

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Evaluación del Sistema de Gestión de las Sustancias Químicas y sus Residuos en los Laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental del Departamento de Ciencias Forenses, Poder Judicial”.

Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado académico de Licenciatura.

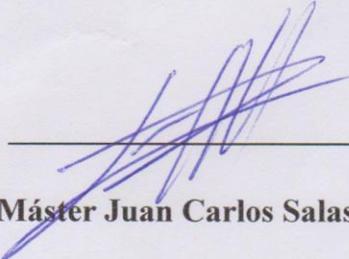
Yasmín María Carranza Barrantes

Cartago Agosto, 2013

Evaluación del Sistema de Gestión de las Sustancias Químicas y sus Residuos en los
Laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental del Departamento de Ciencias
Forenses, Poder Judicial

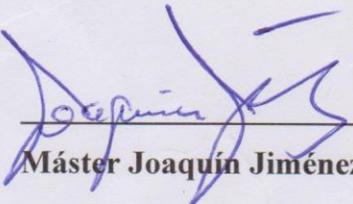
Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como
requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental con el grado de Licenciatura.

Miembros del Tribunal



Máster Juan Carlos Salas Jiménez

Director de Tesis



Máster Joaquín Jiménez Antillón

Lector 1



Lic. David Benavides Ramírez

Lector 2

DEDICATORIA

A mi mamá Xinia Barrantes por ser siempre mi apoyo, mi ejemplo de lucha, dedicación y amor, porque sin su ayuda no estaría donde estoy ni habría logrado esta meta tan importante en mi vida.

A mis hermanos Jairo y Ricardo por su apoyo incondicional.

A mi familia y amigos por llenar mi vida de amor y felicidad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi fortaleza y por permitirme cerrar este ciclo de mi vida con éxito.

A mi mamá, mis hermanos, familia y amigos por su apoyo incondicional.

Al profesor Juan Carlos Salas por toda la ayuda y guía en el proyecto.

A los lectores Joaquín Jiménez y David Benavides por los aportes al proyecto.

A María Arroyo, Mauricio Chacón y el personal del Departamento de Ciencias Forenses por permitirme realizar el proyecto y por toda la colaboración.

Tabla de contenidos:

Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Índice de figuras.....	VI
Índice de cuadros.....	VII
Índice de anexos.....	VIII
Resumen.....	IX
Abstract.....	X
1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1. General.....	3
2.2. Específicos.....	3
3.Marco teórico.....	4
3.1. Elaboracion de un inventario.....	4
3.2. Estrategias de minimización en el uso de productos químicos y de la generación de residuos.....	4
3.3. Estrategias de minimización en el uso de productos químicos y de la generación de residuos.....	5
3.4. Etiquetas.....	6
3.5 Hojas de Datos de Seguridad de Materiales.....	7
3.6 Almacenamiento de Sustancias Químicas.....	8
3.7 Manipulación.....	11
3.8 Almacenamiento final.....	11
3.9 Residuos y su clasificación.....	13
4. Metodología.....	17
5. Resultados y discusión.....	20

5.1. Encuesta realizada a los trabajadores de los laboratorios.	20
5.2. Inventario de las sustancias de los laboratorios.	25
5.3. Propuestas de Minimización.	29
5.4. Clasificación e incompatibilidades de las sustancias químicas.	30
5.5. Almacenamiento de sustancias químicas.....	34
5.6. Disposición final.	37
5.7.1 Pruebas de retención de las sustancias químicas.	37
5.7.2 Resultados dicromato de potasio.	40
5.7. Tratamiento final de las sustancias	44
6. Conclusiones	45
7. Recomendaciones	46
8. Bibliografía	48
9. Anexos	51

Índice de figuras

Figura 1 Conoce significado de los pictogramas y numeraciones en las etiquetas de los envases.....	21
Figura 2. Sustancias que más se utilizan en los laboratorios.....	23
Figura 3. Análisis de Pareto de las sustancias líquidas utilizadas en los laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental.	26
Figura 4. Análisis de Pareto de las sustancias sólidas utilizadas en los laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental.	28
Figura 5. Incompatibilidades entre las sustancias utilizadas en los laboratorio	33
Figura 6. Curva de retención del tolueno en diatomita.	38
Figura 7. Curva de retención del tolueno en Carbón Activado	39
Figura 8. Curva de retención del tolueno en cemento.	40
Figura 9. Identificación de peligros en etiquetas de sustancias químicas.	65
Figura 10. Compatibilidad de las sustancias	69

