia histórica para crear las bases para la legislación y normatividad para la seguridad industrial en accidentes mayores.

2.1.2 Accidentes Químicos en México

Las zonas o parques industriales en México se encuentran distribuidas en toda la extensión del país como se muestra en la figura 2.1, aunque existen sitios donde su número es mayor, como sucede con la zona centro (Estado de México, Querétaro, Puebla, Ciudad de México, Guanajuato), zona norte (Baja California Norte, Chihuahua, Nuevo León) y zona sureste (Oaxaca, Veracruz, Tabasco) o en sitios aislados, así solicitados por las industrias considerando el riesgo de las sustancias que manejan (CENAPRED, 2001).

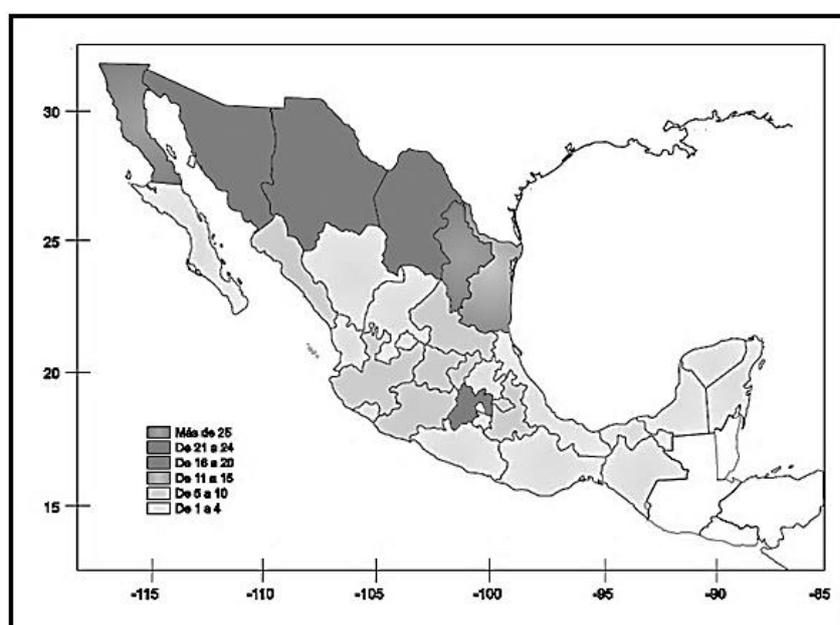


Figura 2.1. Distribución de zonas industriales en la República Mexicana
Fuente: CENAPRED, 2001.

Para la localización de las industrias se consideran factores como, mayor disposición de la mano de obra, condiciones climatológicas, topográficas y climáticas, centros de atención y servicio de salud cercanos, y vías de comunicación disponibles para el transporte tanto de materia prima como del producto final, para la exportación e importación (CENAPRED, 2001).

La mayor concentración de zonas industriales se localiza al norte y al centro del país, sin embargo, a pesar de las dimensiones geográficas que tiene esta primera zona, no es la que presenta mayor riesgo de accidentes, ya que se debe tomar en cuenta la naturaleza de las empresas, el tipo de sustancias químicas que manejan así como sus volúmenes y el tipo de proceso químico involucrado, entre otros factores como, el número de residentes, rutas de

transporte público y sitios comerciales que se encuentran en torno a las zonas industriales. La ubicación sirve para identificar aquellos sitios que implican un riesgo considerable, pero que permiten la planeación de medidas de prevención o de atención a emergencias, en caso de que éstas se lleguen a presentar; en la tabla 2.2 se presenta información de los lugares en donde han ocurrido este tipo de eventos así como la clasificación del tipo de accidente en que se han presentado (CENAPRED, 2001).

En México los principales accidentes que se han registrado se deben a fallas y fugas en la industria petroquímica, estaciones de servicio de combustible, transporte de sustancias químicas y de gas LP, este tipo de accidentes son generados a partir de accidentes por fuentes móviles que se atribuyen a los accidentes en carretera donde se involucran sustancias químicas, siendo los más comunes, los de choques, colisión y las fallas mecánicas. Los accidentes por fuentes fijas abarcan eventos en instalaciones, estaciones de servicio y tuberías (CENAPRED, 2001).

Tabla 2.2 Accidentes que involucran sustancias químicas y sus derivados en diferentes tipos de riesgo en México.

Año	Lugar	Tipo de incidente	Sustancia responsable
1972	Chihuahua	Explosión (transporte ferroviario)	Butano
1976	Cuernavaca	Fuga	Amoniaco
1977	Puebla	Fuga	Cloruro de vinilo
1978	S. Magallanes	Explosión (tubería)	Gas
1979	Golfo	Explosión (plataforma)	Aceite
1981	Montañas, SLP	Fuga (Transporte ferroviario)	Cloro
1984	San J. Ixhuatepec	Explosión (almacenamiento)	Gas LP
1984	Matamoros	Transporte	Amoniaco
1986	Cárdenas	Fuga (tubería)	Gas
1987	Minatitlán	Falla en el proceso	Acrilonitrilo
1988	Chihuahua	Explosión (almacenamiento)	Aceite
	Monterrey	Explosión	Gasolina
	Cd. de México	Explosión	Fuegos artificiales
1991	Coatzacoalcos	Explosión (petroquímica)	Cloro
	Córdoba	Explosión	Paratión
	Cd. de México	Fuga (Transporte)	Ácido clorhídrico
	San Luis Potosí	Fuga	Butano
1992	Guadalajara	Explosión (alcantarillado)	Hidrocarburos
1996	Cd. de México	Explosión (planta química)	Mercaptanos
1999	Celaya	Explosión	Fuegos artificiales

Fuente: CENAPRED, 2001; Universidad Católica de Louvain, Bélgica, 2009.

En la República Mexicana se reporta que son 14 sustancias químicas que representan mayor peligro en México de acuerdo a sus características como, volumen de almacenamiento, usos, peligrosidad y presencia y/o producción en varias entidades federativas, como se muestra en la tabla 2.3 (SINAPROC/CENAPRED, 2006).

Tabla 2.3 Sustancias peligrosas involucradas en algún tipo accidente químico, por su distribución y producción en la República Mexicana.

Sustancias peligrosas
Acetato de etilo
Acetona
Ácido fluorhídrico
Ácido sulfúrico
Alcohol metílico
Alcohol propílico e isopropílico
Amoniaco
Cloro
Gas LP
Gasolina
Hexano
Nitrógeno
Óxido de etileno
Propano

Fuente: SINAPROC/CENAPRED, 2006.

Ante esta problemática, en México se crea una política ambiental a partir de los años cuarenta con la promulgación de la Ley de Conservación de Suelo y Agua. Décadas más tarde se promulgó la Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental. Sin embargo, fue hasta el año 1971 que se dio la primera respuesta directa de organización administrativa del gobierno federal para enfrentar los problemas ambientales del desarrollo desde un enfoque meramente sanitario, para dar paso así a una gestión ambiental de las actividades riesgosas a partir del año de 1983 (INE/SEMARNAP, 1999).

Con la afectación tanto al ambiente como a la salud de los trabajadores, se otorgó mayor relevancia a las prácticas industriales, principalmente aquellas en las que se veía involucrado el manejo de sustancias peligrosas. En la siguiente tabla se muestra la evolución del país en cuanto a la gestión ambiental.

Tabla 2.4. Reseña histórica de la gestión ambiental de las actividades riesgosas y prevención de accidentes de alto riesgo.

Año	Suceso
1982	-Publicación en el DOF de la Ley Federal de Protección al Ambiente.
1983	- Creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). - Primer Procedimiento de Impacto Ambiental de la Ley Federal de Protección al Ambiente en el que se incluye el concepto de estudio de riesgo.
1984	- Explosión de gas en San Juan Ixhuatepec
1986	- Creación de la Subdirección de Riesgo de la SEDUE - Desarrollo del Procedimiento para Evaluar Proyectos de Instalaciones que Manejen Sustancias Peligrosas.
1988	- Publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). - Publicación del Reglamento en Materia de Impacto Ambiental que prevé la realización de Estudios de Riesgo y la elaboración de Programas para la Prevención de Accidentes - Creación del Comité de Actividades Altamente Riesgosas
1989	- Creación del Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPP).
1990	- Publicación del Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas (por manejo de sustancias tóxicas).
1992	- Creación del Instituto Nacional de Ecología (INE) en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). - Creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). - Introducción de las Auditorías Ambientales - Explosión del drenaje en la ciudad de Guadalajara - Establecimiento del Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Ambiental (PRONAPAARA). - Creación de los Comités Ciudadanos de Información y Apoyo para Casos de Prevención y Atención de Riesgos Ambientales.
1993	- Publicación del Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (por manejo de sustancias explosivas e inflamables).
1994	- Creación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)
1996	- Publicación de la nueva Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
2000	- Creación de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
2010	- Reglamento de la LGEEPA en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales

Fuente: SEMARNAT, 2010; FAO, 2002; INE/SEMARNAP, 1999.

CAPÍTULO III

RIESGO POR SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL LABORATORIO

3.1 Las Sustancias Químicas en Laboratorios de Docencia e Investigación

Una *sustancia química* se puede definir como cualquier elemento químico en su estado natural y sus compuestos obtenidos mediante cualquier proceso de producción, su carácter de peligrosidad lo adquieren cuando se encuentran en contacto con alguna otra sustancia de propiedades físicas y químicas incompatibles entre sí (Patiño, 2008).

Los laboratorios tanto de docencia como de investigación, son lugares en donde se desarrollan procedimientos experimentales para confirmar y aplicar los conocimientos adquiridos; durante la realización de prácticas experimentales se corre el riesgo de sufrir algún accidente debido al uso y manipulación de ciertas sustancias químicas que predominan en los laboratorios, debido a las características químicas que poseen para su uso en diversas reacciones o para usos de desinfección y limpieza, por lo que en la tabla 3.1 se muestran algunas de ellas (Patiño, 2008).

Tabla 3.1 Sustancias mayormente usadas en laboratorio docentes y de investigación

Sustancia química	
Acetato de etilo	Éter etílico
Acetileno	Gas de argón
Acetona	Gas de nitrógeno
Ácido acético	Gas de oxígeno
Ácido clorhídrico	Hexano
Ácido nítrico	Hidrógeno
Acido oxálico	Hidróxido de amonio
Ácido sulfúrico	Hidróxido de potasio
Alcohol etílico	Hidróxido de sodio
Alcohol metílico	Hipoclorito de sodio
Alcohol propílico e isopropílico	Litio
Amoniaco	Mercurio
Benceno	Permanganato de potasio
Bromo	Plomo
Cianuros	Potasio
Cloroformo	Propano
Cloruro de sodio	Sodio
Dicromato de potasio	Sulfuro de hidrogeno
Tolueno	

Fuente: SINAPROC/CENAPRED, 2006; Patiño, 2008; UNAM, Facultad de Química, 2008.

Es importante señalar que a pesar del uso de este tipo de sustancias químicas en las distintas Facultades y centros de investigación dentro de Ciudad Universitaria, no se ha registrado algún tipo de accidente químico de ninguna magnitud, así lo afirma el departamento de Protección Civil de la UNAM.

3.2 Clasificación y Características de las Sustancias Químicas

De acuerdo a la NOM-010-SCT2/2009, la incompatibilidad de materiales, sustancias o residuos peligrosos, se define como, reacciones violentas y negativas para el equilibrio ecológico y para el ambiente, que se producen con motivo de la mezcla de dos o más residuos o sustancias peligrosas. Se deben remover las sustancias peligrosas de las partes contaminantes, por algún medio mecánico o químico por vía húmeda o seca, que no provoque daño a la salud o a los ecosistemas.

Tanto a nivel industrial como en los laboratorios de docencia e investigación las sustancias química se someten a transformaciones mediante reacciones químicas, donde existen factores químicos y físicos como, energía de activación, enlaces químicos, temperatura, presión, energía de reacción liberada y/o presencia de oxígeno, golpes y rozaduras, que pueden afectar a dichas reacciones, por lo que en algunos casos se pueden generar reacciones secundarias no previstas (ITACA, 2007).

En su mayoría las sustancias químicas no muestran ningún tipo de peligrosidad en las condiciones normales de uso, sin embargo, se les atribuye la nominación de peligroso, debido a factores externos a los mismos por la manipulación insegura con la que son tratados, ya sea por fallos en instalaciones o equipos, por la mala organización o por un comportamiento humano inadecuado (ITACA, 2007). En la manipulación de las sustancias químicas se debe tener en cuenta sus propiedades físicas y químicas intrínsecas, que les asigna características nocivas para la salud de los trabajadores por su irritabilidad, toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosividad y/o reactividad, tales características se definen en la tabla 3.2 (NOM-030-STPS-2009).

Tabla 3.2 Características de las sustancias químicas peligrosas según sus propiedades físicas y químicas.

Tipo de peligro	Definición
<i>Inflamabilidad</i>	Es la medida de la facilidad con que cualquier gas, líquido o sólido se enciende, y de la rapidez con que se queman cuando se expone a una fuente de ignición.
<i>Corrosividad</i>	Es el daño ocasionado por inhalación, de algunas sustancias químicas que provocan quemaduras, incluso en tiempos cortos de contacto, destruyendo total o parcialmente los tejidos vivos y material inorgánico que tienen contacto directo con ellas
<i>Irritabilidad</i>	Las sustancias irritables son aquellas que al entrar en contacto con el organismo por inhalación, ingestión o vía dérmica que puede provocar inflamación, enrojecimiento o dolor de los tejidos que están en contacto con ellas, sin que sean consideradas tóxicas.
<i>Reactividad</i>	Es la capacidad de las sustancias para por sí mismas reaccionar violentamente con desprendimientos notorios de calor, provocan descomposición explosiva o producen un rápido y violento cambio químico.
<i>Toxicidad</i>	Es la capacidad que tiene una sustancia, que generalmente en dosis pequeñas produce daños en los tejidos vivos a través de cualquier vía de entrada al organismo, y provoca enfermedades graves o en casos extremos la muerte.
<i>Explosividad</i>	Capacidad de las sustancias químicas que provocan una liberación instantánea de presión, gas y calor, ocasionado por un choque repentino, presión o alta temperatura.

Fuente: CENAPRED, 2006; ITACA, 2007; Meyer, 2009.

Las sustancias peligrosas así como mezclas de ellos pueden originar riesgos a la salud debido a su manipulación o sistema de almacenamiento, por lo que, algunas las sustancias peligrosas son segregadas de acuerdo a su compatibilidad, asignándoles una clase de riesgo debido a sus propiedades intrínsecas ver la tabla 3.3, de esta manera las mezclas entre diferentes materiales y sustancias peligrosas pueden incrementar su carácter de peligrosidad.

Tabla 3.3 Clase de riesgo de las sustancias químicas peligrosas.

Clase 1: Explosivos	División 1.1	Explosivos con un peligro de explosión en masa
	División 1.2	Explosivos con un riesgo de proyección
	División 1.3	Explosivos con riesgo de fuego predominante
	División 1.4	Explosivos con un riesgo de explosión no significativo
	División 1.5	Explosivos muy inestables; explosivos con peligro de explosión en masa
	División 1.6	Artículos extremadamente insensibles
Clase 2: Gases	División 2.1	Gases inflamables
	División 2.2	Gases no inflamables, no tóxicos
	División 2.3	Gases tóxicos
Clase 3: Líquidos Inflamables	-----	-----
Clase 4 Sólidos inflamables	División 4.1	Sólidos inflamables
	División 4.2	Materiales espontáneamente combustibles
	División 4.3	Sustancias reactivas con el agua/Materiales peligrosos cuando se humedecen
Clase 5: Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos	División 5.1	Sustancias oxidantes
	División 5.2	Peróxidos orgánicos
Clase 6: Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas	División 6.1	Sustancias tóxicas
	División 6.2	Sustancias infecciosas
Clase 7: Materiales radioactivos	-----	-----
Clase 8: Sustancias corrosivas	-----	-----
Clase 9: Materiales, sustancias y productos peligrosos misceláneos	-----	-----

Fuente: NOM-010-SCT/2-2009; Guía de Respuesta en Caso de Emergencia, 2012.

3.2.1 Inestabilidad y Reactividad de las Sustancias Químicas

Aunado a las características antes mencionadas que le confieren el carácter de riesgo y peligrosidad a las sustancias químicas, también se hallan de gran importancia la inestabilidad y reactividad de las mismas, desde el punto de vista de su uso y almacenamiento en los laboratorios, ya que tiene que ver con la facilidad para reaccionar con otras sustancias y provocar explosiones o producir un cambio violento, además de que intervienen factores externos, como la manipulación de las sustancias química (ITACA, 2007).

Existen tipos de sustancias con características similares que tienen efectos nocivos en la salud y en el medio ambiente debido a su inestabilidad y reactividad cuando se encuentran en contacto

con otras sustancias o con factores presentes en el medio ambiente, por lo que estas sustancias presentan algunas de las siguientes características que dan lugar a reacciones inesperadas (ITACA, 2007) (Anexo 1):

- *Sustancias que reaccionan violentamente con el agua y con el aire.* Este tipo de sustancias al estar en contacto con el agua generan reacciones violentas, ya sea por aumento en la temperatura o por el desprendimiento de gases o vapores inflamables o tóxicos. El otro factor importante para el riesgo de accidentes en el laboratorio, es la presencia de oxígeno en el aire que en un determinado tiempo al entrar en contacto con alguna sustancia puede inflamarse espontáneamente, también puede influir la humedad presente en el ambiente. Tabla A.1.1.
- *Incompatibilidad.* Es una característica de gran importancia que se debe tomar en cuenta, principalmente para el almacenamiento de las sustancias químicas, pues las mezclas de estas sustancias con elevada afinidad, pueden provocar reacciones violentas por calentamiento, emisión de gases inflamables o tóxicos. Dentro de esta característica se incluyen las reacciones peligrosas entre ácidos o con otras sustancias, pues en muchos casos se usan ácidos para reducir el pH de un medio o simplemente para la limpieza, por lo que se debe conocer la incompatibilidad entre los componentes del medio y del ácido. Tabla A.1.2 y A1.3.
- *Formación de peróxidos.* Las sustancias más susceptibles a este tipo de evolución, son compuestos orgánicos que en presencia de luz y oxígeno atmosférico pueden transformarse en peróxidos, que en ciertos casos pueden explotar violentamente. Se deben mantener lejos de la luz, calor y fuentes de ignición. Tabla A.1.4 y Tabla A.1.5.
- *Polimerización.* Esta característica tienen lugar por la reacción química en la que dos o más monómeros se combinan para formar moléculas más grandes por calentamiento, exposición a la luz, impurezas ácidas o metálicas, choques, que provocan explosión o roturas de los frascos contenedores. Algunos ejemplos de este tipo de sustancias fácilmente polimerizables son: acetato de vinilo, acroleína, acrilonitrilo, 1,3-butadieno, óxido de etileno, estireno.

- *Descomposición.* Algunas sustancias que han sido almacenadas por largos periodos de tiempo sin ser usadas, tienen la posibilidad de descomponerse, y pueden provocar explosiones con solo el choque, calentamiento o desplazamiento, por lo que se debe proceder con precaución en el momento de manipular los recipientes que los contienen. Ejemplo de este tipo de compuestos que presentan esta característica son: amiduro alcalinos, algunas sales de diazonio, cloruro de aluminio.

3.3 Manejo y Almacenamiento de Sustancias Peligrosas en el Laboratorio

La manipulación de sustancias peligrosas en los laboratorios químicos de investigación, docencia e industriales es imprescindible, debido a sus múltiples aplicaciones. Por esta razón, se debe trabajar con suficiente cautela para evitar accidentes de cualquier índole, puesto que las sustancias químicas representan un peligro latente desde su manipulación hasta la forma de almacenaje.

Debido a la peligrosidad en el manejo con los productos químicos, se han adoptado una serie de precauciones básicas para el almacenamiento y manejo de los mismos para prevenir situaciones de riesgo. Para el almacenamiento se debe considerar principalmente la compatibilidad entre las sustancias químicas, es decir, que dos sustancias puedan estar cercanas sin que ocurra algún tipo de reacción química que genere accidentes, y de esta manera se pueda llevar a cabo la selección y separación (SINAPROC/CENAPRED, 2006).

En el almacenamiento de las sustancias químicas peligrosas se debe contar con zonas específicas y exclusivas para resguardar el conjunto de recipientes contenedores de dichas sustancias con sus debidas especificaciones. Las características de los recipientes como, tamaño, diseño, material y forma dependen de la sustancia y la cantidad a almacenar. En las áreas del centro de trabajo donde se manejen, transporten o almacenen estas sustancias, las paredes, pisos, techos, instalaciones y cimentaciones deben ser de materiales resistentes al fuego (SINAPROC/CENAPRED, 2006; NOM-005-STPS-1998; Zarco, 1995).