Índice de cuadros

Cuadro I. Clasificación, peligrosidad e incompatibilidades de las principales sustancias utilizadas en los Laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental.	31
Cuadro II. Recomendaciones de almacenaje para los laboratorios.	35
Cuadro III. Porcentaje de retención del tolueno en diatomita	38
Cuadro IV. Porcentaje de retención del tolueno en Carbón Activado..	39
Cuadro V. Porcentaje de retención del tolueno en cemento..	40
Cuadro VI. Resultados de retención del Cromo VI por la diatomita según prueba de TCLP..	41
Cuadro VII. Resultados de retención del Cromo VI por el cemento según prueba de TCLP..	42
Cuadro VIII. Conocimiento de la clasificación de las sustancias.....	51
Cuadro IX. Uso de procedimientos para manipular sustancias.	51
Cuadro X. Normas utilizadas para la manipulación de sustancias químicas..	51
Cuadro XI. Conocimiento del significado de pictogramas y numeraciones.....	52
Cuadro XII. Conocimiento significado simbología NFPA 704.....	52
Cuadro XIII. Frecuencia con que se utilizan hojas de seguridad de las sustancias.	52
Cuadro XIV. Conocimiento concepto de compatibilidad de sustancias.....	53
Cuadro XV. Sustancias más utilizadas en los laboratorios.	53
Cuadro XVI. Protocolo que se utiliza para descarte de los desechos químicos.....	54
Cuadro XVII. Consideran que la disposición de los residuos es la adecuada.	54
Cuadro XVIII. Conocimiento de la legislación sobre desechos peligrosos..	54
Cuadro XIX. Conocimiento de las consecuencias de la mala disposición de las sustancias químicas.....	55
Cuadro XX. Existencia procedimiento en caso de emergencia.	55
Cuadro XXI. Cantidad de personas que han recibido capacitación sobre manejo de sustancias químicas.	55
Cuadro XXII. Masas obtenidas de las mezclas en diferentes concentraciones de tolueno en diatomita.....	56
Cuadro XXIII. Masas obtenidas de las mezclas en diferentes concentraciones de tolueno en carbón activado.....	56

Cuadro XXIV. Masas obtenidas de las mezclas en diferentes concentraciones de tolueno en cemento.....	57
Cuadro XXV. Clasificación de las sustancias químicas..	62

Índice de anexos

Anexo 1. Anexo 1: Encuesta.	51
Anexo 2. Resultados obtenidos durante el pesaje de las muestras de diatomita, carbón activado y cemento.	56
Anexo 3. Resultado Análisis Cromo VI en la mezclas de dicromato de potasio en diatomita y cemento.....	58
Anexo 4. Manual de manejo de las sustancias químicas dentro de los laboratorios.	60

Resumen

Se realizó una evaluación de la gestión de las sustancias químicas en los laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental del Departamento de Ciencias Forenses, Poder Judicial. Con el objetivo de dar un diagnóstico que permita generar una propuesta para mejorar las etapas de almacenamiento, manipulación y disposición final de las sustancias químicas.

Mediante encuestas y visitas a los laboratorios se estudió el conocimiento del personal en la identificación de peligros, aplicación de medidas de seguridad y almacenamiento adecuado de las sustancias químicas.

Actualmente la disposición final de los residuos peligrosos se realiza en diatomita, por lo que se realizaron pruebas con una sustancia orgánica y otra inorgánica para confirmar si es el sistema adecuado para disponer los residuos. Además se realizaron pruebas comparativas de retención en carbón activado y cemento. Para la sustancia orgánica, la máxima capacidad de retención obtenida en diatomita fue de un 50%, los sistemas absorbentes alternativos no obtuvieron mejores porcentajes comparados con la diatomita. En el caso de la sustancia inorgánica, dicromato de potasio, se obtuvo un porcentaje de retención del cromo VI de un 95,8%, sin embargo, no cumple con lo establecido en la legislación nacional. La prueba de inmovilización con cemento tuvo un porcentaje de retención del 99,8% cumpliendo con los límites establecidos.

Finalmente se propone un sistema de almacenamiento de las sustancias según peligrosidad, medidas de seguridad laboral mediante un manual de laboratorio y se recomienda otro sistema de tratamiento final al quedar demostrado que la diatomita no puede ser utilizada para este fin.

Palabras claves: Sustancias químicas, residuos peligrosos, diatomita, sustancia orgánica, sustancia inorgánica, peligrosidad.

Abstract

The evaluation of the chemicals management has been development at the laboratories of Chemistry, Environmental and Toxicology of the Forensic Sciences Department. With the purpose of generate a diagnosis and a proposal to improve the stages of storage, handling and chemicals disposal.

The studied was made through interviews of employees and visits to the laboratories, to identify the knowledge of the staff in the identification of hazards of substances, security measures and chemicals storage. Diatomite is used as a method for disposal of hazardous waste, in which are discarded entirely and then send it to a landfill. Tests were made with organic material and other inorganic to confirm whether the diatomite is the right fit of waste dispose. Also other tests were made on activated carbon and cement as alternative for absorbents methods.

The maximum holding capacity obtained in diatomite was 50% for the organic substance, toluene. In the case of the inorganic substance, potassium dichromate, extraction test was performed to determine the presence of chromium VI, obtaining a retention rate of 95.8%, which although it does not accomplish the parameters establish on the list of characteristics of hazardous industrial waste Regulation. Furthermore, immobilization test with cement had a retention rate of 99.8% comply with the limits in the regulation. Tests of alternative absorbents systems with toluene were not effective in terms of improved retention rates compared to diatomite.

Finally, the labs have opportunities for improvement in the chemicals management system, so the project propose a storage system according to the dangerousness of the substances, occupational safety measures through a laboratory manual and recommended another final treatment system, since it was proved that diatomite cannot be used for this purpose.