Algunas de las medidas importantes que se deben tomar en cuenta para el área destinada al almacenamiento de estos productos son las siguientes (Márquez, 2012; SINAPROC/CENAPRED, 2006; Zarco, 1995)

- La ventilación e iluminación deben ser adecuadas.
- El tamaño del almacén debe ser en función del volumen de los reactivos, material y equipo que se maneje.
- Debe existir espacio suficiente para permitir las condiciones de trabajo, de movimientos y manejo seguro de los materiales peligrosos, así como espacio pertinente para el almacenamiento de las sustancias químicas debidamente clasificadas e identificadas de acuerdo a su compatibilidad y segregación como lo establecen las normas:
 - NOM-010-SCT2/2009, “Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos”.
 - NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- Todos los recipientes deberán estar perfectamente etiquetados de acuerdo a la SGA, para un mejor y correcto almacenamiento.
- El etiquetado de las sustancias químicas debe ser legible, se recomienda anotar la fecha en que se recibió, en la que se abrió el recipiente y si han sido trasvasadas, es necesario que se etiqueten con la información del recipiente original.
- Los espacios de almacenamiento de sustancias químicas deben estar en lugares frescos, lejos de cualquier fuente de calor excesivo o ignición. Deben mantenerse limpias y secas, con ventilación adecuada que evite acumulación de vapores.
- Se deben resguardar las sustancias químicas peligrosas bajo llave. Cada llave debe estar claramente identificada, y no deben ser de fácil acceso al público que no esté autorizado.
- Las áreas destinadas al almacenamiento deben estar correctamente señalizadas con las advertencias (tóxico, corrosivo, inflamable,...), obligaciones (utilización de equipos de protección personal) y prohibiciones (acceso restringido, no fumar,...) correspondientes (NOM-026-STPS-2008).
- Dentro del área de almacenamiento se debe contar con una base de datos de las sustancias químicas almacenadas con sus correspondientes Hoja o Ficha de Seguridad (MSDS

o HDS), con normas básicas de seguridad, botiquín de primeros auxilios (el tipo de botiquín será de acuerdo al tipo de actividad que se vaya a desarrollar o al sitio en el que se encuentra) y teléfonos de emergencia.

- Deben hacerse revisiones periódicas para asegurarse de que los envases estén en buenas condiciones, que no presenten fugas o derrames.

El manejo de sustancias peligrosas se debe llevar a cabo bajo condiciones de precaución que promuevan el cuidado de la salud de los trabajadores o el personal directamente relacionado con el uso de estos productos, cuales quiera que sea su clasificación. En la NOM-005-STPS-1998, “Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas”, se establece una serie de indicaciones para la protección personal dentro de los lugares de trabajo.

Para un correcto manejo de las sustancias químicas peligrosas dentro de los laboratorios es muy importante conocer la información de los reactivos y equipos que se manejarán, minimizando así la posibilidad de tener un accidente, por lo que se recomienda lo siguiente (Márquez, 2012; Patiño, 2008):

- Obtener la mayor información relacionada con los reactivos que se manejarán. Hacer uso de las HDS.
- No oler directamente los reactivos, sino que sus vapores deben abanicarse con la mano hacia la nariz.
- No probar los reactivos.
- No tocar los reactivos directamente.
- No usar grandes cantidades de reactivos, solo lo necesario.
- Los recipientes con sustancias químicas peligrosas deben permanecer cerrados mientras no estén en uso.
- No tirar o arrojar sustancias químicas al desagüe.
- Para reacciones con desprendimiento de gases o ácidos que se evaporen rápidamente, se debe trabajar en la campana de extracción.
- No ingerir alimentos ni bebidas dentro de la zona de reactivos.

CAPITULO IV

MARCO LEGISLATIVO

4.1 .Legislación y Reglamentación Mexicana

En el presente capítulo se hace referencia al control, organización y planificación contra los accidentes químicos, que causan daños directos e inmediatos y que en algunos casos estos pueden llegar a tener efectos a largo plazo; debido a esta problemática se crea un marco legislativo, que plantea responsabilidades y establece requisitos para los individuos y las entidades (García, 2007).

El planeamiento adecuado para contrarrestar esta problemática, se lleva a cabo, mediante la valoración de la calidad del entorno usando la normatividad y legislación correspondiente, y la manera en que los organismos encargados la hacen cumplir. La legislación surge por las inquietudes originadas debido a los accidentes químicos derivados de los procesos industriales y a la problemática asociada con el manejo y disposición de materiales, sustancias y residuos peligrosos, por lo que su principal objetivo es salvaguardar la salud de la sociedad y los daños al medioambiente (Cruz, 2001; Harrison, 2003).

En México, actualmente las instituciones encargadas de promover la seguridad, regulación y control del manejo de los materiales, sustancias y residuos peligrosos en las actividades altamente riesgosas, son: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de sus dos entidades desconcentradas como son el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), y en materia de salud se encargan la Secretaría de Salud (SSA), Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) (García, 2007).

La legislación ambiental en México tiene su origen en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, de donde se desprenden leyes, reglamentos y normas, de esta manera surge legalmente el derecho ambiental y de la ocupación laboral como una rama autónoma que lo ubica dentro del derecho público. Los artículos que establecen estos derechos son:

Artículo 4°. Se menciona el derecho a toda persona a la protección de la salud. La ley protege y promueve el desarrollo de los pueblos en usos, costumbres y recursos y forma específicas de organización social, y garantiza a la población el efectivo acceso a la jurisdicción del Estado, señalando que el desequilibrio del ecosistema no afecte a la población y en especial al individuo.

Artículo 25°. Incorpora el concepto de conservación de los recursos naturales, bajo criterios de equidad social y productiva, se apoyará e implementará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso en beneficio general de los recursos productivo, cuidando su conservación y el medio ambiente.

Artículo 27°. Incorpora que a la Nación le corresponde la conservación y el dominio de todos los recursos naturales, así como el de prestar atención a los centros de población para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

Artículo 73 fracción XXIX-G. Menciona el aspecto de expedición de las leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Artículo 123° fracciones XIII, XIV y XV. Establece que las empresas están obligadas a proporcionar a los trabajadores capacitación o adiestramiento para el trabajo, así como su responsabilidad en lo que se refiere a los accidentes y enfermedades laborales, que deberían ser prevenidos y atendidos. El dueño o patrón está obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza del giro, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, adoptando medidas que prevengan los accidentes.

La tabla 4.1 muestra el listado de las leyes que forman parte de la legislación mexicana, que hacen referencia a los aspectos relacionados con las actividades riesgosas, la prevención de los accidentes de alto riesgo ambiental que involucren sustancias peligrosas, y la atenuación de sus efectos sobre la población, sus bienes y el ambiente.

Tabla 4.1 Leyes Mexicanas vigentes

	Fecha de publicación (D.O.F)	Última modificación	Referencia
Ley de Aguas Nacionales	1° de diciembre, 1992	18 de abril, 2008	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley de Conservación del Suelo y Agua	6 de julio, 1946		http://www.iaconsma.com/iaconsma_sys/normatividad/1946.pdf
Ley de Pesca	25 de junio, 1992	08 de enero, 2001	http://www.tribunalesagrarios.gob.mx/images/stories/LegislacionAgraria/Leyes-pdfs/L14_Ley-Pesca.pdf
Ley Federal de Armas y Explosivos	11 de enero, 1972	23 de enero, 2004	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley Federal de Caza	5 de enero, 1952		http://www.iaconsma.com/iaconsma_sys/normatividad/1952.pdf
Ley Federal de Procedimiento Administrativo	4 de agosto, 1994	9 de abril, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley Federal de Sanidad Animal	25 de julio, 2007	07 de junio, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley Federal de Sanidad Vegetal	5 de enero, 1994	16 de noviembre, 2011	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley Federal del Mar	8 de enero, 1986		http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/Combo/L-129.pdf
Ley Federal del Trabajo	1 de abril, 1970	9 de abril, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley federal sobre Metrología y Normalización	1 de julio, 1992	09 de abril, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley Forestal	22 de diciembre, 1992	31 de diciembre, 2001	http://leyco.org/mex/fed/132.html
Ley General de Asentamientos Humanos	21 de julio, 1993	09 de abril, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley General de Bienes Nacionales	20 de mayo, 2004	16 de enero, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley General de Salud	7 de febrero, 1984	7 de junio, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	28 de enero, 1988	4 de junio, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos	8 de octubre, 2003	30 de mayo, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Ley Minera	26 de junio, 1992	26 de junio, 2006	http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/Combo/L-163.pdf
Ley Orgánica de la Administración Pública	29 de diciembre, 1976	14 de junio, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php

Puntualizando en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la ley de aguas Nacionales, la Ley General de salud y Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos, se derivan los siguientes reglamentos oficiales para reforzar y precisar las disposiciones que en ellas se establecen, como lo muestra la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Reglamentos oficiales emitidos por las leyes Mexicanas en materia salud y medioambiente.

	Fecha de publicación (D.O.F)	Última modificación	Referencia
Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	12 de enero, 1994	24 de mayo, 2011	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios	18 de enero, 1988	28 de diciembre, 2004	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales	29 de abril, 2010		http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de la Evaluación del Impacto Ambiental	30 de mayo, 2000	26 de abril, 2012	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.	25 de noviembre, 1988	03 de junio, 2004	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	30 de noviembre, 2006		http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo	21 de enero, 1997	28 de enero, 1997	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos	07 de abril, 1993	28 de noviembre, 2006	http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias	23 de enero de 1979		http://dof.gob.mx/ley-reg.php
Reglamento sanitario internacional	23 de mayo, 2005	2008	http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/sanidadExterior/RSI/Pdf/RSI_2005.pdf

4.2. Normativa Mexicana

Dentro de la legislación mexicana se cuenta con la elaboración y aplicación de las llamadas Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que son las regulaciones técnicas de observancia obligatoria, expedidas por las dependencias competentes. En las NOM se establecen requisitos, especificaciones, atributos, características, procedimientos y metodología aplicables a un proceso, instalación, actividad, servicio u operación para la protección ambiental, seguridad industrial y salud ocupacional que permiten a las distintas dependencias gubernamentales establecer parámetros evaluables y los límites máximos permisibles para prevenir algún tipo de riesgo y establecer las condiciones necesarias para mantener el bienestar de la población y el cuidado al medio ambiente, en la tabla 4.3 se enlistan algunas normas (Alcántara y Cruz, 2001, INE/SEMARNAP, 1994; García 2007).

Tabla 4.3 Normativa Mexicana vigente para la protección de medio ambiente, salud, seguridad e higiene. Diario Oficial de la Federación (DOF).

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)
De la Secretaría de Comunicaciones y Traspote
De la Secretaria de Energía
De la Secretaria de Salud
De Seguridad y Salud en el Trabajo
En Materia de Contaminación Atmosférica
En Materia de Contaminación Atmosférica-Monitoreo
En Materia de Descargas de Aguas Residuales
En Materia de Impacto Ambiental
En Materia de Residuos Peligrosos

4.2.1 NOM Empleadas para una Metodología Preventiva en el Laboratorio

Las NOM empleadas para el manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas dentro del lugar de trabajo y las NOM referidas al tema de seguridad e higiene, son de gran importancia para la regulación de las actividades a realizar de forma correcta, para la prevención de accidentes. Tabla 4.4.

Tabla 4.4 NOM vigentes empleadas para una metodología preventiva y correctiva en el manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas.

Nomenclatura	Título de la Norma	Referencia
NOM-002-SCT/2011	Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.	http://www.proverifica.com/mln/sct.htm
NOM-010 -SCT2/2009	Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	http://www.proverifica.com/mln/sct.htm
NOM-005-STPS-1998	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.	http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx
NOM-018-STPS-2000	Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.	http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.	http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx
NOM-030-STPS-2009	Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo-Funciones y actividades.	http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx
NOM-028-STPS-2012	Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas.	http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5267079&fecha=06/09/2012
NMX-R-019-SCFI-2011	Sistema armonizado de clasificación y comunicación de peligros de los productos químicos. Globally Harmonized System (GHS)	http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/nmx_019.pdf

CAPÍTULO V

CASO DE ESTUDIO

5.1 Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM-UNAM)

El Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) de la UNAM es el resultado de la evolución del Centro de Materiales creado el 1° de febrero de 1967, teniendo una larga historia a través de los años como se desglosa en la tabla 5.1. Este instituto tiene como misión, realizar investigación científica y tecnológica sobre estructura, propiedades, procesos de transformación y desempeño de los materiales.

Tabla 5.1 Breve semblanza histórica del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM).

Año	Suceso
1969	<ul style="list-style-type: none">- Cambia su nombre a Centro de Investigación de Materiales.- Se diversifican las áreas de investigación con la realización de estudios en polímeros y materiales metálicos.
1973	<ul style="list-style-type: none">- Se realizan investigaciones en materiales cerámicos y energía solar.- Se integran tres departamentos académicos: Ciencia de Materiales, Tecnología de Materiales y Desarrollo Industrial de Materiales.- Se consolidan cuatro áreas temáticas: materiales metálicos y cerámicos, materiales poliméricos, materiales y procesos para sistemas de energía, y física de materiales a bajas temperaturas.
1975	<ul style="list-style-type: none">- Se crea la Maestría en Física de Materiales, en colaboración con la Facultad de Ciencias.
1979	<ul style="list-style-type: none">- El Centro de Investigación de Materiales se convirtió en el actual Instituto de Investigaciones en Materiales.- Se reorganizan las áreas temáticas: materiales metálicos y cerámicos, polímeros, física de materiales a bajas temperaturas y energía solar.
1985	<ul style="list-style-type: none">- El Departamento de Energía Solar es trasladado a la población de Temixco, Edo. de Morelos, cambiando su nombre a Laboratorio de Energía Solar del Instituto de Investigaciones en Materiales.
1986	<ul style="list-style-type: none">- El Departamento de Física de Materiales a Bajas Temperaturas cambia su nombre al de Departamento de Estado Sólido y Criogenia.- Se crea la Maestría en Energía Solar con las opciones de fototérmica y fotovoltaica.- Se crea la Especialización en Heliodiseño.
1988	<ul style="list-style-type: none">- La Maestría en Física de Materiales se convirtió en la Maestría en Ciencias (Ciencia de Materiales), en colaboración con la Facultad de Ciencias.- Se creó el Doctorado en Ciencias (Ciencia de Materiales).
1996	<ul style="list-style-type: none">- El Laboratorio de Energía Solar se transformó en el Centro de Investigación en Energía- El IIM se reorganiza en tres departamentos: Metálicos y Cerámicos, Polímeros, y Estado Sólido y Criogenia.
1999	<ul style="list-style-type: none">- Se aprueba el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales

Fuente: IIM, 2012 (a).

Actualmente el Instituto de Investigaciones en Materiales está organizado por cuatro departamentos: Materia Condensada y Criogenia, Materiales Metálicos y Cerámicos, Polímeros, Reología y Mecánica de Materiales, de los cuales se desprenden las distintas líneas de investigación impartidas en los diferentes laboratorios dentro del instituto como son (IIM, 2012(a)):

- Nanomateriales y nanoestructuras
- Películas Delgadas y membranas
- Fluidos y materiales complejos
- Materiales para la ecología
- Biomateriales
- Materiales Porosos
- Superconductividad y propiedades de materiales a bajas temperaturas
- Teoría y simulación de materiales
- Materiales magnéticos
- Materiales ferroeléctricos
- Aleaciones metálicas y superplasticidad
- Materiales opto-electrónicos
- Síntesis y procesamiento de materiales poliméricos
- Síntesis y procesamiento de materiales cerámicos

El Instituto de Investigaciones en Materiales tiene por objetivo, contribuir con el estudio teórico y experimental en el área de ciencias e ingeniería de materiales para formar recursos humanos de excelencia capaces de generar nuevos materiales, procesos de transformación y aplicaciones, para así contribuir a la aplicación tecnológica de los materiales y propiciar la vinculación con el sector industrial (IIM, 2012(a)).

Es de importancia señalar, que el IIM-UNAM es una de las principales instituciones en el país, dedicada a la investigación de materiales que colabora con la industria y con otras instituciones académicas nacionales e internacionales, mediante un gran número de proyectos en las áreas de cerámicos, polímeros metálicos, materiales superconductores y semiconductores (IIM, 2012). En la figura 5.1 y 5.2 se muestra la ubicación de y fachada del IIM.

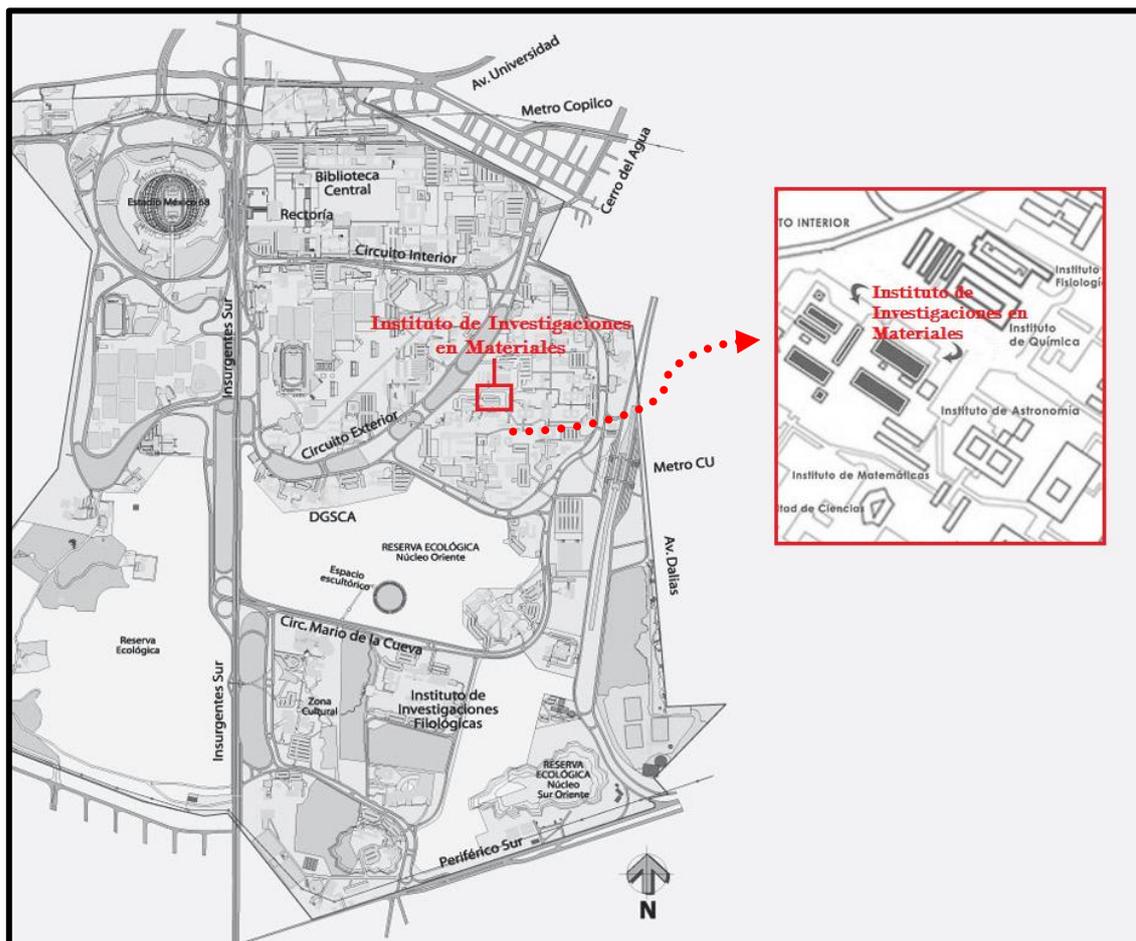


Figura 5.1 Ubicación del (IIM-UNAM)

Fuente: Ciudad Universitaria-UNAM, 2012; IIM, 2012 (b).



Figura 5.2 Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM).

Fuente: Propia

5.1.1 Laboratorio L-A-001 y L-A-002. Materia condensada y Criogenia

Debido a los diferentes proyectos que se realizan dentro de los laboratorios del IIM, se considera que existe un riesgo latente por accidentes químicos, por su incorrecto almacenamiento de sustancias químicas dentro de los mismos, pues la mayoría de las veces se almacenan indistintamente sin considerar sus características y propiedades, afectando así la salud de académicos, alumnos, trabajadores y las instalaciones del lugar.