Key words: Chemicals substances, hazardous waste, diatomite, organic substances, inorganic substances, dangerousness.

1. Introducción

Cualquier actividad donde se requiera el uso de sustancias químicas, desde su uso hasta su disposición final, es potencialmente generadora de impactos ambientales negativos. Una inadecuada gestión de las sustancias peligrosas y sus residuos podría provocar efectos adversos al medio ambiente y a la salud de las personas.

Como consecuencia del impacto al ambiente se ha desarrollado a través de los años una fuerte preocupación a nivel mundial sobre el deber de establecer un compromiso para mejorar la regulación y manejo de las sustancias peligrosas. Se considera una sustancia peligrosa aquellos sólidos, líquidos o gases que por sus características tóxicas, explosivas, corrosivas, radiactivas, biológicas, inflamables, volatilizables, combustibles u otras, puedan causar daño a la salud de los seres humanos y del ambiente (Decreto N° 27000 MINAE. Reglamento Sobre las Características y el Listado de los Desechos Peligrosos Industriales).

Costa Rica ha suscrito varios acuerdos internacionales sobre la gestión racional de sustancias químicas, sin embargo hacen falta políticas de seguimiento para verificar el uso, generación y disposición de las sustancias, además de capacitaciones y opciones para un tratamiento adecuado de desechos peligrosos.

Actualmente la legislación obliga a las instituciones a implementar planes de gestión de sustancias peligrosas, sin embargo, existen varios obstáculos para poder cumplir con ellas, como lo son la falta de nuevas investigaciones sobre cómo reducir y prevenir la generación de residuos, nuevas formas de aprovecharlos o tecnologías más efectivas para el tratamiento y disposición final (Quesada, Romero, & Salas, Proyecto: Estrategias de manejo de desechos peligrosos industriales en el Parque Industrial de Cartago, 2005).

En Costa Rica se carece de infraestructura para un tratamiento y disposición final adecuada. Como consecuencia estos residuos se están manejando como desechos ordinarios y se están disponiendo en rellenos sanitarios que no son especializados (Quesada, Romero, & Salas, Proyecto: Estrategias de manejo de desechos peligrosos industriales en el Parque Industrial de Cartago, 2005).

El principal marco jurídico sobre el que se basa la regulación en el tema de los residuos peligrosos es la Ley de Gestión Integral de residuos, el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales y el reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales.

La legislación establece la responsabilidad de todo ente generador por los daños que los residuos ocasionen a la vida, la salud, el ambiente o los derechos de terceros, durante todo el ciclo de vida de los residuos. Además de las obligaciones que los generadores de residuos peligrosos deben cumplir, como el manejo, de forma que no contaminen los suelos, los subsuelos, el agua, el aire y los ecosistemas.

En el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales, se establecen todos los lineamientos sobre las obligaciones del ente generador en las etapas de manejo de desechos peligrosos, los lineamientos a seguir en la acumulación, las incompatibilidades entre desechos, el almacenamiento de los mismos, las limitaciones cuantitativas, condiciones de almacenaje de los embalajes y envases, el tratamiento de los desechos peligrosos y de la disposición final de los desechos peligrosos.

En las instituciones que se dedican a la investigación y al análisis de casos judiciales, delitos y a los responsables de estos, se generan residuos con diferentes características físicas, químicas y biológicas (como residuos forenses, de laboratorio, entre otros). Los cuales representan daño a la salud de las personas y al medio ambiente si son tratadas inadecuadamente (Agudelo, Loaiza, & Montes, 2002).

El Departamento de Ciencias Forenses de Costa Rica se encarga de realizar pericias a los indicios recolectados en los sitios del suceso, mediante la aplicación de metodologías analíticas, que cumplen con los requisitos necesarios para garantizar la calidad de las mismas. Trabaja en forma coordinada con el Departamento de Investigaciones Criminales, el Departamento de Medicina Legal y el Ministerio Público (Departamento de Ciencias Forenses, 2004). El departamento al utilizar y desechar sustancias químicas tiene la responsabilidad de darle una gestión adecuada de tal manera que el impacto sobre el ambiente sea el mínimo posible.

Para disminuir el riesgo asociado con el manejo de sustancias peligrosas se emplea la metodología para desarrollar planes de gestión de las sustancias químicas, la cual contempla la prevención, seguridad laboral en la manipulación, almacenamiento según compatibilidades de las sustancias, la atención de emergencias, el tratamiento y disposición ambientalmente segura de sustancias químicas.

2. Objetivos.

2.1.Objetivo General

Realizar un diagnóstico que permita generar una propuesta sobre la gestión de las sustancias químicas y disposición de los residuos generados en los Laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental del Departamento de Ciencias Forenses.

2.2.Objetivos específicos

- Realizar una evaluación preliminar sobre el manejo actual de las sustancias químicas y los residuos generados.
- Establecer lineamientos para el adecuado manejo de las sustancias químicas y el tratamiento de los residuos generado.
- Hacer una valorización del tratamiento actual de los residuos químicos y proponer herramientas que permitan realizar un descarte final adecuado para la minimización de riesgos e impactos ambientales.
- Elaborar un manual para el uso general de los laboratorios sobre manejo de las sustancias químicas y sus residuos.

3. Marco Teórico

Para que un plan de gestión de sustancias químicas se pueda realizar de la manera más adecuada, debe contemplar una serie de componentes esenciales que se detallan a continuación¹:

3.1.Elaboración de un inventario

Se debe de mantener un inventario de todas las sustancias químicas utilizadas, características de las mismas y las cantidades que son utilizadas y desechadas al año. El inventario debe incluir todas las sustancias químicas que existen almacenadas tanto en bodega como en los laboratorios Se deberá actualizar cada vez que se realice una compra de una sustancia. Con esta información se asegura que se tomen en cuenta todas las sustancias, este inventario debe ser completado antes de poner en práctica los otros componentes del sistema.

3.2. Estrategias de minimización en el uso de productos químicos y de la generación de residuos.

Siguiendo la jerarquía de la gestión de residuos en el cual se establece que primero se debe evitar la generación de los residuos, es necesario considerar todos los métodos posibles para reducir el uso de sustancias químicas y la toxicidad de los residuos que van a generar. Luego de conocer las cantidades de los productos químicos que se necesitan, se debe tomar en cuenta la recuperación y reutilización de los materiales o el intercambio de residuos con otros laboratorios.

Entre las diferentes estrategias utilizadas para lograr la minimización se encuentran:

- Establecer buenas prácticas dentro de los establecimientos y capacitar a los trabajadores.

¹ (Henry & Heinke, 1999)

- Sustitución de materias primas e insumos peligrosos por otros menos peligrosos.
- Llevar un control periódico y actualizado de inventarios y mantenerlo con las cantidades mínimas de materiales.
- Contar con recipientes y equipos en buenas condiciones.
- Adquirir materiales no tóxicos cuando sea posible o escoger el menos tóxico.
- Comprar solo aquellos materiales que se puedan tratar y disponer adecuadamente.
- Comprarle a proveedores que tengan políticas de recibir materiales en desuso o para su posterior tratamiento.

3.3. Clasificación de las Sustancias Químicas

La caracterización, selección e identificación de las sustancias es básica en el programa de gestión, para evitar riesgos relacionados a una manipulación, transporte o almacenamiento indebidos. Asimismo, facilita el tratamiento que debe efectuarse para su eliminación (Fernández, 2008).

Se han establecido una serie de clases de peligros según las propiedades fisicoquímicas, toxicológicas o eco toxicológicas del producto químico y en sus efectos sobre la salud y el medio ambiente. Cada clase de peligro se subdivide en categorías de peligros las cuales permiten comparar la gravedad de los peligros dentro de una misma clase.

Las principales características de peligrosidad son²:

Inflamables: Sustancias químicas que a temperatura ambiente pueden encenderse en el aire con facilidad, con el aporte de energía o no. Es inflamable si el punto de ignición es inferior a 60,5°C.

Oxidantes: Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles pueden en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.

² (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo)

Corrosivo: Corresponde a cualquier sustancia que por reacción química, puede causar daño severo o destrucción a toda superficie con la que entre en contacto incluyendo la piel, los tejidos, metales, textiles, etc. Causa entonces quemaduras graves y se aplica tanto a líquidos o sólidos que tocan las superficies como a gases y vapores que en cantidad suficiente provocan fuertes irritaciones de las mucosas

Tóxico: Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.

Ecotóxico Las sustancias o preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente

Nocivo: Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte

Explosivo: Son sustancias sólidas o líquidas, o mezclas de ellas, que por sí mismas son capaces de reaccionar químicamente produciendo gases a tales temperaturas, presiones y velocidades que pueden ocasionar daños graves en los alrededores.

3.4. Etiquetas.

Existen varias formas de etiquetado de las sustancias químicas, las más utilizadas a nivel mundial son las de la unión europea y el sistema el Sistema Mundialmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (GHS por sus siglas en inglés).

Las etiquetas en los envases de las sustancias químicas se deben mantener legibles y en buenas condiciones. Debe tener como mínimo la siguiente información:

- ◆ Nombre de la sustancia química
- ◆ Índice de peligrosidad o aviso de seguridad
- ◆ Característica de peligrosidad principal

◆ Distribuidor o fabricante

Es importante que para cada envase se lleve la documentación en donde se incluya la fecha en que se recibió, abrió y cuándo debe descartarse, esto debido a que algunas sustancias pueden deteriorarse o dañarse con el tiempo, volverse inestables y estallar al removerles la tapa de sus envase (Dirección General de Laboratorios, 2008)

3.5. Hojas de Datos de Seguridad de Materiales

El objetivo principal de cualquier hoja de datos de seguridad (MSDS, siglas en inglés). es la de informar al trabajador de las propiedades y señalar los peligros del producto que manipula o al que se encuentra expuesto, facilitando la adopción de las medidas de prevención pertinentes (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).

Se debe elaborar una msds para todas las sustancias y preparados que cumplen con los requisitos de peligro físico o medio ambiental y para los que cumplan los criterios de carcinogenicidad, o toxicidad. También se podrá requerir la hoja para los que no cumplan estos requisitos pero la autoridad lo estime oportuno porque contienen sustancias peligrosas en una determinada concentración.