Para este caso en particular, se aplicará una metodología preventiva basada en la normativa mexicana, para el almacenamiento de sustancias químicas peligrosa a dos de los laboratorios pertenecientes a este instituto, el laboratorio L-A-001 y el L-A-002 del departamento de Materia Condensada y Criogenia, donde el titular encargado es la Dra. Elizabeth Chavira Martínez, en donde se llevan a cabo proyectos de investigación sobre:

- Nanomateriales y nanoestructuras
- Materiales para la ecología
- Materiales magnéticos
- Materiales ferroeléctricos
- Aleaciones metálicas y superplasticidad
- Síntesis y procesamiento de materiales cerámicos



Figura 5.3 Laboratorios para el caso de estudio. a) L-A-001. Síntesis. Nanotoxicidad. b) L-A-002. Superconductividad, propiedades eléctricas y alta presión.

5.2 Descripción de la Metodología

Se propone una metodología preventiva para el almacenamiento de sustancias químicas peligrosas dentro de los laboratorios del Instituto de Investigaciones en Materiales en Ciudad Universitaria, para que de manera sencilla y práctica se reduzcan los riesgos dentro de los mismos.

En primera instancia, se muestra esta metodología simplificada en tres partes, cada una de ellas con sus respectivos lineamientos. Figura 5.4.

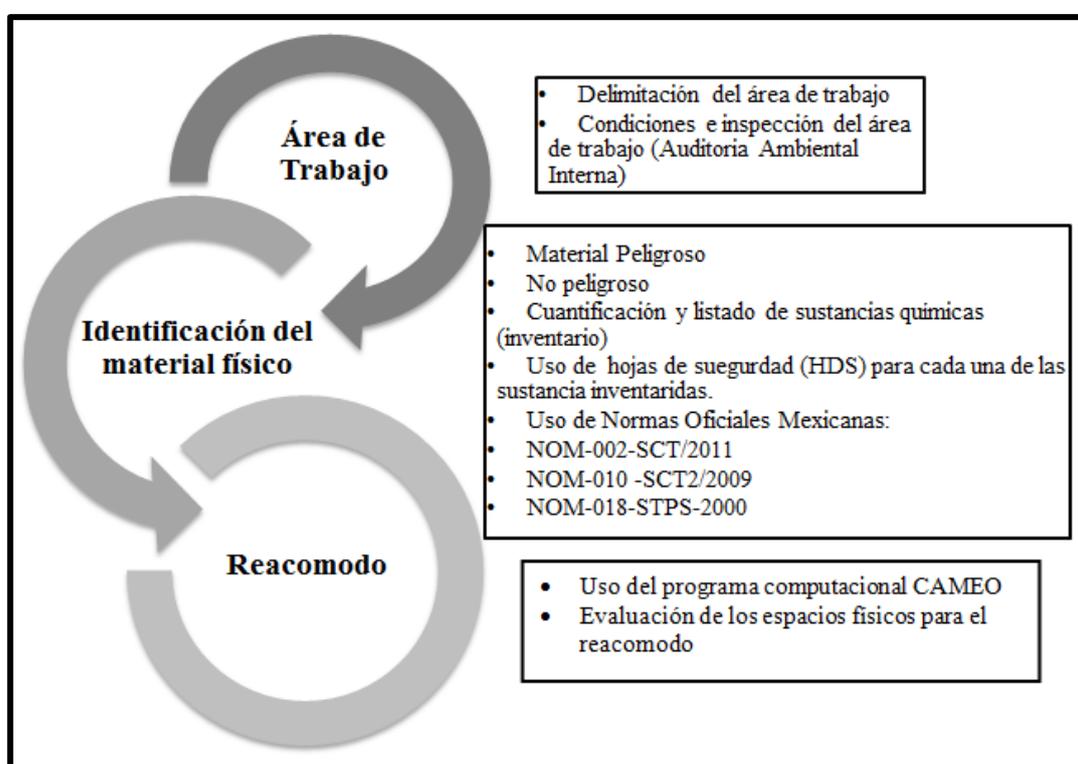


Figura 5.4 Simplificación de una metodología preventiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas en los laboratorios del IIM.

A continuación, se describen ampliamente los pasos que se deben seguir para entender, desarrollar y aplicar una metodología preventiva para el correcto almacenamiento de sustancias químicas dentro de los laboratorios L-A-001 y L-A-002 del IIM:

1. Área de Trabajo:

- Delimitación del área a trabajar que en este caso se trata de los Laboratorios L-A-001 y L-A-002 del IIM, es decir, el caso de estudio.

- Condiciones e inspección del área de trabajo. Se refiere a una evaluación de las condiciones en las que se encuentra el laboratorio, así como de sus compartimentos destinados al almacenaje de sustancias químicas, esta inspección nos permite averiguar “el estado de salud ambiental” (Auditoría ambiental interna) de las instalaciones y prácticas del lugar de trabajo. Este primer paso es de suma importancia, ya que los resultados que se obtienen indican el camino que se debe seguir en esta metodología.

En la figura 5.5 se muestra el diagrama detallado del seguimiento de la metodología a aplicar, donde en este primer paso, se presentan dos opciones, donde la primera palabra es SI, y hace referencia al cumplimiento de la normativa correspondiente, y que en este caso no es necesario realizar modificaciones en función de la normativa, dando a entender que el laboratorio se encuentra en condiciones óptimas en condiciones de salud y seguridad para realizar buenas prácticas de investigación. La siguiente palabra es NO, que informa la presencia de inconformidades localizadas en el laboratorio, siendo esta respuesta la que dará el comienzo de la aplicación de la metodología, teniéndose en cada paso una serie de resultados que van a permitir generar el reacomodo final.

2. *Identificación del material físico*

- En este paso, se realiza un listado o inventario de todos los materiales existentes dentro de los laboratorios y se cuantifican, una vez completado el inventario se identifican las sustancias peligrosas de las sustancias no peligrosas. Una vez localizados aquellas sustancias NO peligrosas se sigue la normativa señalada en la metodología, para las sustancias que SI son peligrosas, se procede a usar la normativa específica de segregación, como lo señala esta metodología.
- Una vez terminada la identificación de las sustancias almacenadas, recabar la información correspondiente para cada sustancia peligrosa identificada. Para el buen seguimiento de este paso se cuenta nuevamente con dos opciones: SI, que nos permite avanzar con la identificación de acuerdo a la información obtenida, que en este caso es proporcionada por la Hoja de Datos de Seguridad (HDS) y de la normativa correspondiente, la otra opción, NO, significa que no se cuenta con dicha información, por lo que en este caso se sugiere solicitar la información al departamento responsable

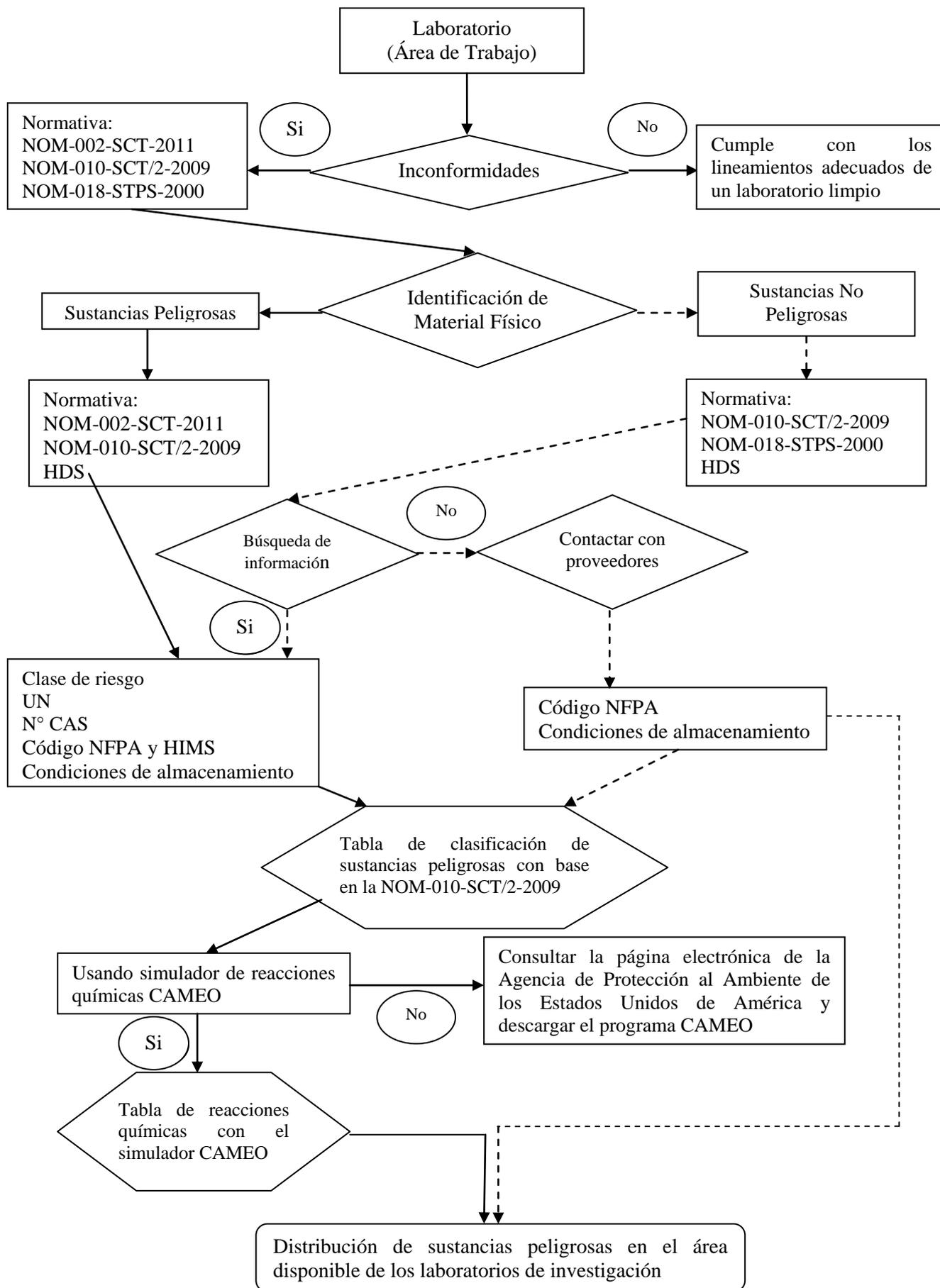
de las compras de sustancias químicas dentro del instituto, o bien, a los proveedores o distribuidores de los materiales.

- Con la información completa, se genera la tabla 5.2 con las características de los materiales peligrosos y no peligrosos. Para el caso de los materiales peligrosos se hace uso de la NOM-010-SCT/2-2009, para identificar su compatibilidad y segregación.

3. *Reacomodo*

- Esta es la etapa final que corresponde al reacomodo de las sustancias químicas identificadas, donde se hará uso de un programa computacional llamado CAMEO, que es totalmente gratuito y del dominio público, permitiendo de esta manera su fácil adquisición vía internet, para de esta manera tener un panorama más amplio del almacenamiento únicamente de las sustancias identificadas como peligrosas, con la información arrojada por este medio, se genera una siguiente tabla (Tabla 5.3) que muestra las incompatibilidades de las sustancias almacenadas.
- Para el almacenamiento de las sustancias identificadas como no peligrosas se toma en cuenta la información obtenida en la normativa correspondiente y en las HDS.
- Para la determinación de los espacios físicos, se toma en cuenta la información requerida como se muestra en la metodología, y para aquellas sustancias que no cuenten con información suficiente se sugiere trabajar en conjunto con la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene del IIM. En cuanto se tenga la información completa se inicia el proceso para evaluar los espacios físicos requeridos para el reacomodo del material.
- Finalmente completada la información se realiza la distribución y el reacomodo de los materiales a almacenar, los cuales deberán estar especificados con los colores y las clases de riesgo para su mejor identificación dentro de los laboratorios.

Figura 5.5 Metodología preventiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas en los laboratorios del IIM



CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1 Implementación de la Metodología

La metodología propuesta está estructurada en tres etapas, donde, se evalúan las actividades dentro de los laboratorios de investigación, obteniendo así resultados que nos guían para un buen desarrollo e implementación.

Para generar una metodología de este estilo se requiere del conocimiento pleno de la normativa mexicana y en especial de aquellas normas mexicanas que aplican para el caso de estudio; cabe mencionar que, esta metodología no sólo es aplicable a los espacios de almacenamiento de los laboratorios de investigación, sino que también se ha probado su implementación en los diferentes niveles de educación y hasta a nivel industrial, obteniendo resultados satisfactorios.

La *primera etapa* de esta metodología es la evaluación del área de trabajo, en donde se realiza una inspección del estado en el que se encuentran los laboratorios, y de esta manera determinar las soluciones adecuadas para corregir las fallas existentes.

En esta *segunda etapa* se cuenta con los resultados obtenidos de la identificación del material físico, nos lleva a la obtención de la primer tabla A.3.1, que corresponde al inventario de las sustancias químicas existentes dentro de los laboratorios, estas sustancias están listadas por orden alfabético para un mejor control. Sin embargo, la parte fundamental de este listado radica en la integración de la información obtenida de las Hojas de Datos de Seguridad (HDS), ya que de ellas se obtienen: el número de naciones unidas (UN), clase de riesgo, el código de la Agencia Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), aspecto físico, número de Servicio Químico de Resúmenes (CAS) y sus condiciones de almacenamiento.

Usando la información contenida en la tabla A.3.1, y tomando como referencia las NOM-002-SCT-2011, NOM-010-SCT/2-2009 y NOM-018-STPS-2000 se identifican las irregularidades presentes en el almacenamiento de sustancias químicas peligrosas y no peligrosas, con esta información se determina la clasificación de dichas sustancias, obteniendo de esta manera la tabla A.3.2. A partir de la tabla A.3.2 y en base a la NOM-010-SCT/2-2009, se elabora una de

las dos tablas de mayor importancia para la metodología, la tabla 5.2 de segregación de las sustancias químicas peligrosas.

La etapa anterior es por mucho la parte fundamental de la metodología, pues a partir de los datos obtenidos, se tiene un preámbulo del reacomodo de los espacios de almacenamiento, pues con ella, ya se cuenta con las observaciones necesarias para un almacenamiento seguro, y de esta manera se permite un primer movimiento de las sustancias.

En la *última etapa*, para tener mayor confiabilidad en las decisiones para el reacomodo de las sustancias peligrosas, se recurre al software CAMEO, que permite evaluar la combinación de diferentes compuestos químicos peligrosos, por lo que el simulador CAMEO resulta ser una útil herramienta para conocer e identificar el peligro que existe entre la reacción de una sustancia y otra, ya que el sistema CAMEO integra una base de datos de 6 000 sustancias químicas y de 8 000 sinónimos y nombres comerciales del producto. Es importante señalar que el software CAMEO solo es aplicable para las sustancias que se consideran peligrosas (EPA, 2012).

Este Software es desarrollado por la Preparación de Emergencias Químicas de la Agencia de Protección al Ambiente EPA, Oficina de la Prevención (CEPPO) y la Oficina Nacional de Administración Oceánica Atmosférica de Respuesta y Restauración (NOAA) (EPA, 2012).

La tabla 5.3, generada con el programa computacional muestra de manera sencilla las incompatibilidades que hay entre las diferentes sustancias a almacenar, es importante señalar que las sustancias que poseen la misma clase de riesgo presentan incompatibilidades entre ellos, así mismo, las clases de riesgo que en base a la NOM-010-SCT/2-2009 presentan compatibilidad y segregación, en CAMEO llegan a ser incompatibles, además de que se encontró que existen sustancias que no se encuentran consideradas como peligrosas en la NOM-010-SCT/2-2009, y sin embargo, se encuentran dentro de la base de datos del programa CAMEO, por lo que estas observaciones se toman en cuenta para la separación y reacomodo de las sustancias.

Con las tres tablas debidamente elaboradas, finalmente se procede a la toma de decisiones para establecer la distribución de las sustancias químicas existentes, para el almacenamiento adecuado de las mismas, en los espacios físicos que se han destinado desde el inicio del proyecto, debido a la falta de espacio en los laboratorios del caso de estudio.

6.2 Resultados de la Implementación de la Metodología

Los resultados obtenidos al implementar esta metodología están ordenados en tres etapas de acuerdo al diagrama de la figura 5.4.

Etapa 1. Área de Trabajo (Ver anexo 4)

Laboratorio L-A-001

- Sustancias químicas sin clasificar.
- Sustancias en estado líquido, sin clasificar y con material de laboratorio en el mismo espacio de almacenamiento.
- No se cuenta con Hojas de Datos de Seguridad.
- Objetos obstruyendo el paso.
- Sustancias sin etiquetado.
- Olor a cloroformo.
- Puerta de campada de extracción de vapores descompuesta.
- Pisos sucios.
- Muflas descompuestas.
- Material de laboratorio en desorden.
- Mesa de trabajo obstruida.
- Áreas para residuos peligrosos no determinada.
- Área de trabajo limitada.
- Botiquín de primeros auxilios deficiente.
- Extintor en área poco visible.

Laboratorio L-A-002

- Sustancias químicas sin clasificar almacenadas junto a material de papelería.
- Anaqueles para resguardo de objetos personales con exceso de objetos de diferentes clases.
- Área de estudio no definida.
- Desecadores con exceso de sustancias químicas, algunas sin etiquetar.
- Objetos personales y de laboratorio en desorden.

Etapa 2. Identificación del material físico

En esta etapa se llevó a cabo el inventario de todas las sustancias químicas existentes en los laboratorios L-A-001 y L-A-002, teniendo un total de 181 sustancias químicas, de esta manera se elabora la Tabla A.3.1, con base a esta tabla se realizó la clasificación de las sustancias químicas, usando las NOM-002-SCT-2011, NOM-010-SCT/2-2009 y NOM-018-STPS-2000, obteniendo un valor de 123 sustancias peligrosas y un total de 58 sustancias no peligrosas. Dentro de esta clasificación se identifica la existencia de ocho clases de riesgo para las sustancias peligrosas, cabe mencionar, que algunas de las sustancias que se identificaron como peligrosas poseen dos números de CAS máximo y tres número UN máximo, por lo que, en la tabla mencionada se registran todos los números encontrados de número CAS y UN, así mismo, se encontraron cinco sustancias que no presentan peligrosidad al emplear solo la normativa correspondiente, sin embargo, al usar el software CAMEO, se identifican estas sustancias dentro de la base de datos con lo que podemos corroborar que se trata de sustancias peligrosas. En la tabla A.3.3, solo se especifican los siguientes datos:

- Sustancia química
- Formula química
- Aspecto físico
- N° CAS
- UN
- Código HIMS
- Código NFPA
- Clasificación del SGA
- Clase de riesgo

En base a la tabla anterior se elaboró la tabla 5.2, que corresponde a la compatibilidad y segregación de las sustancias químicas peligrosas de acuerdo a la NOM-010-SCT/2-2009. Es importante señalar que cinco de las sustancias identificadas como peligrosas no presentan clase de riesgo, además existen sustancias con clase de riesgo nueve, que corresponden a sustancias misceláneas, por lo que, para ambos casos no se incluyen en esta tabla.

Para la clase de riesgo se asignó un color diferente para cada una de ellas de la siguiente manera:

Color	Clase de riesgo
	Clase 2 - Gases
	Clase 3 - Líquidos inflamables
	Clase 4 - Sólidos inflamables
	Clase 5 - Peróxidos Orgánicos
	Clase 6 - Sustancias Tóxicas
	Clase 7 - Materiales Radioactivos
	Clase 8 - Corrosivos
	Clase 9 - Miscelaneos

Nomenclatura para la compatibilidad y segregación de sustancias químicas peligrosas a partir de la NOM-010-SCT/2-2009.