Estas hojas deben contener la siguiente información:

- Nombre de la sustancia química
- Riesgos físicos y a la salud
- Límites de exposición
- Precauciones

La información que proporcionan las hojas ayuda en la clasificación y segregación de las sustancias químicas. Es responsabilidad de los proveedores de las sustancias químicas proporcionar las MSDS de cada sustancia y actualizar la información cada vez que se modifique algún dato. Además debe existir una copia de cada sustancia en todas las áreas donde se tengan almacenadas y todos los trabajadores que manejen sustancias químicas tienen que conocer la ubicación de las MSDS en su área de trabajo.

3.6. Almacenamiento de Sustancias Químicas

3.6.1. Condiciones del área de almacenamiento.

El almacenamiento de sustancias químicas es uno de los puntos de mayor cuidado dentro del plan de gestión, por efectos de seguridad las áreas donde se almacenan las sustancias químicas deben cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

El área debe ser segura pero de fácil acceso, debe estar debidamente identificada al igual que los estantes y las sustancias que se encuentran en ella, con control de quien entra y que sustancias extrae del lugar. La bodega debe permanecer cerrada y el acceso debe ser restringido únicamente para personal capacitado.

El piso de la bodega debe ser impermeable y debe contar con estructuras de retención en caso de derrames como los diques los cuales deben de contener una capacidad volumétrica no inferior a la mayor cantidad de líquido que pueda ser liberado por el contenedor más grande (Departamento de Biología, Recinto Universitario de Mayaguez, Facultad de Artes y Ciencias).

Es importante que cuente con todas las medidas en caso de ocurrir alguna emergencia como contar con un sistema de alarma en caso de incendio, debe tener dentro de las instalaciones extintores tipo ABC de 10 lbs, tener sistemas de extracción o ventilación adecuada. Se debe tener al alcance de los trabajadores equipo y materiales para el control de derrames y contar con una ducha de emergencia y fuente de lavado de ojos

3.6.2. Almacenamiento Seguro de las Sustancias Químicas.

El almacenamiento de sustancias químicas debe realizarse de tal manera que se minimicen los riesgos a la salud y al ambiente. En todas las áreas donde se están almacenando sustancias químicas se deben seguir reglas de seguridad.

La cantidad de sustancias químicas que se almacenan dentro de los laboratorios debe ser la mínima necesaria y se deben almacenar en sus respectivos envases. Las cantidades a granel deben almacenarse en el área de la bodega principal.

Todos los envases tienen que estar debidamente rotulados. Esto incluye los envases de las sustancias químicas almacenadas en refrigeradores. La identificación de las sustancias y residuos peligrosos se realizará según los símbolos universales para las características de cada uno.

Las sustancias químicas tienen que almacenarse en áreas con temperatura y niveles de humedad adecuados, para proteger la integridad de estas y del envase que la contiene. No se deben almacenar sustancias químicas en áreas calientes o cerca de ellas, tales como: hornos o cerca de ventanas donde le de directamente el sol.

Se deben realizar inspecciones visuales periódicamente de las sustancias químicas y sus envases para detectar cuándo debe eliminarse la sustancia. Una sustancia se elimina cuando presenta alguna característica como las que se indican a continuación:

1. Siendo un sólido contiene líquido
2. Muestra cambios de color
3. El envase está deteriorado o roto
4. Hay formación de sales en el exterior del envase
5. Se observan cambios en la forma del envase por el aumento de presión
6. El período de vigencia haya expirado

No se deben almacenar sustancias químicas en estantes inestables. Todos los estantes deben estar firmes o fijos a la pared, de manera que no se caigan en caso de un terremoto. Al igual que no se deben colocar envases con sustancias líquidas en los estantes superiores sobre el nivel de los ojos, tampoco se deben almacenar en el piso, ni mantener almacenadas grandes cantidades de sustancias inflamables en los laboratorios.

Las áreas de almacenamiento tienen que estar aseguradas adecuadamente de manera que sólo personal autorizado tenga acceso a las mismas.

No se deben utilizar frascos o envases con tapones de corcho, papel de aluminio, goma o vidrio debido a que presentan un peligro potencial de filtración. Las tapas de vidrio pueden

utilizarse solamente para almacenamiento temporal de soluciones que se utilizan en el momento en el área de trabajo.

Se debe dar la rotación de productos de manera que cada vez que ingresan productos nuevos se pongan los más antiguos adelante y los que recién entran atrás. Antes de abrir envases nuevos, se debe verificar que no haya otro envase de la misma sustancia ya abierto.

3.6.3. **Incompatibilidades de las Sustancias Químicas**

La incompatibilidad entre productos químicos es la condición por la cual determinados productos se tornan peligrosos cuando se manipulan o almacenan próximos a otros con los cuales pueden reaccionar (Fernández, 2008). Para un almacenamiento seguro de las sustancias, se deben separar según sus características químicas para prevenir que puedan entrar en contacto con otro material y que resulten incompatibles. Si sustancias químicas incompatibles entran en contacto pueden provocar reacciones violentas, como generación de calor, incendios, explosión y/o la generación de gases tóxicos peligrosos.