Simbología	Nomenclatura
“Espacio en blanco”	No se aplica ninguna restricción de segregación y compatibilidad de los materiales peligrosos.
X	Indica que las sustancias, materiales o residuos peligrosos no deben almacenarse juntos.
O	Indica que las sustancias, materiales y residuos peligrosos almacenarse juntos, a menos que se encuentren separados de manera tal que, en caso de derrame de los envases y embalajes, no se propicie la mezcla y reacción de las sustancias, materiales o residuos peligrosos.
O, X	

Tabla 5.2. Compatibilidad y Segregación de acuerdo a la NOM-010-SCT/2-2009 de las sustancias químicas peligrosas. (Tabla completa en Anexo electrónico)

		Etilamina	1-propanol	Molibdeno	Titanio	Lauril sulfato de sodio	Azufre precipitado	Niobio	Trimetilaluminio	Zinc	Sulfuro de bario	Dióxido de plomo (IV)	Dicromato de potasio	Nitrato de plomo (II)	Óxido de cromo (VI)	2,2-bipiridilo	Polvo de berilio	Oxido de antimonio (III)	Oxido de torio	Acetato de uranio	Ácido clorhídrico	Ácido acético	Ácido nítrico	Cloruro de oxalilo
		2.1	3	4.1	4.1,4.2	4.1, 6.1	4.1, 9	4.2	4.2, 4.3	4.3, 4.2	4.3	5.1	5.1, 6	5.1, 6.1	5.1, 6, 8	6.1	6.1, 4.1	6.1, 9	7	7, 6.1	8	8, 3	8, 5.1	8, 6.1
Etilamina	2.1					O										O	O	O	O	O				O
1-propanol	3					X						O	O	O	O	X	X	X		X				X
Molibdeno	4.1					X										X	X	X		X	O	O	O	O,X
Titanio	4.1,4.2					X										X	X	X		X	O,X	O,X	O,X	O,X
Lauril sulfato de sodio	4.1, 6.1	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	O,X	O,X	O,X	O,X
Azufre precipitado	4.1, 9					X										X	X	X		X	O	O	O	O,X
Niobio	4.2					X										X	X	X		X	X	X	X	O,X
Trimetilaluminio	4.2, 4.3					X										X	X	X		X	O,X	O,X	O,X	O,X
Zinc	4.3, 4.2					X										X	X	X		X	O,X	O,X	O,X	O,X
Sulfuro de bario	4.3					X										X	X	X		X	O	O	O	O,X
Dióxido de plomo (IV)	5.1		O			X							X	X	X	X	X	X		X	O	O	O	O,X
Dicromato de potasio	5.1, 6	O	O,X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	O,X	O,X		O,X
Nitrato de plomo (II)	5.1, 6.1	O	O,X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	O,X	O,X		O,X
Óxido de cromo (VI)	5.1, 6, 8	O	O,X	X	X	X	X	X	X,O	X,O	X,O	X	X,O	X,O	X,O	X	X,O	X		X	O,X	O,X		O,X
2,2-bipiridilo	6.1	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						X
Polvo de berilio	6.1, 4.1	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X,O	X,O	X,O	X,O
Tiourea	6.1, 9	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X				X	X	X	X
Óxido de torio	7	O																						
Acetato de uranio	7, 6.1	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X
Ácido clorhídrico	8			O	O	O,X	O	X	X	X	O	O	O	O	O	X	X,O	X		X				
Ácido acético	8, 3			O	O,X	O,X	O	X	O,X	O,X	O	O	O,X	O,X	O,X	X	X,O	X		X				X
Ácido nítrico	8, 5.1			O	O	O,X	O	X	X	X	O	O	O	O	O	X	X,O	X		X	O	O	O	O
Cloruro de oxalilo	8, 6.1	O	X	O,X	O,X	O,X	O,X	X	X	X	X,O	X,O	X,O	X,O	X,O	X	X,O	X		X	X	X	X	X

Etapa 3. Reacomodo

Con el uso del simulador CAMEO, se obtuvo la tabla 5.3 de reacciones de las sustancias químicas peligrosas, en donde se muestra el tipo de riesgo que presenta la mezcla de cada una de las sustancias peligrosas previamente clasificadas, cabe mencionar que de acuerdo a este programa computacional se encontró que 5 de las 124 sustancias identificadas como peligrosas, no cuenta con clase de riesgo, sin embargo, si existen en la base de datos que contiene este programa por lo que se realizó su predicción de reacción considerándolas como sustancias peligrosas, estas sustancias están indicadas con el siguiente color:

Color	Clase de riesgo
	No Clasificadas
	Misceláneos

Finalmente en base a la tabla 5.2 y la tabla 5.3, se determinó la distribución de las sustancias químicas existentes en los espacios físicos que se establecieron previamente para un mejor y adecuado almacenamiento (Ver Anexo 5).

Nomenclatura de la incompatibilidad que presentan las sustancias químicas peligrosas entre ellas al usar el simulador CAMEO.

Simbología	Nomenclatura
C	Corrosivo
T	Tóxico
I	Inflamable
Ig	Gas Inflamable
Cg	Generación de Calor
Tg	Gas Tóxico
E	Explosivo
Ri	Reacción Intensa
P	Polimerización
CG	Combustión por Gas
NR	No Reacciona
Des.	Desconocido

	Etilamina	1-propanol	Molibdeno	Titanio	Dióxido de plomo (IV)	2,2-bipiridilo	Polvo de berilio	Tiourea	Óxido de torio	Acetato de uranio	Acido clorhídrico	Acido acrílico	Cloruro de oxalilo	Óxido de cobre (II)	Óxido de Zinc	Sulfato ferroso heptahidratado	Óxido de aluminio	Óxido de estano (IV)	Óxido de galio (III)
Etilamina	NR	Cg	Ig	C, Ig	E, I, Ig, Cg, Tg	NR	Ig	Ig, Tg	T	C, Cg, Tg	C, Cg, Ri, Tg	C, Cg, Tg	Cg, Tg	E, I, Ig, Cg, Tg	T	I, Ig, Cg	T	E, I, Ig, Cg, Tg	NR
1-propanol	Cg	NR	NR	Ig, Cg	E, I, Cg, Tg	Cg	Ig, Cg	NR	NR	NR	Cg	Cg, Ri	NR	E, I, Cg, Tg	NR	E, I, Ig, Cg	NR	E, I, Cg, Tg	NR
Molibdeno	Ig	NR	NR	NR	CG, E, I, Cg, Ri	Ig	NR	NR	NR	NR	I, Ig, Cg	Ig, Cg, Ri, P	E, I, Cg	CG, E, I, Cg, Ri	NR	NR	NR	CG, E, I, Cg, Ri	NR
Titanio	C, Ig	Ig, Cg	NR	NR	CG, C, E, I, Ig, Cg, Ri, Tg	C, Ig	Ig, Tg	E, Ig, Cg, Tg	NR	C, I, Ig, Cg, Ri, T, Tg	C, E, I, Ig, Cg, Tg	C, I, Ig, Cg, P	C, E, I, Cg, Ri, Tg	CG, C, E, I, Ig, Cg, Ri, Tg	NR	C, E, Ig, Cg, Ri, Tg	NR	C, I, Ig, Cg, Ri, T, Tg	NR
Dióxido de plomo (IV)	E, I, Ig, Cg, Tg	E, I, Cg, Tg	CG, E, I, Cg, Ri	CG, C, E, I, Ig, Cg, Ri, Tg	NR	E, I, Ig, Cg, Tg	E, I, Ig, Cg, Tg	E, I, Cg, Ri, Tg	Cg	Ig, Cg, Tg	CG, C, E, I, Cg, Ri, Tg	CG, E, I, Ig, Cg, P, T, Tg	E, Cg, Tg	Des.	Cg	E, I, Cg, Tg	Cg	Des.	NR
2,2-bipiridilo	NR	Cg	Ig	C, Ig	E, I, Ig, Cg, Tg	NR	Ig	Ig, Cg	T	C, Cg, Tg	C, Cg, Ri, Tg	C, Cg, Tg	Cg, Tg	E, I, Ig, Cg, Tg	T	I, Ig, Cg	T	E, I, Ig, Cg, Tg	NR
Polvo de berilio	Ig	Ig, Cg	NR	Ig, Tg	E, I, Ig, Cg, Tg	Ig	NR	E, Ig, Cg, Tg	NR	I, Ig, Cg, Ri, Tg	E, I, Ig, Cg, Tg	I, Ig, Cg, P	E, I, Cg, Ri, Tg	E, I, Ig, Cg, Tg	NR	E, Cg, Ri	NR	E, I, Ig, Cg, Tg	NR
Tiourea	Ig, Tg	NR	NR	E, Ig, Cg, Tg	E, I, Cg, Ri, Tg	Ig, Cg	E, Ig, Cg, Tg	NR	NR	Ig, Tg	Ig, Cg, Tg	NR	Cg, Ri	E, I, Cg, Ri, Tg	NR	Ig, Cg, Ri, Tg	NR	E, I, Cg, Ri, Tg	NR
Óxido de torio	T	NR	NR	NR	Cg	T	NR	NR	NR	Des.	T	T	NR	Cg	NR	Cg, Tg	NR	Cg	NR
Acetato de uranio	C, Cg, Tg	NR	NR	C, I, Ig, Cg, Ri, T, Tg	Ig, Cg, Tg	C, Cg, Tg	I, Ig, Cg, Ri, Tg	Ig, Tg	Des.	NR	C, I, Ig, Cg, Ri, T, Tg	NR	Cg	Ig, Cg, Tg	Des.	Cg, Tg	Des.	Ig, Cg, Tg	NR
Ácido clorhídrico	C, Cg, Ri, Tg	Cg	I, Ig, Cg	C, E, I, Ig, Cg, Tg	CG, C, E, I, Cg, Ri, Tg	C, Cg, Ri, Tg	E, I, Ig, Cg, Tg	Ig, Cg, Tg	T	C, I, Ig, Cg, Ri, T, Tg	NR	C, Ig, Cg, P, Tg	C, I, Cg, Ri, Tg	CG, C, E, I, Cg, Ri, Tg	T	C, I, Ig, Cg, Tg	T	CG, C, E, I, Cg, Ri, Tg	Tg
Ácido acrílico	C, Cg, Tg	Cg, Ri	Ig, Cg, Ri, P	C, I, Ig, Cg, P	CG, E, I, Ig, Cg, P, T, Tg	C, Cg, Tg	I, Ig, Cg, P	NR	T	NR	C, Ig, Cg, P, Tg	NR	NR	CG, E, I, Ig, Cg, P, T, Tg	T	Ig, Cg, P, Tg	T	CG, E, I, Ig, Cg, P, T, Tg	NR
Cloruro de oxalilo	Cg, Tg	NR	E, I, Cg	C, E, I, Cg, Ri, Tg	E, Cg, Tg	Cg, Tg	E, I, Cg, Ri, Tg	Cg, Ri	NR	Cg	C, I, Cg, Ri, Tg	NR	NR	E, Cg, Tg	NR	E, Cg, Tg	NR	E, Cg, Tg	NR
Óxido de cobre (II)	E, I, Ig, Cg, Tg	NR	CG, E, I, Cg, Ri	CG, C, E, I, Ig, Cg, Ri, Tg	Des.	E, I, Ig, Cg, Tg	E, I, Ig, Cg, Tg	E, I, Cg, Ri, Tg	Cg	Ig, Cg, Tg	CG, C, E, I, Cg, Ri, Tg	CG, E, I, Ig, Cg, P, T, Tg	E, Cg, Tg	Des.	Cg	E, I, Ig, Cg	Cg	Des.	NR

Tabla 5.3. Matriz de resultados de reacciones de incompatibilidad de las sustancias químicas peligrosas de acuerdo al software CAMEO. (Tabla completa en Anexo electrónico)

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

- Se llevó a cabo la aplicación de una metodología preventiva y correctiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas en laboratorios de investigación de nivel superior, usando la normativa correspondiente y un simulador computacional, minimizando con ellos el riesgo de accidentes dentro de las instalaciones.
- Así mismo, se realizó un diagnóstico mediante una auditoría ambiental interna a los laboratorios del caso de estudio, encontrando algunas irregularidades que dieron paso al seguimiento de la metodología propuesta, siendo así, útil para la comunicación y corrección de los problemas de organización y de vulnerabilidad.
- Se creó una base de datos con información relevante de cada una de las sustancias químicas almacenadas dentro de los laboratorios de investigación, con la finalidad de mantener informado tanto al personal académico como de investigación, sobre las especificaciones de manejo y almacenamiento, basadas en las hojas de datos de seguridad.
- Las sustancias químicas fueron organizadas dentro de los espacios destinados en los laboratorios, de acuerdo a la NOM-010-SCT/2-2009 y con el uso del software CAMEO como se establece en la metodología aplicada, y no se consideran residuos peligrosos y sustancias desconocidas.
- Por otro lado, se informó a los usuarios de los riesgos y de las medidas preventivas de las sustancias peligrosas almacenadas, ampliando su conocimiento en materia de seguridad y riesgos en cuanto al mal manejo y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- Finalmente, se comprobó que es de gran utilidad contar con una metodología para el buen almacenamiento de sustancias peligrosas dentro de los sectores educativos, ya que se pueden prevenir desde accidentes con consecuencias mínimas hasta accidentes mayores.

7.1 Recomendaciones

- Para mayor seguridad de los usuarios, se sugiere que tanto las señalizaciones como los extintores se encuentren al alcance de todos, así mismo, se debe contar con capacitación para su uso correcto.
- Contar con un botiquín correctamente equipado, revisarlo periódicamente y debe estar ubicado en un lugar de fácil acceso.
- Se recomienda hacer simulacros considerando algún tipo de riesgo químico, así como también, las rutas de evacuación.
- En caso de derrames de sustancias peligrosas, se deberá tener, equipo para control de derrames, el cual, dependerá de los productos que se empleen en el laboratorio, además de materiales de contención de derrames.
- Mantener los sitios de trabajo organizados y limpios, además de contar con pasillos no obstruidos.
- Para una mejor manipulación e identificación de sustancias, todos los envases tienen que estar debidamente etiquetados de acuerdo a la NOM-018-STPS-2000.
- Antes de manipular cualquier sustancia química, leer previamente la información necesaria en las Hojas de Datos de Seguridad.
- Toda sustancia química después de ser usada colocarla en el sitio de donde fue tomada, de esta manera se reducen el riesgo de accidentes.
- Por último, para el mejor funcionamiento del laboratorio se sugiere nombrar un responsable de dar seguimiento a este trabajo, para mantener el orden de las sustancias químicas y actualizar la información de las mismas.

ANEXO 1

INESTABILIDAD Y REACTIVIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

Dentro de los laboratorios, se debe tener información acerca de las características las sustancias químicas que se almacenan, para evitar los posibles riesgos de accidentes dentro de los mismos. En las siguientes tablas se enlistan las sustancias químicas que al estar en contacto con otras pueden reaccionar y causar algún tipo de daño.

Tabla A.1.1
Lista de sustancias que reaccionan violentamente con el agua y el aire.

Sustancia + Agua	Sustancia + Aire
Ácidos fuertes anhidros Alquilmetales y metaloides Amiduros Anhídridos Carburos Flúor Fosfuros Halogenuros de ácido Halogenuros de acilo Halogenuros inorgánicos anhídridos (excepto alcalinos) Hidróxidos álcalis Hidruros Imiduros Metales alcalinos Óxidos alcalinos Peróxidos inorgánicos Siliciuros	Alquilmetales y metaloides Arsinas Boranos Fosfinas Fósforo blanco Fosfuros Metales carbonilados Nitruros alcalinos Silenos Siliciuros Hidruros

Fuente: ITACA, 2007

Tabla A.1.2
Grupo de sustancias químicas incompatibles

Grupo de sustancias	Sustancias incompatibles
Oxidantes	Materias inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquilmetales, aluminio, magnesio, y circonio en polvo.
Reductores	Nitratos, halogenatos, óxidos, peróxidos, flúor.
Ácidos fuertes	Bases fuerte.

Fuente: ITACA, 2007.

Tabla A.1.3

Ejemplos de sustancias peligrosas y sus correspondientes incompatibilidades.

Sustancias química	Incompatibilidades
Acetileno	Cloro, bromo, cobre, flúor, plata y mercurio
Acetona	Ácido nítrico concentrado, y mezclas con ácido sulfúrico
Ácido acético	Ácido crómico, ácido nítrico, compuestos de hidroxilo, etilenglicol, ácido perclórico, peróxidos y permanganatos
Ácido cianhídrico	Ácido nítrico y álcalis
Ácido clorhídrico	Hipoclorito
Ácido crómico y cromo	Ácido acético, naftaleno, alcanfor, glicerina, alcoholes y líquidos inflamables en general
Ácido fluorhídrico anhídrido	Amoníaco acuoso, o anhídrido
Ácido fórmico	Monóxido de carbono
Ácido nítrico concentrado	Ácido acético, anilina, ácido crómico, ácido hidrocianico, sulfuro de hidrógeno, líquido y gases inflamables, cobre, latón, algunos metales pesados
Ácido oxálico	Plata, mercurio monóxido de carbono.
Ácido perclórico	Anhídrido acético, bismuto y sus aleaciones, alcohol, papel, madera, grasas y aceites.
Ácido sulfúrico	Clorato potásico, perclorato potásico, permanganato potásico (compuestos similares de materiales ligeros, como sodio y litio) azúcar, celulosa ácido perclórico, sulfocianuros, bromuro sódico.
Alcohol etílico	Etano
Amoníaco anhídrido	Mercurio (en manómetros), cloro, hipoclorito cálcico, yodo, bromo, ácido fluorhídrico anhídrido
Anilina	Acido nítrico, peróxido de hidrógeno
Azidas	Ácidos
Bromo	Ir a cloro
Carbón activado	Hipoclorito cálcico y todos los agentes oxidantes
Cianuros	Ácidos
Cianuro sódico	Monóxido de carbono
Clorato potásico	Ácido sulfúrico y otros ácidos
Cloratos	Sales de amonio, ácidos, metales en polvo, azufre, materiales combustibles u orgánicos finamente divididos
Cloro	Amoníaco, acetileno, butadieno, butano, metano, propano y otros gases de petróleo, hidrógeno, carburo sódico, benceno, metales finamente divididos y aguarrás
Cobre	Acetileno y peróxido de hidrógeno
Dióxido de cloro	Amoníaco, metano, fósforo y sulfato de hidrógeno
Fósforo (Blanco)	Aire, oxígeno, álcalis y agentes reductores
Flúor	Todas las otras sustancias químicas
Hidrocarburos	Flúor, cloro, bromo, ácido crómico, peróxido de sódico
Hidroperóxido de cumeno	Ácidos orgánicos e inorgánicos
Hipocloritos	Ácidos, carbón activado
Líquidos inflamables	Nitrato amónico, ácido crómico, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, peróxido sódico, halógenos
Materiales de arsénico	Algunos agentes reductores, mercurio, acetileno, ácido fulmínico y amoníaco

<i>Continuación</i>	
Sustancias química	Incompatibilidades
Metales alcalinos y alcalinotérreos	Agua, tetracloruro de carbono, hidrocarburos clorados, dióxido de carbono, halógenos y dióxido de azufre
Nitrato amónico	Ácidos, polvo de metales, líquidos inflamables, compuestos de cloro, nitritos, azufre, materiales orgánicos combustibles finamente divididos
Nitratos	Ácido sulfúrico, nitrato amónico y otros sales de amonio
Nitrato sódico	Ácido, nitritos, bases inorgánicas y aminas
Nitroparafinas	Agua
Óxido cálcico	Aceites, grasas e hidrógeno, líquidos o gases inflamables
Oxígeno	Ácido sulfúrico y otros ácidos (ver cloratos)
Perclorato potásico	Glicerina, etilenglicol, benzaldehído, ácido sulfúrico
Permanganato potásico	Cobre, cromo, hierro, la mayoría de los metales o sus sales, alcoholes, acetona, materiales orgánicos, anilina, nitrometano y materiales combustibles
Peróxido de hidrógeno	Alcohol etílico y metílico, ácido acético glacial, anhídrido acético, benzaldehído, disulfuro de carbono, glicerina, etilenglicol, acetato de etilo y de metilo, furfural
Peróxido sódico	Ácidos orgánicos e inorgánicos
Peróxidos orgánicos	Acetileno, ácido oxálico, ácido tartárico, compuestos amónicos, ácido fulmínico
Plata	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono y agua
Potasio	Agentes reductores
Seleniuros	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono y agua
Sodio	Ácido nítrico fumante y gases oxidantes
Sulfuro de hidrógeno	Ácidos (reacción peligrosa con Yoduro de hidrógeno) y sulfuros.
Sulfurosos	Agentes reductores
Teliuros	Sodio
Tetracloruro	Acetileno, amoníaco (acuoso o anhidro), hidrógeno de carbono

Fuente: ITACA, 2007; Márquez, 2012.

Tabla A.1.4
Compuestos que pueden formar peróxidos fácilmente

Compuesto químicas
Compuestos alílicos
Compuestos diénicos
Compuestos isopropílicos
Compuestos vinílicos
Compuestos con átomos de hidrógeno bencílico
Cumeno, estireno, tetrahidronaftalenos
Aldehídos, cetonas, éteres
Haloalquenos
N-aluilamidas, ureas, lactamas
Metales alcalinos, alcóxidos, aminas

Fuente: ITACA, 2007.

Tabla A.1.5
Sustancias químicas que forman peróxidos peligrosos durante su exposición al aire

Sustancia química
Ciclo hexano
Decalina
Éter etílico
Éter isopropílico
Tetrahidrofurano
Tetralina

Fuente: Patiño, 2007.