Se deben mantener áreas específicas de la bodega para cada una de las categorías en las que se dividió los productos químicos, y así se almacena cada una con su señalización.

Se deben mantener separados físicamente ciertos grupos de sustancias químicas, así como ciertas sustancias en particular.

- Principalmente se deben mantener separados los compuestos sólidos de los líquidos y ambos separados de los gases.
- Las sustancias corrosivas y las oxidantes no pueden almacenarse cerca de las sustancias inflamables.
- Se deben mantener separados los ácidos de las bases.
- Los solventes orgánicos se deben mantener separados de los compuestos inorgánicos.
- Ácidos fuertes con ácidos débiles que desprenden gases como ácido nítrico con ácido clorhídrico.
- Oxidantes con reductores: como el ácido nítrico con compuestos orgánicos.

- Se deben almacenar sustancias químicas, especialmente ácidos y compuestos que reaccionan con agua, alejados de ventanas o donde haya filtraciones de agua.

3.7. Manipulación

La correcta manipulación de los productos e instrumentos de laboratorio, es uno de los factores clave para la prevención de accidentes. Antes de utilizar un producto químico es necesario hacer una revisión de todas las fuentes de información disponibles para saber con exactitud a qué tipo de sustancia se está exponiendo el trabajador.

Se deben leer las etiquetas de seguridad que se encuentran en los envases, observar los pictogramas y frases que informen sobre su peligrosidad, en las fichas de seguridad se encuentran las recomendaciones en caso de accidente.

Para manipular los productos químicos se debe utilizar el equipo de protección personal que indiquen las hojas de seguridad según sea la sustancia a manipular.

3.8. Almacenamiento final.

La ley de gestión integral de residuos establece que los generadores de residuos peligrosos deben cumplir con obligaciones al momento de almacenar residuos de sustancias peligrosas como:

- a) Separar adecuadamente y no mezclar los residuos peligrosos, evitando particularmente las mezclas incompatibles.
- b) Envasar y etiquetar de acuerdo con la regulación nacional e internacional vigente, los recipientes que contengan residuos peligrosos.
- c) Llevar un registro de los residuos peligrosos generados que incluyan tipo, composición, cantidad y destino de estos.
- d) Suministrar la información necesaria a los gestores autorizados para llevar a cabo la gestión de residuos con la adecuada manipulación, trasiego, transporte, tratamiento y disposición final.

e) Presentar informes semestrales al Ministerio del Salud donde se especifique, como mínimo, la cantidad de residuos peligrosos producidos, la naturaleza de estos y el destino final.

f) Informar inmediatamente al Ministerio de Salud en caso de desaparición, pérdida o derrame de residuos peligrosos.

g) Contratar únicamente gestores autorizados para gestionar residuos peligrosos.

h) Contar con áreas de almacenamiento temporales, cuya ubicación, diseño, construcción y operación cumplan la reglamentación vigente en la materia.

El almacenamiento de los residuos debe ser por un periodo máximo de 1 año a partir del momento en que se comenzó a acumular el desecho peligroso. O hasta que no se supere 3785 litros almacenados de un mismo tipo de desecho peligroso.

En el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales se detallan también las condiciones generales para el almacenamiento como:

- A) Todos los envases deben estar limpios y libres de materiales ajenos a los que se van a introducir.
- B) Los materiales del envase deben ser apropiados para la naturaleza del contenido.
- C) El envase debe estar protegido y adecuadamente cerrado.
- D) El envase debe ser resistente a choques, golpes, fricción, humedad.
- E) El tamaño y volumen de almacenaje deben ser diferentes según las propiedades de los desechos peligrosos.
- F) El espacio de almacenamiento debe estar limpio, seco y bien ventilado.

Las condiciones de la bodega de almacenamiento de los residuos peligrosos deben cumplir con lo siguiente:

- A) Contar con una adecuada ventilación y la temperatura del lugar no debe exceder los 20° C.

- B) El ingreso a la bodega es totalmente restringido solo el encargado de llevar el material y las personas encargadas de su transporte hasta el centro donde se le dará el tratamiento correspondiente tienen acceso a la bodega.
- C) Se deben de tomar en cuenta nuevamente las incompatibilidades de los residuos que se almacenan.

3.9. Residuos y su clasificación

Existen diferentes formas de clasificar los residuos en un laboratorio, generalmente se establecen grupos de residuos que comprenden los siguientes compuestos: solventes halogenados, solventes no halogenados, soluciones acuosas ácidas, soluciones acuosas básicas, metales pesados y soluciones de sus compuestos y aceites usados (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).

Los grupos de residuos propuestos por la norma del Instituto de Seguridad e Higiene de España son los siguientes:

Grupo I: Disolventes halogenados.

Son los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%.

Grupo II: Disolventes no halogenados.

Se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos.

Grupo III: Disoluciones acuosas.

Corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer divisiones y subdivisiones. Estas subdivisiones son necesarias ya sea para evitar reacciones de incompatibilidad, ya sea por requerimiento de su tratamiento posterior:

- Soluciones acuosas inorgánicas: Soluciones acuosas básicas: Hidróxido sódico, hidróxido potásico.
- Soluciones acuosas de metales pesados: Níquel, plata, cadmio, selenio, fijadores.
- Soluciones acuosas de cromo VI.
- Otras soluciones acuosas inorgánicas: Reveladores, sulfatos, fosfatos, cloruros.
- Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO: Soluciones acuosas de colorantes.
- Soluciones de fijadores orgánicos: Formol, fenol, glutaraldehído.
- Mezclas agua/disolvente: Eluyentes de cromatografía, metanol/agua.

Grupo IV: Ácidos.

Corresponden a este grupo los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen). Debe tenerse en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, debe realizarse una prueba con pequeñas cantidades y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

Grupo V: Aceites.

Este grupo corresponde a los aceites minerales derivados de operaciones de mantenimiento y, en su caso, de baños calefactores

Grupo VI: Sólidos.

Se clasifican en este grupo los productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos. No pertenecen a este grupo los reactivos puros obsoletos en estado sólido (grupo VII).

Se establecen los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de Sólidos:

- Sólidos orgánicos: A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza orgánica o contaminados con productos químicos orgánicos como, por ejemplo, carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
- Sólidos inorgánicos: A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza inorgánica. Por ejemplo, sales de metales pesados.
- Material desechable contaminado: A este grupo pertenece el material contaminado con productos químicos. En este grupo se pueden establecer subgrupos de clasificación, por la naturaleza del material y la naturaleza del contaminante y teniendo en cuenta los requisitos marcados por el gestor autorizado.

Grupo VII: Especiales.

A este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados. Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos. Ejemplos:

- Comburentes (peróxidos).
- Compuestos pirofóricos (magnesio metálico en polvo).
- Compuestos muy reactivos [ácidos fumantes, cloruros de ácido (cloruro de acetilo), metales alcalinos (sodio, potasio), hidruros (borohidruro sódico, hidruro de litio), compuestos con halógenos activos (bromuro de benzilo), compuestos polimerizables (isocianatos, epóxidos), compuestos peroxidables (éteres), restos de reacción, productos no etiquetados].
- Compuestos muy tóxicos (tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, etc.).
- Compuestos no identificados.

3.10. Tratamiento y eliminación

El tipo de tratamiento final de los residuos químicos depende de varios factores como el volumen y frecuencia de generación, la posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización y el costo asociado a los diferentes tipos de tratamientos.

Existen varios tipos de tratamiento final de las sustancias entre los que se encuentran³:

- Procesos físicos

No se da una transformación de la composición del residuo. Se utiliza para recuperar algunos componentes que se puedan reutilizar.

- Procesos químicos

Ocurre transformación de la composición del desecho. Se utilizan para obtener sustancias menos peligrosas o completamente inertes.

- Procesos biológicos

Consiste en la degradación del residuo orgánico por la acción de los microorganismos. La degradación altera la estructura molecular de los compuestos orgánicos.

- Incineración

Los residuos son quemados en un horno y son reducidos a cenizas. Es un método muy utilizado para eliminar residuos de tipo orgánico y material biológico. Debe controlarse la temperatura y la posible toxicidad de los humos producidos.

- Estabilización y solidificación

Los desechos peligrosos son mezclados con otros materiales donde son capturados o fijados, formando una estructura sólida. El objetivo es convertir los desechos peligrosos en un sólido inerte, estable, que tiene baja lixiviabilidad, con suficiente fuerza mecánica, esto previene que migren hacia el agua.

³ (Quesada & Salas, Guía de Manejo de Desechos Peligrosos en los Laboratorios del ITCR, 2009)

4. Metodología aplicada para evaluar la gestión de las sustancias químicas y el tratamiento de los residuos de laboratorios

Para realizar la evaluación sobre la gestión de las sustancias químicas en los laboratorios del Departamento de Ciencias Forenses, se realizaron las siguientes actividades:

4.1. Delimitación del proyecto:

Inicialmente se delimita el proyecto a tres de los ocho laboratorios que integran el Departamento de Ciencias Forenses, estos son Química, Toxicología y Ambiental, se escogieron estos laboratorios por la similitud en las sustancias que utilizan y por ende en los residuos que generan. Se realizaron visitas a los laboratorios para conversar con la regente química encargada y visualizar el manejo que realizan de las sustancias químicas, además de observar como disponen de los residuos que generan.

4.2. Recopilación de información:

4.2.1. Se realiza la recopilación y revisión de la legislación ambiental vigente en Costa Rica, en el campo de sustancias peligrosas, que sea aplicable para el caso de los laboratorios, posteriormente se verifica el cumplimiento.

4.2.2. Se recolectó información sobre la problemática actual de la gestión de residuos peligrosos en Costa Rica, esto a través de fuentes secundarias, para el caso de los planes de gestión de sustancias químicas se revisan planes de otros laboratorios fuera de Costa Rica, especialmente aquellos sobre sustancias peligrosas en los laboratorios afines al Departamento de Ciencias Forenses.