ANEXO 2

REGLAMENTO INTERNO DE SEGURIDAD E HIGIENE INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES (IIM) UNAM

CAPÍTULO

Generalidades

Artículo 1

El cumplimiento de este Reglamento y de sus artículos es de observancia obligatoria para todo el personal del instituto, alumnos y visitantes y no excluye otra reglamentación aplicable.

Artículo 2

El cumplimiento del presente Reglamento estará supervisado por los responsables de seguridad de las áreas correspondientes; la *Comisión Local de Seguridad* o la *Comisión Mixta Auxiliar de Seguridad e Higiene del IIM*, para lo cual harán recorridos periódicos sin previo aviso y notificarán a los responsables de los laboratorios y talleres de cualquier anomalía observada.

Artículo 3

Aparte del presente, es obligatorio ajustarse a los lineamientos internos específicos de cada laboratorio o taller.

Artículo 4

Cada accidente o incidente ocurrido deberá comunicarse, en primer lugar, al responsable del laboratorio o taller, quien evaluará el riesgo y actuará de acuerdo con la gravedad del caso. En segundo lugar, y si el caso lo amerita, se solicitará la intervención del *Sistema de Atención de Emergencias de la UNAM*. También se notificará a la *Comisión Local de Seguridad* o a la *Comisión Mixta Auxiliar de Seguridad e Higiene del Instituto*.

En caso de ausencia del responsable del laboratorio o del taller, y en áreas comunes del Instituto, se deberá informar a la *Comisión Local de Seguridad* y a la *Comisión Mixta Auxiliar de Seguridad e Higiene* para notificar los accidentes.

Artículo 5

En caso de que algún trabajador, ya sea académico o administrativo, resulte lesionado en un accidente se levantará el acta administrativa

correspondiente, misma que le permitirá continuar con el trámite de la calificación del riesgo ante el ISSSTE.

Artículo 6

Se tendrán en lugar visible los números telefónicos de emergencia sobre cada teléfono y en los lugares que se juzgue conveniente.

Artículo 7

Se restringe el acceso a los laboratorios y talleres a las personas que no porten el equipo de protección personal respectivo.

Artículo 8

Toda persona que trabaje o haga uso de los laboratorios o talleres tiene la obligación de mantener el orden, la limpieza y el buen funcionamiento del mismo, observando los procedimientos seguros al realizar sus actividades.

Artículo 9

Los pasillos y salidas de emergencia deberán conservarse siempre libres de obstáculos. Asimismo se deberá mantener libre el área de acceso a los extintores, regaderas, mantas, botiquines y teléfonos.

Artículo 10

Cualquier alteración en las condiciones de seguridad o en el cumplimiento del presente reglamento, deberá ser reportada al responsable correspondiente.

Artículo 11

Todos aquellos aspectos que no estén específicamente señalados en el presente reglamento, deberán ser resueltos por la Dirección del Instituto con la opinión de la *Comisión Mixta Auxiliar de Seguridad e Higiene*.

CAPÍTULO II

Laboratorios

Artículo 12

Por su seguridad, queda prohibido el acceso a niños y menores de 16 años a los laboratorios.

Artículo 13

Queda prohibido cargar los cilindros de gas y transportarlos sin el carrito destinado para ello y sin su capuchón de seguridad.

Artículo 14

Cuando se manden a hacer estudios de muestras, como por ejemplo: GPC, ATG, microscopía, UV o cualquier otro servicio que se ofrezca en el IIM, se deberán proporcionar los datos de toxicidad de las sustancias a la persona que realizará el estudio, así como las medidas de seguridad que deben de observarse durante sus manipulaciones.

Artículo 15

Cualquier fuga de gas, agua, vacío o aire se deberá reportar al responsable del laboratorio y solicitar el servicio de mantenimiento correspondiente a la Secretaría Técnica.

Artículo 16

Queda prohibido fumar, consumir bebidas o alimentos y almacenar objetos personales dentro de los laboratorios.

Artículo 17

Cuando algún instrumento, equipo o material de vidrio del laboratorio se encuentre en mal estado por ningún motivo se podrá utilizar y se deberá informar inmediatamente al responsable.

Artículo 18

Queda prohibido utilizar aparatos eléctricos e instalaciones eléctricas en mal estado. Todo desperfecto en los aparatos eléctricos e instalaciones deberá ser reportado de inmediato al responsable del laboratorio y a mantenimiento.

Artículo 19

Se prohíbe sobrecargar las líneas eléctricas. Las conexiones eléctricas requeridas deberán solicitarse por escrito a la Secretaría Técnica. Los interruptores generales de energía eléctrica deberán estar señalados y ser accesibles.

Artículo 20

En los laboratorios a su cargo, los investigadores tendrán las siguientes obligaciones:

- a) Vigilar el buen estado y operación del equipo del laboratorio y, según las condiciones y necesidades de trabajo, solicitar las modificaciones de los servicios generales del laboratorio (gas, luz, agua, muebles y ventanas) si es el caso.
- b) Proporcionar entrenamiento a los alumnos que trabajan en su laboratorio y proporcionarles la información sobre normas de seguridad para realizar sus experimentos sin problemas.
- c) Supervisar el trabajo y el comportamiento de los alumnos dentro del área de trabajo.
- d) En caso de tener un laboratorio compartido con otros grupos de investigación, cada grupo toma la responsabilidad de sus equipos y sus alumnos. El grupo con mayor cantidad de equipos toma la responsabilidad de supervisar que los servicios generales estén en buenas condiciones de operación.
- e) Informar y proporcionar entrenamiento al personal administrativo encargado del aseo del material y del laboratorio, de los procedimientos seguros que se deben seguir para realizar su trabajo y de las medidas de seguridad e higiene que deben aplicar.
- f) En caso de accidente deberá atender a los afectados, supervisar que nadie entre al laboratorio sino hasta que se haya resuelto el problema y sus consecuencias (desaparición de gases tóxicos por ejemplo) y proporcionar toda la información, según el caso, a los paramédicos, a la *Comisión Local de Seguridad*, a la *Comisión Mixta Auxiliar de Seguridad e Higiene* y a las autoridades que así lo requieran.

CAPÍTULO III

Aspectos de Seguridad Química

Artículo 21

Se prohíbe realizar experimentos con reactivos químicos cuando el laboratorio no cuente con los servicios de energía eléctrica ni de agua.

Artículo 22

Se prohíbe trabajar durante altas horas de la noche, en fin de semana y vacaciones a los estudiantes y personas ajenas al IIM en los laboratorios¹, sin el conocimiento, la autorización y/o supervisión del asesor, tutor o responsable del laboratorio.

Artículo 23

En relación con el punto anterior, el número mínimo de personas, que trabaje en el laboratorio o taller será de dos y deberá notificarse por escrito al personal de vigilancia y al responsable del laboratorio o taller.

Artículo 24

Para todo el personal que haga uso de los laboratorios (incluyendo las visitas) es obligatoria la portación del equipo de protección correspondiente: para trabajar con reactivos químicos, según lo marque la hoja de seguridad respectiva de cada sustancia y, para los equipos, según se estipule en las recomendaciones de seguridad del manual de operación.

Para el primer caso, las batas serán de algodón y de manga larga, los zapatos cerrados, los anteojos de seguridad a prueba de impacto, los guantes gruesos e impermeables a las sustancias químicas.

Artículo 25

Los anteojos de seguridad son obligatorios para todas las manipulaciones donde se trabaje con reactivos químicos, metales fundidos y presión reducida con líneas y material de vidrio. No se permite el uso de lentes de contacto (ni duros ni blandos) para trabajar en los laboratorios que utilicen reactivos químicos.

¹ Se refiere a aquellos lugares en donde hay riesgos latentes como son los laboratorios de química y los talleres.

Artículo 26

El número de alumnos que puede trabajar simultáneamente en un laboratorio queda restringido al que garantice el trabajo seguro.

Artículo 27

Cuando se transporten reactivos o soluciones de un lugar a otro, deberán de ir tapados y dentro de un segundo recipiente, para evitar derrames en caso de ruptura. Se deberá manejar únicamente la cantidad a usar (3 o 4 litros como máximo).

Artículo 28

Las trampas de vidrio sumergidas en nitrógeno líquido y los termos con mezclas frías (abajo de los cero grados centígrados) deberán manipularse siempre con guantes térmicos (los azules o en su defecto de carnaza) y usar goggles.

Artículo 29

Los productos y disoluciones obtenidos de las investigaciones deberán guardarse en frascos debidamente etiquetados con el nombre químico y fórmula química correcta, fecha de obtención o preparación, nombre del académico responsable y en su caso, nombre del alumno.

Artículo 30

Si se usan frascos vacíos de otros reactivos, deberá quitarse completamente la etiqueta anterior y pegar una nueva con todos los datos de identificación del contenido y de la persona responsable del producto.

Artículo 31

Los desechos químicos deberán estar separados por incompatibilidades químicas y bien identificados para poder ser entregados a las instancias correspondientes, siguiendo el instructivo respectivo proporcionado por la Secretaría Técnica, a quien se deberá notificar para su manejo y disposición final. Queda prohibido usar cualquier tipo de abreviaturas en las etiquetas.

Artículo 32

Se prohíbe terminantemente utilizar las oficinas o cubículos para almacenar reactivos inflamables o peligrosos y para hacer reacciones y experimentos químicos. Tales experimentos se harán exclusivamente en los laboratorios.

Artículo 33

Los almacenes de sustancias deberán de cumplir las recomendaciones de almacenamiento internacional y se guardarán ahí las sustancias

químicas tomando en cuenta su toxicidad, inflamabilidad, reactividad, estabilidad térmica e incompatibilidad química.

Artículo 34

Cuando se necesite enfriar algún reactivo, producto o disolución en los refrigeradores de sustancias, deberá introducirse en envases bien tapados, llevar el nombre de la persona que la introduce, el nombre correcto de la sustancia, en su caso el disolvente utilizado y la fecha de almacenamiento.

CAPÍTULO IV

Talleres

Artículo 35

Para poder hacer uso de las instalaciones de los talleres es obligatoria la portación de uniforme y equipo de seguridad.

Artículo 36

Los estudiantes sólo podrán usar los equipos y herramientas previo aviso y presentación de su

credencial actualizada al jefe del taller y sólo si cuentan con el entrenamiento respectivo y con el visto bueno del asesor.

Artículo 37

No se permiten visitas dentro del área de trabajo ni distraer a los técnicos durante el desarrollo de sus labores.

CAPÍTULO V

Sanciones

Artículo 38

Las personas a quienes se sorprenda haciendo mal uso de equipos, materiales, instalaciones, señalizaciones de protección civil, etc., serán sancionadas conforme a las disposiciones de la Legislación Universitaria, según la gravedad de la falta cometida.

Artículo 39

Tratándose de personal académico y administrativo, se levantarán las actas correspondientes y se dictarán las sanciones conforme a las disposiciones de la Ley Federal del Trabajo.

Artículo 40

En el caso de los alumnos, las sanciones aplicables serán las que decida el Consejo Interno, conforme a las disposiciones de la Legislación Universitaria.

TRANSITORIO

El presente reglamento, aprobado por la Comisión Mixta Central de Seguridad e Higiene del Personal Académico de la UNAM el 17 de abril de 1998, entró en vigor a partir de su aprobación por el Consejo Interno del Instituto de Investigaciones en Materiales el 9 de julio de 1998.

PREVENCIÓN DE ACCIDENTES RELACIONADOS CON SUBSTANCIAS Y RESIDUOS QUÍMICOS

GUÍA DE CLASIFICACIÓN DE LAS SUBSTANCIAS Y RESIDUOS QUÍMICOS EN EL IIM.

La Comisión Mixta Auxiliar de Seguridad e Higiene del IIM, ha elaborado este documento para informar a todo el personal del IIM sobre los aspectos más importantes en el manejo de las sustancias químicas y sus residuos, mismos que se deben tomar en cuenta en adelante y en el instituto. Básicamente se informará como etiquetarlos y los mecanismos para almacenarlos y eliminarlos en el IIM.

Son tres las circunstancias en las que usaremos esta información:

- A) Al usarlas , (descripción general de riesgos)
- B) al almacenarlas (separadas por incompatibilidades químicas) y
- C) al desecharlas (recolección según su categoría de riesgo).

Con este conocimiento podremos prevenir accidentes en las tres etapas de la vida de los productos químicos a la vez de dar cumplimiento al Reglamento Interno de Seguridad e Higiene del IIM (artículos 31 y 33 principalmente), las recomendaciones de la Comisión Mixta Central de Seguridad e Higiene de la UNAM y las normas oficiales mexicanas relacionadas.

A) SISTEMA PARA LA IDENTIFICACION Y COMUNICACION DE RIESGOS POR SUSTANCIAS QUIMICAS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Para la manipulación de las sustancias químicas se resume a continuación la información contenida en la norma oficial mexicana NOM-114-STPS-1994, basada en las características fisicoquímicas de las sustancias:

Se ha desarrollado este sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo, como una solución a los problemas de riesgos de trabajo por esas sustancias. Esta Norma Oficial Mexicana establece un sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas que de acuerdo a sus características fisico-químicas o toxicidad, concentración y tiempo de exposición del trabajador puedan alterar su salud y su vida y/o afectar al centro de trabajo.

La parte central de este sistema, es la Identificación de los riesgos inherentes de una sustancia. Los riesgos que presentan las sustancias químicas en su manejo se clasificarán de acuerdo con los posibles daños a la salud de los trabajadores, susceptibilidad de la sustancia a arder, a liberar energía o cualquier otro tipo de problema en:

- Riesgo de Salud - Riesgo de Inflamabilidad - Riesgo de reactividad - Riesgo Especial

El sistema para la identificación de riesgos por sustancias químicas se complementa de una señal de seguridad, en la que la información sobre los tipos y grados de riesgo y el equipo de protección personal pueden ser identificados de una manera sencilla por todo el personal del centro laboral que esté involucrado con el uso y manejo de dichas sustancias, así como también de una hoja de datos de seguridad que permite conocer más a la sustancia (en inglés Material Safety Data Sheet, MSDS).



- 4 SEVERO (Demasiado peligroso)
- 3 ALTO (extremadamente peligroso)
- 2 MODERADO (peligroso)
- 1 LIGERO (riesgo leve)
- 0 MÍNIMO (materia normal)



La señal es un rombo dividido en cuatro rombos de colores representando cada uno un riesgo: a la salud (sección de color azul en el lado izquierdo del rombo), inflamabilidad (sección de color rojo en la parte superior del rombo), reactividad (sección de color amarillo en el lado derecho del rombo), riesgo especial (sección de color blanco en la parte inferior del rombo) y el equipo de protección personal requerido (abajo del rombo) indicando para cada clase de riesgo el grado de severidad por medio de cinco divisiones numéricas que van de cuatro "4" indicando un riesgo severo a cero "0" indicando un riesgo mínimo. (4=severo, 3=alto, 2=moderado, 1=ligero, 0=mínimo). En la superficie que contiene el color de seguridad, las letras o números que se utilicen sobre ella deberán ser contrastantes, blanco para el rojo y azul y negro para amarillo y blanco.

La empresa debe tener un listado de las sustancias químicas que se utilizan en el centro de trabajo con la clasificación de riesgo correspondiente.

Se han pegado en algunos laboratorios unos carteles de SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS DE LOS MATERIALES PELIGROSOS, con el fin de poder identificar la información que se transmite en los rombos y para todos puedan etiquetar sus sustancias. En el rombo blanco también se indican los riesgos especiales: trébol (radiactivos), OXI. (oxidantes), CORR (corrosivos), W (no usar agua), ACID (ácidos), ALC (alcalinos), AIR (reacciona con el aire).

B) SISTEMA DE CLASIFICACIÓN PARA ALMACENAR LAS SUBSTANCIAS QUÍMICAS.

Para almacenarlas se toma en cuenta las incompatibilidades químicas de las sustancias. Es decir, si cuando dos reactivos al entrar en contacto accidentalmente producen fuego, gases tóxicos, gases inflamables, explosiones o calor excesivo, se dice que son incompatibles químicamente. Para evitar esto, la medida de prevención que se sigue es almacenarlos por separado (por ejemplo : pirofóricos lejos de inflamables, oxidantes fuertes separados de reductores fuertes). Con este fin, se ha desarrollado el sistema "SAF-T-DATA" que consiste en cinco colores lisos y tres rayados de almacenamiento. Los colores rayados son sustancias incompatibles químicamente con los de su misma clasificación.

Se tienen los siguientes tipos y colores de almacenamiento :

1. **AZUL**- riesgo de salud (tóxicos, venenos por ingestión, inhalación o absorción por la piel). Almacenar bajo llave para tenerlos bajo control y en lugares frescos y secos.
2. **ROJO**- riesgo de fuego (inflamables, comburentes). Almacenar lejos de fuentes de ignición, en lugares frescos y secos en anaqueles para sustancias inflamables.
3. **AMARILLO**- riesgo de explosión o de inicio de fuego, altamente reactivos :explosivos, oxidantes fuertes y reductores fuertes. Almacenar lejos de sustancias inflamables o combustibles.
4. **BLANCO**- riesgo al contacto (corrosivos) (ácidos). Almacenar en área a prueba de corrosivos.
5. **ANARANJADO**- bajo riesgo. Sustancias con una categoría no mayor de 2 en ninguna categoría de riesgo. Almacenar en un área general de químicos. Como no presentan ningún riesgo especial pueden almacenarse junto con cualquier otro tipo de reactivo.
6. **ROJO RAYADOS SÓLIDOS INFLAMABLES, REACTIVOS O SOLUCIONES PIROFÓRICAS**
7. **AMARILLO RAYADOS MUY REACTIVOS, DEBEN TENER ALMACÉN INDIVIDUAL.**
8. **BLANCOS RAYADOS(CORROSIVOS) LAS BASES SEPARADAS DE LOS ÁCIDOS.**

Este sistema es utilizado por la compañía BAKER y en los reactivos que vende incluye esta información en sus etiquetas, donde también proporciona los números que deben ir en los rombos del inciso anterior. Grosso modo, el riesgo más importante, es decir, el riesgo con el mayor número (3 o 4) indicará el color de almacenamiento.

El cuarto general de reactivos del IIM está destinado para guardar principalmente sustancias inflamables, aunque las de bajo riesgo y las tóxicos pueden permanecer ahí. Los reactivos se han ordenado por fórmula mínima para facilitar su ubicación. Se han etiquetado los frascos de los reactivos con el color del tipo de almacenamiento. Los de almacenamiento amarillo y los rayados se reubicaron (separados unos de otros) provisionalmente en un anaquel para inflamables blindado.

En el inventario levantado, de mayo a agosto 1998, por la Comisión Mixta Auxiliar de Seguridad e Higiene del IIM (CMASH) se usó el COLOR ROSA para sustancias no identificadas, caducas, descompuestas (deben de eliminarse según norma ecológica NOM-054-ECOL-1993. Ver inciso C)).

La fecha de caducidad de los compuestos es importante porque los compuestos higroscópicos absorben agua con el tiempo, los anhídros dejan de serlo, otros se descomponen formando peróxidos (aldehídos, éteres, vinílicos, alquenos, etc), algunos cambian de estado de oxidación, algunos reactivos son tan reactivos que destruyen los recipientes que los contienen, así se encuentren aun en las latas cerradas, etc. Por ello se debe levantar el inventario de los reactivos de los laboratorios y verificarlo al menos una vez al año. Lo que se debe

observar al hacerlo es que: los reactivos tengan el mismo aspecto que tenían de nuevos, las tapas estén en buen estado (no rotas), los frascos estén bien tapados, no hayan llegado a la fecha de caducidad, las etiquetas estén bien pegadas y legibles (si no es así se deberá pegar con cinta transparente la etiqueta y poner una segunda con el nombre de la sustancia claramente escrito, respectivamente). En caso de estar caducos, se deberá verificar la calidad del reactivo, analizar y destruir peróxidos, o proceder a eliminar el reactivo o disolvente siguiendo los lineamientos de las hojas de seguridad del reactivo respectivo y la clasificación del residuo según la norma descrita en el siguiente inciso.

Todos los proveedores de reactivos deben proporcionar las hojas de seguridad de cada sustancia que se compre (MSDS) y pueden solicitarse. Una copia de las mismas se entregará a la biblioteca para armar un archivo de hojas MSDS de los reactivos del IIM.

Se deben de utilizar siempre los reactivos que se compraron primero y luego los que se compraron al último, a manera de evitar que se vuelvan basura los más viejos. Todos los éteres que tengan más de cinco años de haberse comprado se desecharán, debido al alto riesgo de explosión al abrirlos.

Como una medida para controlar la caducidad, el IIM está fechando la entrada al almacén del instituto en una etiqueta verde que contiene la información de quién la compró, a qué departamento pertenece y la fecha en que se abrió. Esta última información debe ser llenada por cada académico cuando utilice la sustancia. En caso de que la etiqueta se haya puesto en la lata o bolsas que contienen dentro el envase con el reactivo, el académico toma la responsabilidad de pasar al envase del reactivo los datos de fecha de compra, su nombre (o sus iniciales), el Departamento al que pertenece y la fecha en la que se abrió el reactivo, con el fin de poder realizar el control respectivo posteriormente.

C) ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS.

Los desechos químicos, debido a que conservan sus propiedades inherentes, también se deben separar por incompatibilidades químicas para proceder a eliminarlos. Esto es fundamental también para que lo recojan las compañías que se dedican a disponer de la basura química. Hay 41 grupos de residuos químicos. Todo desecho químico debe clasificarse dentro de alguno de ellos. Si los disolventes o reactivos a eliminarse están separados, no deben juntarse, porque dificultan el proceso de clasificación de los residuos para incinerar, pirolisar o confinar.

Todo desecho químico deberá de eliminarse vía Secretaría Técnica llenando una solicitud de servicio para que se mande a alguien a retirarlos del laboratorio en cuestión. Cuando se usen frascos de reactivos vacíos para la recolección de basura química, deberá quitarse primeramente la etiqueta anterior, pegarse una nueva de papel (nunca masking tape), escribir con tinta la identificación del residuo (nombre químico y número de grupo de la tabla que se muestra a continuación), el nombre del investigador responsable y la fecha. Todo residuo químico se clasificará dentro de uno de los 41 grupos de la norma ecológica NOM-054-ECOL-1993, que son los mostrados en la tabla a continuación.

Copias de las normas completas con información adicional están disponibles en la Secretaría Técnica I. Para cualquier consulta química o duda sobre este documento favor de dirigirse a la Dra. Mirna Estrada. Por ninguna razón y por motivos de seguridad se deben bajar frascos por su cuenta y dejarlos abandonados en la zona para desechos químicos controlados por la Secretaría Técnica I o en cualquier otro lugar, ya que se están separando por incompatibilidades y llevando un control del tipo y cantidad de residuos.

La Comisión Mixta Auxiliar de Seguridad e Higiene del Instituto de Investigaciones en Materiales

ANEXO 3

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En esta sección se ubican las tablas obtenidas a partir de la implementación de la metodología propuesta. En donde se encontró la existencia de 181 sustancias.

Tabla A.3.1 Inventario de sustancias existentes en el caso de estudio.

°N	Sustancia	Formula química	Aspecto físico	# CAS	# UN	HIMS	NFPA	SGA	CR
1	1,1-bis(difenilfosfinol ferroceno) dicloropaladio	(C ₁₇ H ₁₄ P) ₂ Fe · PdCl ₂	Polvo rojo ladrillo	72287-26-4	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	NP
2	1-propanol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	Líquido incoloro	71-23-8	1274	S3, I3, F0, G	S1, I3, R0	F, S	3
3	2,2-bipiridilo	C ₁₀ H ₈ N ₂	Cristales blancos	366-18-7	2811	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
4	Aceite de silicón		Líquido incoloro						
5	Aceite mineral		Líquido incoloro	8012-95-1	1268	S2, I1, F0	S2, I1, R0, A	S	3
6	Acetato de bario	(CH ₃ COO) ₂ Ba	Cristales blancos	543-80-6	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	NP
7	Acetato de cobre (II)	Cu(CO ₂ CH ₃) ₂ · H ₂ O	Polvo fino azul-verde	66923-66-8	3077	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	9
8	Acetato de estaño (II)	Sn(CH ₃ CO ₂) ₂	Sólido blanco	638-39-1	3146	NP	NP	S	6.1
9	Acetato de etilo	CH ₃ COOC ₂ H ₅	Líquido incoloro	141-78-6	1173	S3, I3, F1, H	S2, I3, R1	F, S	3
10	Acetato de indio (III) hidratado	(CH ₃ CO ₂) ₃ In · H ₂ O	Sólido blanco	304671-64-5	X	NP	NP	NP	NP
11	Acetato de iterbio (III) tetrahidratado	Yb(C ₂ H ₃ O ₂) ₃ · 4H ₂ O	Polvo blanco	15280-58-7	X	NP	NP	NP	NP
12	Acetato de paladio (II)	Pd(OCCOCH ₃) ₂	Polvo mostaza	3375-31-3	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	NP
13	Acetato de plomo (II) trihidratado	Pb(CH ₃ CO ₂) ₂ · 3H ₂ O	Sólido blanco	6080-56-4	1616	S1, I0, F0	NP	S, MA	6.1
14	Acetato de tulio (III) hidratado	Tm(CH ₃ CO ₂) ₃ · H ₂ O	Cristales blancos	207738-11-2	X	NP	NP	NP	NP
15	Acetato de uranio	UO ₂ (CH ₃ COO) ₂ · 2H ₂ O	Polvo amarillo	6159-44-0 541-09-3	2910 3288	S3, I0, F0	S4, I0, R0	S, MA	7, 6.1
16	Acetilacetato de cadmio	Cd(C ₂ H ₇ O ₂) ₂	Polvo blanco	14689-45-3	2570	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	6.1
17	Acetilacetato de platino (II)	Pt(C ₅ H ₇ O ₂) ₂	Polvo amarillo	15170-57-7	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	NP
18	Acetilacetato de rodio (III)	[CH ₃ COCH=C(O-)CH ₃] ₃	Sólido anaranjado	14284-92-5	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	NP
19	Acetona	CH ₃ COCH ₃	Líquido incoloro	67-64-1	1090	S3, I3, F0, G	S1, I3, R0	F, S	3
20	Acetonitrilo anhídrido	CH ₃ CN	Líquido incoloro	75-05-8	1648	S3, I3, F0, K	S2, I3, R0	F, S	3
21	Ácido acético	CH ₃ CO ₂ H	Líquido incoloro	64-19-7	2789	S4, I2, F0, H	S3, I2, R0	F, S, MA	8, 3
22	Ácido acrílico	CH ₂ =CHCOOH	Líquido incoloro	79-10-7	2218	S3, I2, F2, H	S3, I2, R2	F, S, MA	8, 3
23	Ácido bórico	H ₃ BO ₃	Sólido blanco	10043-35-3	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
24	Ácido cítrico	C ₆ H ₈ O ₇	Cristales blancos	77-92-9	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
25	Ácido clorhídrico	HCl	Líquido amarillo claro	7647-01-0	1789	S3, I0, F0, H	S3, I0, R1	S	8
26	Ácido estéarico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	Sólido blanco	57-11-4	X	S1, I1, F0, A	S1, I1, R0	S	6.1
27	Ácido fosfónico	H ₃ PO ₃	Cristales blancos	13598-36-2	2834	S3, I0, F1	S3, I0, R1	S	8
28	Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	Líquido incoloro	7664-38-2	1805	S3, I0, F0, F	S3, I0, R0	S	8
29	Ácido nítrico	HNO ₃	Líquido incoloro	7697-37-2	2031	S3, I0, F3, K	S3, I0, R2, OX	F, S	8, 5.1
30	Ácido oxálico	C ₂ H ₂ O ₄	Polvo blanco	144-62-7	3261	S3, I1, F0, B	S3, I1, R0	S	8
31	Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	Líquido incoloro	7664-93-9	1830	S4, I0, F2, A	S3, I0, R2, W	S, MA	8
32	Alcohol bencílico	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	Líquido incoloro	100-51-6	3334	S2, I1, F1, J	S2, I1, R1	S, MA	9
33	Alcohol etílico	CH ₃ CH ₂ OH	Líquido incoloro	64-17-5	1170	S4, I3, F0, H	S2, I3, R0	F, S	3
34	Azufre precipitado	S	Polvo blanco	7704-34-9	2448 1350	NP	S2, I1, R0	F, S	4.1, 9
35	Baño de aceite		Líquido incoloro						
36	Boro	B	Cristales plata	7440-42-8	X	S1, I0, F0	S1, I0, R0	S	NP
37	Bromuro de cobre (I)	CuBr	Polvo verde	7787-70-4	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
38	Bromuro de cobre (II)	CuBr ₂	Sólido plata metálico	7789-45-9	3260	S3, I0, F0	S3, I0, R0	S	8
39	Buffer mezcla salina pH3.4		Polvo						
40	Carbonato de bario	BaCO ₃	Polvo blanco	513-77-9	1564	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
41	Carbonato de calcio	CaCO ₃	Polvo blanco	471-34-1	X	S1, I0, F0, D	S1, I0, R0	NP	6.1
42	Carbonato de cesio	Cs ₂ CO ₃	Polvo blanco	534-17-8	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	NP
43	Carbonato de estroncio	SrCO ₃	Polvo gris claro	1633-05-2	X	NP	S1, I0, R0	NP	NP
44	Carbonato de litio	Li ₂ CO ₃	Polvo blanco	554-13-2	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	6.1
45	Carbonato de plomo(II)	PbCO ₃	Polvo blanco	598-63-0	3077	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	9
46	Carbonato de potasio	K ₂ CO ₃	Polvo blanco	584-08-7	1814	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	8
47	Carbonato de rubidio	Rb ₂ CO ₃	Polvo blanco	584-09-8	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	NP
48	Carbonato de sodio	Na ₂ CO ₃	Polvo blanco	497-19-8	X	S2, I0, F1	S2, I0, R1	S	NP
49	Citrato	C ₆ H ₅ O ₇ -	Cristales blancos	77-92-9	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
50	Cloroformo	CHCl ₃	Líquido incoloro	67-66-3	1888	S4, I0, F0, K	S2, I0, R0	S, MA	6.1

51	Cloruro de bario dihidratado	BaCl ₂ · 2H ₂ O	Cristales blancos	10326-27-9	1564	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S	6.1
52	Cloruro de cadmio	CdCl ₂	Perlas blancas	10108-64-2	2570	S4, IO, F0	S4, IO, R0	S, MA	6.1
53	Cloruro de hierro (II) tetrahidratado	FeCl ₂ · 4H ₂ O	Cristales verde claro	13478-10-9	1759	S3, IO, F0	S3, IO, R0	S	8
54	Cloruro de litio	LiCl	Polvo blanco	7447-41-8	X	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S, MA	6.1
55	Cloruro de magnesio	MgCl ₂	Cristales blancos	7786-30-3	2920	S1, IO, F0	S1, IO, R0	S	8
56	Cloruro de oxalilo	C ₂ O ₂ Cl ₂	Líquido incoloro	79-37-8	2922	S3, IO, F0	S3, IO, R0	S	8, 6.1
57	Cloruro de potasio	KCl	Polvo blanco	7447-40-7	X	S1, IO, F0	S0, IO, R0	S, MA	6.1
58	Cloruro de rutenio (III) hidratado	RuCl ₃ · H ₂ O	Polvo gris oscuro	14898-67-0	3260	S3, IO, F0	S3, IO, R0	S	8
59	Cloruro de Sodio	NaCl	Granulado incoloro	7647-14-5	X	S1, IO, F0	S1, IO, R0	S	6.1
60	Cloruro Férrico	FeCl ₃	Líquido	7705-08-0	1773	S2, IO, F0	S2, IO, R0	F, S, MA	8
61	Diclorometano	CH ₂ Cl ₂	Líquido incoloro	75-09-2	1593	S4, I1, F0, K	S2, I1, R0	S	6.1
62	Dicromato de potasio	K ₂ Cr ₂ O ₇	Cristales anaranjados	7778-50-9	3087 3086	S4, IO, F3	S4, IO, R3, W	F, S, MA	5.1, 6
63	Dióxido de germanio (IV)	GeO ₂	Polvo blanco	1310-53-8	X	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S	NP
64	Dióxido de plomo (IV)	PbO ₂	Polvo anaranjado	1309-60-0	1872	S2, IO, F1	S2, IO, R1, OX	F, S, MA	5.1
65	Dióxido de silicio	SiO ₂	Polvo blanco	7631-86-9	X	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S	6.1
66	Etilamina	C ₂ H ₅ NH ₂	Gas licuado	75-04-7	1036	S3, I4, F3	S3, I4, R0, B	F, S	2.1
67	Etilenglicol	HOCH ₂ CH ₂ OH	Líquido incoloro	107-21-1	3082	S4, I1, F0, I	S2, I1, R0	S	9
68	Europio	Er	Virutas gris	7440-53-1	2813	S0, I3, F1	S0, IO, R1, W	F	4.3
69	Fenofaleina		Polvo blanco						
70	Fluoruro de calcio	CaF ₂	Polvo blanco	7789-75-5	X	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S	6.1
71	Fluoruro de cromo (III)	CrF ₂	Polvo verde claro	10049-10-2	3260	S3, IO, F0	S3, IO, R0	S	8
72	Fluoruro de lantano (III)	LaF ₃	Tabletas gris	13709-38-1	X	NP	NP	NP	NP
73	Formalín solución buffer		Líquido	S/CAS					
74	Fosfato de sodio dodecahidratado	Na ₃ PO ₄ · 12H ₂ O	Polvo beige	10101-89-0	3262	S3, IO, F0	S3, IO, R0	S	8
75	Glicerina	C ₃ H ₈ O ₃	Líquido	56-81-5	1760	S4, I1, F0, E	S1, I1, R0	S	8
76	Hexano	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	Líquido incoloro	110-54-3	1208	S3, I3, F0, K	S1, I3, R0	F, S, MA	3
77	Hidróxido de amonio	NH ₄ OH	Líquido incoloro	1336-21-6	2672	S3, I1, R0, H	S3, I1, R0	S, MA	8
78	Hidróxido de calcio	CaOH ₂	Polvo blanco	1305-62-0	X	S3, IO, F0, F	S3, IO, R0	S, MA	6.1, 9
79	Hidróxido de cerio (IV)	Ce(OH) ₄	Trozos	12014-56-1	X			S	NP
80	Hidróxido de cesio hidratado	CsOH · H ₂ O	Cristales blancos	12260-45-6	2682	S3, I1, F1, F	S3, I1, R1, S	S	8
81	Hidróxido de litio monohidratado	LiOH · H ₂ O	Cristales blancos	1310-66-3	2680	S3, IO, F0	S3, IO, R0	S, MA	8
82	Hidróxido de potasio	KOH	Lentejas	1310-58-3	1813	S3, I1, F1, E	S3, IO, R1, W	S, MA	8
83	Hidróxido de sodio	NaOH	Lentejas	1310-73-2	1823	S3, IO, F1, F	S3, IO, R1	S	8
84	Hidruro de calcio	CaH ₂	Polvo gris claro	7789-78-8	1404	S0, I3, F2	S0, IO, R2, W	F	4.3
85	Lauril sulfato de sodio	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ OSO ₃ Na	Líquido T.30% Polvo blanco	151-21-3	2926	S2, I3, F3	S2, I3, R3	F, S, MA	4.1, 6.1
86	Mercurio	Hg	Líquido plata	7439-97-6	2809	S4, IO, F0, J	S4, IO, R0	S, MA	8
87	Metil metacrilato de metilo	CH ₂ =C(CH ₃)COOCH ₃	Cristales blancos	80-62-6	1247	S2, I3, F2	S3, I3, R2, G	F, S	3
88	Metil-etil-cetona	C ₂ H ₅ COCH ₃	Líquido incoloro	78-93-3	1193	S3, I3, F0, G	S1, I3, R0	F, S	3
89	Molibdeno	Mo	Polvo gris-plata-negro	7439-98-7	3089	S3, I1, F3, E	S2, I1, R3	F	4.1
90	Niobio	Nb	Polvo plata-gris	7440-03-1	1383	S0, I4, F3	S0, IO, R3	F	4.2
91	Nitrato cúprico trihidratado	Cu(NO ₃) ₂ · 3H ₂ O	Cristales azules	10031-43-3 7782-61-8	1477	S3, IO, F2	S3, IO, R2, OX	F, S, MA	5.1
92	Nitrato de hierro (III) nonahidratado	Fe(NO ₃) ₃ · 9H ₂ O	Cristales lila	10421-48-4	1466	S2, IO, F1	S2, IO, R1, OX	F, S	5.1
93	Nitrato de indio(III) hidratado	In(NO ₃) ₃ · H ₂ O	Polvo blanco	207398-97-8	1477	S2, IO, F2	S2, IO, R2, OX	F, S	5.1
94	Nitrato de plomo (II)	Pb(NO ₃) ₂	Sólido blanco	10099-74-8	1469	S2, IO, F2	S2, IO, R2, OX	F, S, MA	5.1, 6.1
95	N-N-dimetil formamida anhídrido	HCON(CH ₃) ₂	Líquido incoloro	68-12-2	2265	S4, I2, F0, K	S2, I2, R0	F, S	3
96	Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	Polvo blanco	1344-28-1	X	NP	NP	NP	
97	Óxido de antimonio (III)	Sb ₂ O ₃	Polvo blanco	1309-64-4	3077	S4, I1, F0, E	S0, S1, R0	S, MA	6.1, 9
98	Óxido de arsénico (III)	As ₂ O ₃	Polvo blanco	1327-53-3	1561	NP	S3, IO, R0	S, MA	6.1
99	Óxido de bismuto	Bi ₂ O ₃	Polvo amarillo claro	1304-76-3	X	S1, IO, F0	NP	S	NP
100	Óxido de cadmio	CdO	Polvo café	1306-19-0	2570	S3, IO, F0	S4, IO, R0	S, MA	6.1
101	Óxido de cerio (IV)	CeO ₂	Polvo amarillo claro	1306-38-3		S1, IO, F0	S1, IO, R0	S	NP
102	Óxido de cobalto (II)	CoO	Polvo gris	1307-96-6	3288	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S, MA	6.1
103	Óxido de cobalto (II,III)	Co ₃ O ₄	Polvo gris claro	1308-06-1	X	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S, MA	NP
104	Óxido de cobre (II)	CuO	Polvo negro	1317-38-0	3077	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S, MA	9
105	Óxido de cromo (III)	Cr ₂ O ₃	Polvo verde militar	1308-38-9	X	NP	NP	S	NP
106	Óxido de cromo (VI)	CrO ₃	Polvo violeta	1333-82-0	1463	S3, IO, F2, OX	S3, IO, R2, F	F, S, MA	5.1, 6, 8
107	Óxido de disprosio (III)	Dy ₂ O ₃	Polvo beige	1308-87-8	X	NP	NP	NP	NP
108	Óxido de erbio (III)	Er ₂ O ₃	Polvo rosa	12061-16-4	X	NP	NP	S	NP
109	Óxido de escandio (III)	Sc ₂ O ₃	Polvo blanco	12060-08-1	X	NP	NP	NP	NP
110	Óxido de estaño	SnO ₂	Polvo blanco	18282-10-5	X	S2, IO, F0, A	S1, IO, R0	NP	
111	Óxido de europio (III)	Eu ₂ O ₃	Polvo blanco	1308-96-9	X	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S	NP
112	Óxido de gadolinio (III)	Gd ₂ O ₃	Polvo blanco	12064-62-9	X	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S	NP
113	Óxido de galio (III)	Ga ₂ O ₃	Polvo blanco	12024-21-4	X	NP	NP	NP	
114	Óxido de hafnio (IV)	HfO ₂	Polvo blanco	12055-23-1	X	NP	NP	NP	NP
115	Óxido de hierro (II, III)	Fe ₃ O ₄	Polvo negro	1317-61-9	1376	S2, IO, F0, A	S1, IO, R0	S	4
116	Óxido de hierro (III)	Fe ₂ O ₃	Polvo rojo ladrillo	1309-37-1	1376	S2, IO, F0, A	S1, IO, R0	S	4.2
117	Óxido de holmio(III)	Ho ₂ O ₃	Polvo beige	12055-62-8	X	NP	NP	NP	NP
118	Óxido de indio (III)	In ₂ O ₃	Polvo amarillo claro	1312-43-2	X	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S	NP
119	Óxido de iridio (IV)	IrO ₂	Polvo gris	12030-49-8	X	NP	NP	NP	NP
120	Óxido de iterbio (III)	Yb ₂ O ₃	Polvo blanco	1314-37-0	X	S2, IO, F0	S2, IO, R0	S	NP

126	Óxido de mercurio (II)	HgO	Polvo mostaza	21908-53-2	1641	S4, IO, FO	S4, IO, RO	S, MA	6.1
127	Óxido de neodimio (III)	Nd ₂ O ₃	Polvo lila	1313-97-9	X	NP	NP	NP	NP
128	Óxido de niobio (V)	Nb ₂ O ₅	Polvo fino blanco	1313-96-8	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
129	Óxido de níquel (II)	NiO	Polvo verde militar	1313-99-1	3288	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	6.1
130	Óxido de paladio hidratado	PdO · H ₂ O	Polvo gris oscuro	64109-12-2	X	NP	NP	NP	NP
131	Óxido de plomo (II)	PbO	Polvo amarillo	1317-36-8	2291	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S, MA	6.1
132	Óxido de praseodimio (III,IV)	Pr ₆ O ₁₁	Polvo negro	12037-29-5	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
133	Óxido de renio (IV)	ReO ₂	Polvo gris oscuro	12036-09-8	X	NP	NP	NP	NP
134	Óxido de rodio (III) anhidrido	Rh ₂ O ₃	Polvo gris	12036-35-0	X	NP	NP	NP	NP
135	Óxido de rutenio (IV)	RuO ₂	Polvo fino negro	12036-10-1	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
136	Óxido de samario (III)	Sm ₂ O ₃	Polvo beige	12060-58-1	X	NP	NP	NP	NP
137	Óxido de tantalio (V)	Ta ₂ O ₅	Polvo beige	1314-61-0	X	NP	NP	NP	NP
138	Óxido de titanio (IV)(aeróxido)	TiO ₂	Polvo blanco	13463-67-7	X	S2, IO, FO, B	S1, IO, RO	S	6.1
139	Óxido de torio	ThO ₂	Polvo blanco	1314-20-1	2910	S3, IO, FO	S4, IO, RO	S	7
140	Óxido de tulio (III)	Tm ₂ O ₃	Polvo amarillo claro	12036-44-1	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
141	Óxido de tungsteno (VI)	WO ₃	Polvo verde-amarillo	1314-35-8	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
142	Óxido de zinc	ZnO	Polvo blanco	1314-13-2	3077	S3, I1, FO, E	S2, I1, RO	S, MA	9
143	Óxido de zirconio	ZrO ₂	Película delgada	1314-23-4 7440-67-7					
144	Pentafluoruro de tiofenol	C ₆ F ₅ SH	Polvo blanco	771-62-0	2922	S3, I2, FO	S3, I2, RO	F, S	8, 6.1
145	Perclorato de litio	LiClO ₄	Granulado blanco	7791-03-9	1481	S2, IO, F2	S2, IO, F2, OX	F, S	5.1
146	Persulfato de potasio	K ₂ S ₂ O ₈	Cristales blancos	7727-21-1	1492	S3, IO, F3	S3, IO, R1, OX	S	5.1
147	Plata	Ag	Cristales plata	7440-22-4	3077	S2, I1, FO, B	S1, I1, RO	NP	9
148	Polvo de arsénico	As	Polvo gris-plata	7440-38-2	1558	S4, I1, FO, F	S3, I1, RO	S, MA	6.1
149	Polvo de berilio	Be	Polvo gris	7440-41-7	1567	S4, I1, FO, E	S3, I3, R3	S	6.1, 4.1
150	Polvo de cobalto	Co	Polvo gris claro	7440-48-4	3178	S3, I3, F3, E	S2, I3, R3	S, MA	4.1
151	Polvo de hierro	Fe	Polvo gris	7439-89-6	1383	S0, IO, F2	S0, IO, R2	F	4.1
152	Polvo de iridio	Ir	Polvo gris claro	7439-88-5	3089	S2, IO, F3	S2, IO, R3	S	4.1
153	Polvo de níquel	Ni	Povo plata metálico	7440-02-0	3089	S3, I1, F3, K	S2, I4, R1	S, MA	4.1
154	Polvo de oro	Au	Polvo amarillo	7440-57-5	X	NP	NP	NP	NP
155	Polvo de osmio	Os	Polvo fino negro	7440-04-2	3089	S2, IO, F3	S2, IO, R3	F, S	4.1
156	Polvo de paladio	Pd	Polvo	7440-05-3	3089	S2, I3, F3	S2, I3, R3	S	4.1
157	Polvo de platino	Pt	Polvo gris oscuro	7440-06-4	3089	S3, I3, F3, B	S2, I3, R3	F	4.1
158	Polvo de renio	Re	Polvo gris	7440-15-5	3089	S0, IO, F3	S0, IO, R3	F	4.1
159	Referencia Electro/pH 3.5 M KCl+AgCl		Líquido incoloro						
160	Resina		Polvo blanco						
161	Rodio	Rh	Polvo gris claro	7440-16-6	3089	S2, I3, F3, B	S1, I3, R3	F	4.1
162	Rutenio negro	Ru	Polvo fino negro	7440-18-8	3089	S0, IO, F3	S0, IO, R3	F	4.1
163	Solución para electrodo cloruro de hidrogeno + potasio liquido		Líquido						
164	Sulfato de bario	BaSO ₄	Polvo blanco	7727-43-7	1564	NP	NP	S	6.1
165	Sulfato de calcio	CaSO ₄	Sólido blanco	7778-18-9	X	S1, IO, FO, A	NP	NP	NP
166	Sulfato de calcio dihidratado	CaSO ₄ · 2H ₂ O	Polvo blanco	10101-41-4	X	NP	NP	NP	NP
167	Sulfato de magnesio	MgSO ₄	Polvo blanco	7487-88-9	X	NP	NP	NP	NP
168	Sulfato de Manganeso (II) hidratado	MnSO ₄ · H ₂ O	Sólido blanco	10034-96-5	3077	NP	NP	S, MA	9
169	Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	Polvo blanco	7778-80-5	X	NP	NP	NP	NP
170	Sulfato ferroso heptahidratado	FeSO ₄ · 7H ₂ O	Polvo ver-amarillo	7782-63-0	3077	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	9
171	Sulfuro de bario	BaS	Polvo amarillo	21109-95-5	2813	S2, I3, F1, B	S2, I3, R1, W	F, S, MA	4.3
172	Tetracloruro de carbono	CCl ₄	Líquido incoloro	56-23-5	1846	S3, IO, FO, K	S3, IO, RO	S, MA	6.1
173	Tetrahidrofurano	C ₄ H ₈ O	Líquido	109-99-9	2056	S2, I3, F1, B	S2, I3, R1	F, S	3
174	Tetróxido de osmio	OsO ₄	Sólido amarillo	20816-12-0	2471	S4, I1, F2, I	S4, I1, R2	S	6.1
175	Tiosulfato de sodio pentahidratado	Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O	Cristales incoloros	10102-17-7	X	S1, IO, FO	S1, IO, R1	NP	NP
176	Tiourea	CH ₄ N ₂ S	Cristales blancos	62-56-6	3077 2811	S3, IO, FO	S2, IO, RO	S, MA	6.1, 9
177	Titanio	Ti	Barra plat-gris	7440-32-6	1352 2878 2546	NP	NP	NP	4.1,4.2
178	Tolueno anhidrido	C ₆ H ₅ CH ₃	Líquido incoloro	108-88-3	1294	S3, I3, FO, G	S2, I3, RO	F, S, MA	3
179	Trimetalaluminio	(CH ₃) ₃ Al	Líquido	75-24-1	3394 3051	S3, I4, F3	S3, I3, R3	F, S	4.2, 4.3
180	Yoduro de potasio	IK	Perlas blancas	7681-11-0	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	6.1
181	Zinc	Zn	Polvo gris	7440-66-6	1436	NP	NP	MA	4.3, 4.2

Tabla A.3.2 Clasificación de Sustancias Químicas con base a las NOM-002-SCT-2011, NOM-010-SCT/2-2009 y NOM-018-STPS-2000.

°N	Sustancia	Formula química	Aspecto físico	# CAS	# UN	HIMS	NFPA	SGA	CR
1	Etilamina	C ₂ H ₅ NH ₂	Gas licuado	75-04-7	1036	S3, I4, F3	S3, I4, R0, B	F, S	2.1
2	1-propanol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	Líquido incoloro	71-23-8	1274	S3, I3, F0, G	S1, I3, R0	F, S	3
3	Aceite mineral		Líquido incoloro	8012-95-1	1268	S2, I1, F0	S2, I1, R0, A	S	3
4	Acetato de etilo	CH ₃ COOC ₂ H ₅	Líquido incoloro	141-78-6	1173	S3, I3, F1, H	S2, I3, R1	F, S	3
5	Acetona	CH ₃ COCH ₃	Líquido incoloro	67-64-1	1090	S3, I3, F0, G	S1, I3, R0	F, S	3
6	Acetonitrilo anhidrido	CH ₃ CN	Líquido incoloro	75-05-8	1648	S3, I3, F0, K	S2, I3, R0	F, S	3
7	Alcohol etílico	CH ₃ CH ₂ OH	Líquido incoloro	64-17-5	1170	S4, I3, F0, H	S2, I3, R0	F, S	3
8	Hexano	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	Líquido incoloro	110-54-3	1208	S3, I3, F0, K	S1, I3, R0	F, S, MA	3
9	Metil metacrilato de metilo	CH ₂ =C(CH ₃)COOCH ₃	Cristales blancos	80-62-6	1247	S2, I3, F2	S3, I3, R2, G	F, S	3
10	Metil-etil-cetona	C ₂ H ₅ COCH ₃	Líquido incoloro	78-93-3	1193	S3, I3, F0, G	S1, I3, R0	F, S	3
11	N-N-dimetil formamida anhidrido	HCON(CH ₃) ₂	Líquido incoloro	68-12-2	2265	S4, I2, F0, K	S2, I2, R0	F, S	3
12	Tetrahidrofurano	C ₄ H ₈ O	Líquido	109-99-9	2056	S2, I3, F1, B	S2, I3, R1	F, S	3
13	Tolueno anhidrido	C ₆ H ₅ CH ₃	Líquido incoloro	108-88-3	1294	S3, I3, F0, G	S2, I3, R0	F, S, MA	3
14	Óxido de hierro (II, III)	Fe ₂ O ₄	Polvo negro	1317-61-9	1376	S2, I0, F0, A	S1, I0, R0	S	4
15	Molibdeno	Mo	Polvo gris	7439-98-7	3089	S3, I1, F3, E	S2, I1, R3	F	4.1
16	Polvo de cobalto	Co	Polvo gris claro	7440-48-4	3178	S3, I3, F3, E	S2, I3, R3	S, MA	4.1
17	Polvo de hierro	Fe	Polvo gris	7439-89-6	1383	S0, I0, F2	S0, I0, R2	F	4.1
18	Polvo de iridio	Ir	Polvo gris claro	7439-88-5	3089	S2, I0, F3	S2, I0, R3	S	4.1
19	Polvo de níquel	Ni	Polvo plata	7440-02-0	3089	S3, I1, F3, K	S2, I4, R1	S, MA	4.1
20	Polvo de osmio	Os	Polvo fino negro	7440-04-2	3089	S2, I0, F3	S2, I0, R3	F, S	4.1
21	Polvo de paladio	Pd	Polvo	7440-05-3	3089	S2, I3, F3	S2, I3, R3	S	4.1
22	Polvo de platino	Pt	Polvo gris oscuro	7440-06-4	3089	S3, I3, F3, B	S2, I3, R3	F	4.1
23	Polvo de renio	Re	Polvo gris	7440-15-5	3089	S0, I0, F3	S0, I0, R3	F	4.1
24	Rodio	Rh	Polvo gris claro	7440-16-6	3089	S2, I3, F3, B	S1, I3, R3	F	4.1
25	Rutenio negro	Ru	Polvo fino negro	7440-18-8	3089	S0, I0, F3	S0, I0, R3	F	4.1
26	Titanio	Ti	Barra plata-gris	7440-32-6	2546	NP	NP	NP	4.1,4.2
27	Lauril sulfato de sodio	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ OSO ₃ Na	Líquido T.30%	151-21-3	2926	S2, I3, F3	S2, I3, R3	F, S, MA	4.1, 6.1
28	Azufre precipitado	S	Polvo blanco	7704-34-9	1350	NP	S2, I1, R0	F, S	4.1, 9
29	Niobio	Nb	Polvo plata-gris	7440-03-1	1383	S0, I4, F3	S0, I0, R3	F	4.2
30	Óxido de hierro (III)	Fe ₂ O ₃	Polvo rojo ladrillo	1309-37-1	1376	S2, I0, F0, A	S1, I0, R0	S	4.2
31	Trimetilaluminio	(CH ₃) ₃ Al	Líquido	75-24-1	3051	S3, I4, F3	S3, I3, R3	F, S	4.2, 4.3
32	Zinc	Zn	Polvo gris	7440-66-6	1436	NP	NP	MA	4.3, 4.2
33	Europio	Er	Virutas gris	7440-53-1	2813	S0, I3, F1	S0, I0, R1, W	F	4.3
34	Hidruro de calcio	CaH ₂	Polvo gris claro	7789-78-8	1404	S0, I3, F2	S0, I0, R2, W	F	4.3
35	Sulfuro de bario	BaS	Polvo amarillo	21109-95-5	2813	S2, I3, F1, B	S2, I3, R1, W	F, S, MA	4.3
36	Dióxido de plomo (IV)	PbO ₂	Polvo anaranjado	1309-60-0	1872	S2, I0, F1	S2, I0, R1, OX	F, S, MA	5.1
37	Nitrato Cúprico trihidratado	Cu(NO ₃) ₂ · 3H ₂ O	Cristales azules	10031-43-3	1477	S3, I0, F2	S3, I0, R2, OX	F, S, MA	5.1
38	Nitrato de hierro (III) nonahidratado	Fe(NO ₃) ₃ · 9H ₂ O	Cristales lila	10421-48-4	1466	S2, I0, F1	S2, I0, R1, OX	F, S	5.1
39	Nitrato de indio(III) hidratado	In(NO ₃) ₃ · H ₂ O	Polvo blanco	207398-97-8	1477	S2, I0, F2	S2, I0, R2, OX	F, S	5.1
40	Perclorato de litio	LiClO ₄	Granulado blanco	7791-03-9	1481	S2, I0, F2	S2, I0, F2, OX	F, S	5.1
41	Persulfato de potasio	K ₂ S ₂ O ₈	Cristales blancos	7727-21-1	1492	S3, I0, F3	S3, I0, R1, OX	S	5.1
42	Dicromato de potasio	K ₂ Cr ₂ O ₇	Cristales anaranjados	7778-50-9	3086	S4, I0, F3	S4, I0, R3, W	F, S, MA	5.1, 6
43	Nitrato de plomo (II)	Pb(NO ₃) ₂	Sólido blanco	10099-74-8	1469	S2, I0, F2	S2, I0, R2, OX	F, S, MA	5.1, 6.1
44	Óxido de cromo (VI)	CrO ₃	Polvo violeta	1333-82-0	1463	S3, I0, F2, OX	S3, I0, R2, F	F, S, MA	5.1, 6, 8
45	2,2-bipiridilo	C ₁₀ H ₈ N ₂	Cristales blancos	366-18-7	2811	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
46	Acetato de estaño (II)	Sn(CH ₃ CO ₂) ₂	Sólido blanco	638-39-1	3146	NP	NP	S	6.1
47	Acetato de plomo(II) trihidratado	Pb(CH ₃ CO ₂) ₂ · 3H ₂ O	Sólido blanco	6080-56-4	1616	S1, I0, F0	NP	S, MA	6.1
48	Acetilacetato de cadmio	Cd(C ₂ H ₇ O ₂) ₂	Polvo blanco	14689-45-3	2570	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	6.1
49	Ácido bórico	H ₃ BO ₃	Sólido blanco	10043-35-3	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
50	Ácido cítrico	C ₆ H ₈ O ₇	Cristales blancos	77-92-9	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
51	Ácido estéarico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	Sólido blanco	57-11-4	X	S1, I1, F0, A	S1, I1, R0	S	6.1
52	Bromuro de cobre (I)	CuBr	Polvo verde	7787-70-4	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
53	Carbonato de bario	BaCO ₃	Polvo blanco	513-77-9	1564	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
54	Carbonato de calcio	CaCO ₃	Polvo blanco	471-34-1	X	S1, I0, F0, D	S1, I0, R0	NP	6.1
55	Carbonato de litio	Li ₂ CO ₃	Polvo blanco	554-13-2	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	6.1

56	Citrato	C ₆ H ₅ O ₇ ⁻	Cristales blancos	77-92-9	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
57	Cloroformo	CHCl ₃	Líquido incoloro	67-66-3	1888	S4, I0, F0, K	S2, I0, R0	S, MA	6.1
58	Cloruro de bario dihidratado	BaCl ₂ · 2H ₂ O	Cristales blancos	10326-27-9	1564	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
59	Cloruro de cadmio	CdCl ₂	Perlas blancas	10108-64-2	2570	S4, I0, F0	S4, I0, R0	S, MA	6.1
60	Cloruro de litio	LiCl	Polvo blanco	7447-41-8	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	6.1
61	Cloruro de potasio	KCl	Polvo blanco	7447-40-7	X	S1, I0, F0	S0, I0, R0	S, MA	6.1
62	Cloruro de sodio	NaCl	Granulado incoloro	7647-14-5	X	S1, I0, F0	S1, I0, R0	S	6.1
63	Diclorometano	CH ₂ Cl ₂	Líquido incoloro	75-09-2	1593	S4, I1, F0, K	S2, I1, R0	S	6.1
64	Dióxido de silicio	SiO ₂	Polvo blanco	7631-86-9	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
65	Fluoruro de calcio	CaF ₂	Polvo blanco	7789-75-5	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
66	Óxido de arsénico (III)	As ₂ O ₃	Polvo blanco	1327-53-3	1561	NP	S3, I0, R0	S, MA	6.1
67	Óxido de cadmio	CdO	Polvo café	1306-19-0	2570	S3, I0, F0	S4, I0, R0	S, MA	6.1
68	Óxido de cobalto (II)	CoO	Polvo gris	1307-96-6	3288	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	6.1
69	Óxido de magnesio	MgO	Polvo blanco	1309-48-4	X	S2, I0, F0, A	S2, I0, R0	NP	6.1
70	Óxido de mercurio (II)	HgO	Polvo mostaza	21908-53-2	1641	S4, I0, F0	S4, I0, R0	S, MA	6.1
71	Óxido de níquel (II)	NiO	Polvo verde militar	1313-99-1	3288	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
72	Óxido de plomo (II)	PbO	Polvo amarillo	1317-36-8	2291	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	6.1
73	Óxido de titanio (IV)(aeróxido)	TiO ₂	Polvo blanco	13463-67-7	X	S2, I0, F0, B	S1, I0, R0	S	6.1
74	Polvo de arsénico	As	Polvo gris plata	7440-38-2	1558	S4, I1, F0, F	S3, I1, R0	S, MA	6.1
75	Sulfato de bario	BaSO ₄	Polvo blanco	7727-43-7	1564	NP	NP	S	6.1
76	Tetracloruro de carbono	CCl ₄	Líquido incoloro	56-23-5	1846	S3, I0, F0, K	S3, I0, R0	S, MA	6.1
77	Tetróxido de osmio	OsO ₄	Sólido amarillo	20816-12-0	2471	S4, I1, F2, I	S4, I1, R2	S	6.1
78	Yoduro de potasio	IK	Perlas blancas	7681-11-0	X	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	6.1
79	Polvo de berilio	Be	Polvo gris	7440-41-7	1567	S4, I1, F0, E	S3, I3, R3	S	6.1, 4.1
80	Hidróxido de calcio	CaOH ₂	Polvo blanco	1305-62-0	X	S3, I0, F0, F	S3, I0, R0	S, MA	6.1, 9
81	Óxido de antimonio (III)	Sb ₂ O ₃	Polvo blanco	1309-64-4	3077 1549 3077	S4, I1, F0, E	S0, S1, R0	S, MA	6.1, 9
82	Tiourea	CH ₄ N ₂ S	Cristales blancos	62-56-6	2811	S3, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	6.1, 9
83	Óxido de torio	ThO ₂	Polvo blanco	1314-20-1 6159-44-0 2910	2910	S3, I0, F0	S4, I0, R0	S	7
84	Acetato de uranio	UO ₂ (CH ₃ COO) ₂ · 2H ₂ O	Polvo amarillo	541-09-3	3288	S3, I0, F0	S4, I0, R0	S, MA	7, 6.1
85	Ácido clorhídrico	HCl	Líquido	7647-01-0	1789	S3, I0, F0, H	S3, I0, R1	S	8
86	Ácido fosfónico	H ₃ PO ₃	Cristales blancos	13598-36-2	2834	S3, I0, F1	S3, I0, R1	S	8
87	Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	Líquido incoloro	7664-38-2	1805	S3, I0, F0, F	S3, I0, R0	S	8
88	Ácido oxálico	C ₂ H ₂ O ₄	Polvo blanco	144-62-7	3261	S3, I1, F0, B	S3, I1, R0	S	8
89	Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	Líquido incoloro	7664-93-9	1830	S4, I0, F2, A	S3, I0, R2, W	S, MA	8
90	Bromuro de cobre (II)	CuBr ₂	Sólido plata	7789-45-9	3260	S3, I0, F0	S3, I0, R0	S	8
91	Carbonato de potasio	K ₂ CO ₃	Polvo blanco	584-08-7	1814	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	8
92	Cloruro de hierro (II) tetrahidratado	FeCl ₂ · 4H ₂ O	Cristales verde	13478-10-9	1759	S3, I0, F0	S3, I0, R0	S	8
93	Cloruro de magnesio	MgCl ₂	Cristales blancos	7786-30-3	2920	S1, I0, F0	S1, I0, R0	S	8
94	Cloruro de rutenio (III) hidratado	RuCl ₃ · H ₂ O	Polvo gris oscuro	14898-67-0	3260	S3, I0, F0	S3, I0, R0	S	8
95	Cloruro Férrico	FeCl ₃	Líquido	7705-08-0	1773	S2, I0, F0	S2, I0, R0	F, S, MA	8
96	Fluoruro de cromo (II)	CrF ₂	Polvo verde claro	10049-10-2	3260	S3, I0, F0	S3, I0, R0	S	8
97	Fosfato de sodio dodecahidratado	Na ₃ PO ₄ · 12H ₂ O	Polvo beige	10101-89-0	3262	S3, I0, F0	S3, I0, R0	S	8
98	Glicerina	C ₃ H ₈ O ₃	Líquido	56-81-5	1760	S4, I1, F0, E	S1, I1, R0	S	8
99	Hidróxido de amonio	NH ₄ OH	Líquido incoloro	1336-21-6	2672	S3, I1, R0, H	S3, I1, R0	S, MA	8
100	Hidróxido de cesio hidratado	CSOH · H ₂ O	Cristales blancos	12260-45-6	2682	S3, I1, F1, F	S3, I1, R1,	S	8
101	Hidróxido de litio monohidratado	LiOH · H ₂ O	Cristales blancos	1310-66-3	2680	S3, I0, F0	S3, I0, R0	S, MA	8
102	Hidróxido de potasio	KOH	Lentejas	1310-58-3	1813	S3, I1, F1, E	S3, I0, R1, W	S, MA	8
103	Hidróxido de sodio	NaOH	Lentejas	1310-73-2	1823	S3, I0, F1, F	S3, I0, R1	S	8
104	Mercurio	Hg	Líquido plata	7439-97-6	2809	S4, I0, F0, J	S4, I0, R0	S, MA	8
105	Ácido acético	CH ₃ CO ₂ H	Líquido incoloro	64-19-7	2789	S4, I2, F0, H	S3, I2, R0	F, S, MA	8, 3
106	Ácido acrílico	CH ₂ =CHCOOH	Líquido incoloro	79-10-7	2218	S3, I2, F2, H	S3, I2, R2	F, S, MA	8, 3
107	Ácido nítrico	HNO ₃	Líquido incoloro	7697-37-2	2031	S3, I0, F3, K	S3, I0, R2, OX	F, S	8, 5.1
108	Cloruro de oxalilo	C ₂ O ₂ Cl ₂	Líquido incoloro	79-37-8	2922	S3, I0, F0	S3, I0, R0	S	8, 6.1
109	Pentafluoruro de tiofenol	C ₆ F ₅ SH	Polvo blanco	771-62-0	2922	S3, I2, F0	S3, I2, R0	F, S	8, 6.1
110	Acetato de cobre (II)	Cu(CO ₂ CH ₃) ₂ · H ₂ O	Polvo fino azul	66923-66-8	3077	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	9
111	Alcohol bencílico	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	Líquido incoloro	100-51-6	3334	S2, I1, F1, J	S2, I1, R1	S, MA	9
112	Carbonato de plomo(II)	PbCO ₃	Polvo blanco	598-63-0	3077	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	9
113	Etilenglicol	HOCH ₂ CH ₂ OH	Líquido incoloro	107-21-1	3082	S4, I1, F0, I	S2, I1, R0	S	9
114	Óxido de cobre (II)	CuO	Polvo negro	1317-38-0	3077	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S, MA	9
115	Óxido de Zinc	ZnO	Polvo blanco	1314-13-2	3077	S3, I1, F0, E	S2, I1, R0	S, MA	9
116	Plata	Ag	Cristales plata	7440-22-4	3077	S2, I1, F0, B	S1, I1, R0	NP	9
117	Sulfato de manganeso (II) hidratado	MnSO ₄ · H ₂ O	Sólido blanco	10034-96-5	3077	NP	NP	S, MA	9
118	Sulfato ferroso heptahidratado	FeSO ₄ · 7H ₂ O	Polvo amarillo	7782-63-0	3077	S2, I0, F0	S2, I0, R0	S	9
119	Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	Polvo blanco	1344-28-1	X	NP	NP	NP	9
120	Óxido de estaño	SnO ₂	Polvo blanco	18282-10-5	X	S2, I0, F0, A	S1, I0, R0	NP	9
121	Óxido de galio (III)	Ga ₂ O ₃	Polvo blanco	12024-21-4	X	NP	NP	NP	9
122	Sulfato de calcio	CaSO ₄	Sólido blanco	7778-18-9	X	S1, I0, F0, A	NP	NP	9
123	Sulfato de calcio dihidratado	CaSO ₄ · 2H ₂ O	Polvo blanco	10101-41-4	X	NP	NP	NP	9

131	Acetilacetato de platino (II)	Pt(C ₅ H ₇ O ₂) ₂	Polvo amarillo	15170-57-7	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
132	Acetilacetato de rodio (III)	[CH ₃ COCH=C(O-)CH ₃]	Sólido anaranjado	14284-92-5	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
133	Baño de aceite								
134	Boro	B	Cristales plata	7440-42-8	X	S1, IO, FO	S1, IO, RO	S	NP
135	Buffer mezcla salina pH3.4		polvo						
136	Carbonato de cesio	Cs ₂ CO ₃	Polvo blanco	534-17-8	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
137	Carbonato de estroncio	SrCO ₃	Polvo gris claro	1633-05-2	X	NP	S1, IO, RO	NP	NP
138	Carbonato de rubidio	Rb ₂ CO ₃	Polvo blanco	584-09-8	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
139	Carbonato de sodio	Na ₂ CO ₃	Polvo blanco	497-19-8	X	S2, IO, F1	S2, IO, R1	S	NP
140	Dióxido de germanio (IV)	GeO ₂	Polvo blanco	1310-53-8	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
141	Fenofaleina		Polvo blanco						
142	Fluoruro de lantano (III)	LaF ₃	Tabletas gris	13709-38-1	X	NP	NP	NP	NP
143	Formalín solución buffer		Líquido incoloro	S/CAS					
144	Hidróxido de cerio (IV)	Ce(OH) ₄	Trozos	12014-56-1	X			S	NP
145	Óxido de bismuto	Bi ₂ O ₃	Polvo amarillo	1304-76-3	X	S1, IO, FO	NP	S	NP
146	Óxido de cerio (IV)	CeO ₂	Polvo amarillo	1306-38-3		S1, IO, FO	S1, IO, RO	S	NP
147	Óxido de cobalto (II,III)	Co ₃ O ₄	Polvo gris claro	1308-06-1	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S, MA	NP
148	Óxido de cromo	Cr ₂ O ₃	Polvo verde	1308-38-9	X	NP	NP	S	NP
149	Óxido de disprosio (III)	Dy ₂ O ₃	Polvo beige	1308-87-8	X	NP	NP	NP	NP
150	Óxido de erbio (III)	Er ₂ O ₃	Polvo rosa	12061-16-4	X	NP	NP	S	NP
151	Óxido de escandio (III)	Sc ₂ O ₃	Polvo blanco	12060-08-1	X	NP	NP	NP	NP
152	Óxido de europio (III)	Eu ₂ O ₃	Polvo blanco	1308-96-9	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
153	Óxido de gadolinio (III)	Gd ₂ O ₃	Polvo blanco	12064-62-9	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
154	Óxido de hafnio (IV)	HfO ₂	Polvo blanco	12055-23-1	X	NP	NP	NP	NP
155	Óxido de holmio(III)	Ho ₂ O ₃	Polvo beige	12055-62-8	X	NP	NP	NP	NP
156	Óxido de indio (III)	In ₂ O ₃	Polvo amarillo	1312-43-2	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
157	Óxido de iridio (IV)	IrO ₂	Polvo gris	12030-49-8	X	NP	NP	NP	NP
158	Óxido de iterbio (III)	Yb ₂ O ₃	Polvo blanco	1314-37-0	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
159	Óxido de itrio (III)	Y ₂ O ₃	Polvo blanco	1314-36-9	X	S2, IO, F1	S2, IO, R1	S	NP
160	Óxido de lantano (III)	La ₂ O ₃	Polvo	1312-81-8	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
161	Óxido de lutencio (III)	Lu ₂ O ₃	Polvo blanco	12032-20-1	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
162	Óxido de manganeso (IV)	MnO ₂	Sólido gris-plata	1313-13-9	X	S1, IO, FO	NP	S	NP
163	Óxido de neodimio (III)	Nd ₂ O ₃	Polvo lila	1313-97-9	X	NP	NP	NP	NP
164	Óxido de niobio (V)	Nb ₂ O ₅	Polvo fino blanco	1313-96-8	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
165	Óxido de paladio hidratado	PdO · H ₂ O	Polvo gris oscuro	64109-12-2	X	NP	NP	NP	NP
166	Óxido de praseodimio (III,IV)	Pr ₆ O ₁₁	Polvo negro	12037-29-5	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
167	Óxido de renio (IV)	ReO ₂	Polvo gris oscuro	12036-09-8	X	NP	NP	NP	NP
168	Óxido de rodio (III) anhídrido	Rh ₂ O ₃	Polvo gris	12036-35-0	X	NP	NP	NP	NP
169	Óxido de rutenio (IV)	RuO ₂	Polvo fino negro	12036-10-1	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
170	Óxido de samario (III)	Sm ₂ O ₃	Polvo beige	12060-58-1	X	NP	NP	NP	NP
171	Óxido de tantalio (V)	Ta ₂ O ₅	Polvo beige	1314-61-0	X	NP	NP	NP	NP
172	Óxido de tulio (III)	Tm ₂ O ₃	Polvo amarillo	12036-44-1	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
173	Óxido de tungsteno (VI)	WO ₃	Polvo verde claro	1314-35-8	X	S2, IO, FO	S2, IO, RO	S	NP
174	Óxido de zirconio	ZrO ₂	Película delgada	7440-67-7					
175	Polvo de oro	Au	Polvo amarillo	7440-57-5	X	NP	NP	NP	NP
176	Referencia Electro/pH 3.5 M KCl+AgCl		Líquido						
177	Resina		Polvo blanco						
178	Solución para electrodo cloruro de hidrógeno + potasio líquido		Líquido						
179	Sulfato de magnesio	MgSO ₄	Polvo blanco	7487-88-9	X	NP	NP	NP	NP
180	Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	Polvo blanco	7778-80-5	X	NP	NP	NP	NP
181	Tiosulfato de sodio pentahidratado	Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O	Cristales incoloros	10102-17-7	X	S1, IO, FO	S1, IO, R1	NP	NP

Tabla A.3.3 Segregación de acuerdo a la NOM-010-SCT/2-2009 de las sustancias químicas peligrosas. (Ver Anexo electrónico)

Tabla A.3.4 Reacción de incompatibilidad de las sustancias químicas peligrosas de acuerdo al software CAMEO. (Ver Anexo electrónico)

ANEXO 4

AUDITORIA AMBIENTAL INTERNA

En este anexo se presenta material fotográfico del estado en que se encontraban los laboratorios L-A-001 y L-A-002, al comienzo del presente proyecto.

Laboratorio L-A-001

Figura A.4.1. Sustancias en estado líquido, sin clasificar y con material de laboratorio en el mismo espacio de almacenamiento.



Figura A.4.2. Objetos obstruyendo el paso y pisos sucios.



Figura A.4.3. Muflas descompuestas.



Figura A.4.4. Material de laboratorio en desorden.



Figura A.4.5. Mesa de trabajo obstruida y área de trabajo limitada.



Figura A.4.6. Áreas para residuos peligrosos no determinada y extintor en área poco visible.



Figura A.4.7. Desecadores con exceso de sustancias químicas, algunas sin etiquetar.



Figura A.4.8. Sustancias químicas sin clasificar.



Figura A.4.9. Sustancias químicas sin clasificar almacenadas junto a material de papelería.



Figura A.4.10. Objetos personales y de laboratorio en desorden.

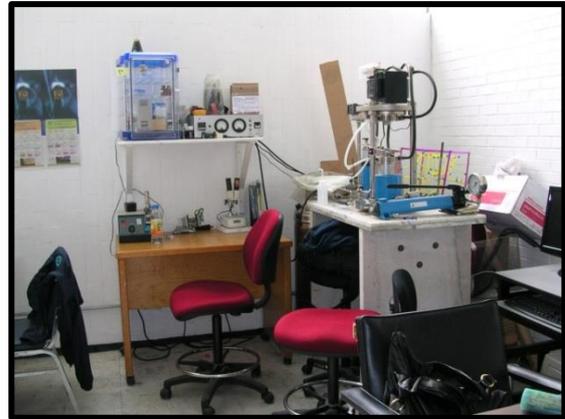


Figura A.4.11. Anaqueles para resguardo de objetos personales con exceso de objetos de diferentes clases.



ANEXO 5

DISTRIBUCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

Como parte de la última faceta de la metodología aplicada, se presenta el siguiente material fotográfico, que corresponde al reacomodo de las sustancias químicas peligrosas y no peligrosas en los espacios destinados para su resguardo. Usando la NOM-010-SCT/2-2009 y al simulador CAMEO para las sustancias peligrosas, y tomando en cuenta los puntos: 7. Manipulación y Almacenamiento y 10. Estabilidad y Reactividad en la información que se encuentra en las HDS, para las sustancias no peligrosas, de esta manera se asignaron los espacios físicos para ellas.

Laboratorio L-A-001

Figura A.5.1. Sustancias no peligrosas.
Gaveta A.



Figura A.5.2. Etiquetas por grupo y color.



Figura A.5.3. Sustancias peligrosas (Líquidos mayor volumen) Gaveta C.



Figura A.5.4. Etiquetas por clase de riesgo y color.



Laboratorio L-A-002

Figura A.5.5. Sustancias peligrosas. Gaveta D



Figura A.5.6. Etiquetas por clase de riesgo y color



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcántara M. E. y Cruz A. L. 2001; CENAPRED. Medidas de Prevención y Atención de Accidentes Carreteros donde se Involucran Sustancias Químicas. México.
2. CENAPRED. 2001. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México - Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, México.
3. CENAPRED. 2006. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica. México.
4. Cortinas C. 1994. INE serie monográfica N° 5. Prevención y Preparación de la Respuesta en caso de Accidentes Químicos en México y en el mundo. SEDESOL. México.
5. García L. A. 2007. Tesis: Propuesta de una Metodología para la Prevención de Accidentes Químicos en Almacenamiento de Materiales Peligrosos. UNAM.
6. Harrison M. R. 2003. El Medio Ambiente: Introducción a la Química Medioambiental y a la Contaminación, 3ª ed. Editorial ACRIBIA, S. A. España.
7. INE/SEMARNAP. 1994. Bases para una Política Nacional de Residuos Peligrosos, México.
8. INE/SEMARNAP. 1999. Promoción de la Prevención de Accidentes Químicos, México.
9. TACA. 2007. Riesgos Químicos y Biológicos Ambientales, Editorial Marcombo S.A. ediciones técnicas, España.
10. Legorreta R. 2009. Tesis: Aplicación de una Metodología para el Manejo Integral de Sustancias Peligrosas Almacenas en el Laboratorio de Nivel Medio Superior. UNAM.
11. Meyer E. 2009. Chemistry of Hazardous Materials, Editorial Pearson, Madrid.
12. OMS. 2007. Informe Sobre la Salud en el Mundo 2007 - Un Porvenir más Seguro: Protección de la Salud Pública Mundial en el Siglo XXI.
13. Patiño M. 2008. Química básica. Prácticas de laboratorio. Fondo editorial ITM. Colombia.
14. Ramírez S. 2009. Tesis: Metodología para el Manejo Integral de los Materiales Peligrosos, Presentes en los Laboratorios Curriculares de Nivel Medio Superior. UNAM.
15. Rivero O. y Ponciano, G. 1996. Riesgos Ambientales para la Salud en la Ciudad de México. UNAM, Programa Universitario de Medio Ambiente.

16. SINAPROC/CENAPRED. 2006. Guía Práctica sobre Riesgos Químicos, México.
17. Zarco E. 1995. Seguridad en el Laboratorio: Prevención de Accidentes y Primeros Auxilios en los Laboratorios Químicos. Editorial Trillas. México.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. CENAPRED. 2012. Riesgos. Riesgos Químicos-Tecnológicos. (23/Septiembre/2012)
http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=163
2. Ciudad Universitaria-UNAM. 2012. Mapa CU. (23/Noviembre/2012)
<http://www.internet2007.unam.mx/imgs/cufilelogicas.jpg>
3. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (13/Octubre/2012)
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf>
4. EPA. CAMEO software. 2012. (10/Septiembre/2012)
<http://www.epa.gov/oem/content/cameo/index.htm>
5. FAO. 2002. Capítulo 8. Legislación ambiental. (16/Octubre/2012)
<http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6372S/x6372s09.htm>, 2000
6. IIM. 2012 (a). Información. (12/Noviembre/2012)
<http://www.iim.unam.mx/index.php/bienvenido-a-iim.html>
7. IIM. 2012 (b)Mapa. (12/Noviembre/2012)
<http://132.248.12.175/index.php/ubicacion.html>
8. Ley de Aguas Nacionales
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
9. Ley de Conservación del Suelo y Agua
http://www.iaconsma.com/iaconsma_sys/normatividad/1946.pdf
10. Ley de Pesca
http://www.tribunalesagrarios.gob.mx/images/stories/LegislacionAgraria/Leyes-pdfs/L14_Ley-Pesca.pdf
11. Ley Federal de Armas y Explosivos
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
12. Ley Federal de Caza
http://www.iaconsma.com/iaconsma_sys/normatividad/1952.pdf
13. Ley Federal de Procedimiento Administrativo
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
14. Ley Federal de Sanidad Animal
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>

15. Ley Federal de Sanidad Vegetal
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
16. Ley Federal del Mar
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/Combo/L-129.pdf>
17. Ley Federal del Trabajo
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
18. Ley federal sobre Metrología y Normalización
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
19. Ley Forestal
<http://leyco.org/mex/fed/132.html>
20. Ley General de Asentamientos Humanos
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
21. Ley General de Bienes Nacionales
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
22. Ley General de Salud
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
23. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
24. Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
25. Ley Minera
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/Combo/L-163.pdf>
26. Ley Orgánica de la Administración Pública
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
27. Márquez F. 2012. Manejo Seguro de Sustancias Peligrosas. (20/Septiembre/2012)
http://www2.udel.cl/matpel/cursos/sustancias_peligrosas.pdf
28. NMX-R-019-SCFI-2011
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/nmx_019.pdf
29. NOM-002-SCT/2011
<http://www.proverifica.com/mlnsct.htm>
30. NOM-010 -SCT2/2009
<http://www.proverifica.com/mlnsct.htm>

31. NOM-005-STPS-1998
<http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>
 32. NOM-018-STPS-2000
<http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>
 33. NOM-026-STPS-2008
<http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>
 34. NOM-030-STPS-2009
<http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>
 35. NOM-028-STPS-2012
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5267079&fecha=06/09/2012
 36. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
 37. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
 38. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
 39. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de la Evaluación del Impacto Ambiental
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
 40. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
 41. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
 42. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
 43. Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
 44. Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias
<http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
 45. Reglamento sanitario internacional
http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/sanidadExterior/RSI/Pdf/RSI_2005.pdf
-

46. SEMARNAP. 2007. III. Desarrollo Industrial y Medio Ambiente en México. (14/Septiembre/2012)
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/36/cap3.html>
47. SEMARNAT. 2010. Gestión Ambiental en México en relación a actividades riesgosas por uso de sustancias peligrosas. (26/Octubre/2012)
<http://www.semarnat.gob.mx/conocenos/Paginas/antecedentes.aspx>
48. UNAM. Facultad de Química. 2008. Sustancias Químicas Mayormente Usadas en Laboratorios. (19/Octubre/ 2012)
http://www.quimica.unam.mx/cont_espe2.php?id_rubrique=54&id_article=1341&color=E6AD04&rub2=564
49. Universidad Católica de Louvain. 2009. Bélgica. Accidentes químicos Mundiales.
<http://www.kuleuven.be/english/>