4.2.3. En los laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental del departamento de Ciencias Forenses se solicitaron datos sobre las sustancias y cantidades que utilizan al año estos tres laboratorios. Los datos se obtienen de las listas de compra anual que realizan.

4.2.4. Se analizó las características de los residuos generados anualmente en los laboratorios y se evalúan las mejores formas de disponerlos.

4.3. Encuesta al personal de los laboratorios:

4.3.1. Se realizó una encuesta con el fin de evaluar el conocimiento de los trabajadores acerca de las características de peligrosidad de las sustancias químicas, de la manipulación y sobre el conocimiento general sobre las consecuencias de un mal manejo de sustancias y sus residuos. Se encuestó a la totalidad de los trabajadores de los tres laboratorios, para un total de 31 personas, de las cuales 14 pertenecen a toxicología, 3 a ambiental y 14 al laboratorio de química.

4.4. Análisis de la capacidad de retención del tolueno como sustancia orgánica en la diatomita, el carbón activado y el cemento.

4.4.1. Para evaluar la capacidad de retención del tolueno en la diatomita y el carbón activado, se realizaron diferentes pruebas. Se realizó la mezcla de tolueno en las proporciones de 20% (2 gramos de tolueno en 8 gramos de adsorbente), 40% (4 gramos de tolueno en 6 gramos de adsorbente), 60% (6 gramos de tolueno en 4 gramos de adsorbente), se intentó realizar una mezcla del 80% pero la saturación de los dos sistemas llegó al 60% de tolueno.

4.4.2. En el caso de la mezcla de cemento se utilizaron proporciones más pequeñas comparadas con las de la diatomita ya que la saturación del cemento se dio con la proporción del 40% tolueno. Debido a esto se realizaron mezclas de tolueno al 40% (4 gramos de tolueno en 6 gramos de cemento), 20% (2 gramos de tolueno en 8 gramos de cemento), 10% (1 gramo de tolueno en 9 gramos de cemento) y 5% (0,5 gramos de tolueno en 9,5 gramos de cemento), adicionando agua para su inmovilización. Los recipientes no fueron sellados para simular la disposición que se da en los laboratorios, donde los recipientes en que se desechan las sustancias no cuentan con tapa.

4.4.3. Se pesaron las muestras cada día hasta obtener un peso constante para corroborar si existía la volatilización del tolueno.

4.5. Mezcla de dicromato de potasio con diatomita y cemento.

4.5.1. Se realizó una única prueba experimental donde se mezclaron 20 g de la sustancia en 100 g de diatomita y la misma cantidad en cemento agregándole el agua para su solidificación. Estas pruebas fueron enviadas al Laboratorio Lambda para que realizaran el análisis de TCLP o prueba de lixiviados para el cromo IV, el cual está regulado por el reglamento 27000 sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales. De acuerdo a los resultados obtenidos se evaluó la disposición actual de los residuos y se estudian otras alternativas de tratamiento.

4.6. Elaboración de las propuestas para la gestión de las sustancias químicas dentro de los laboratorios:

4.6.1. Se elaboró un manual de gestión de las sustancias químicas utilizadas y sus residuos el cual contempla:

- Identificación y caracterización de las sustancias y sus residuos peligrosos, de acuerdo a la legislación ambiental y a las hojas de seguridad de las sustancias.
- Establecimiento de la separación de sustancias peligrosas según sus incompatibilidades químicas.
- Establecimiento de medidas para una adecuada manipulación de las sustancias químicas.
- Etiquetado de las sustancias químicas con la información necesaria para su correcta manipulación y disposición.
- Recolección y disposición adecuada de residuos peligrosos.

5. Resultados y Discusión

5.1. Encuesta realizada a los trabajadores de los laboratorios.

La primera etapa del proyecto fue realizar una encuesta a los trabajadores para analizar el conocimiento sobre peligrosidad, clasificación, incompatibilidades, almacenamiento de sustancias químicas entre otros aspectos. Los resultados numéricos se pueden observar en el anexo 1, a continuación se muestra un análisis de los datos obtenidos:

5.1.1. Conocimiento de la clasificación de las sustancias según peligrosidad.

Se les consultó a los trabajadores si reconocían la clasificación básica de las sustancias según sus características de peligrosidad, como lo son inflamables, corrosivos, tóxicos, explosivos, nocivos, etc. Un total del 90%, contestó que sí la conocen, contra un 10% que no tenían conocimiento. Aunque es un alto porcentaje de trabajadores los cuales conocen la clasificación, hay una minoría que no sabe y esto puede traer consecuencias como provocar alguna emergencia por desconocimiento del adecuado uso de las sustancias químicas según su peligrosidad.

5.1.2. Procedimientos para la manipulación de sustancias

Se les preguntó qué procedimientos o normas de seguridad siguen los trabajadores al momento de utilizar sustancias para los análisis, esto con el fin de determinar el grado de capacitación que se les debe dar a los trabajadores en el tema de uso de equipo de protección personal, uso de capillas y de normas de laboratorio. Un 87% indican que sí siguen un procedimiento y un 13% que no utilizan ninguno. En el caso de las personas que no utilizan ningún procedimiento para el buen uso de los reactivos se les deben de dar las capacitaciones necesarias y así evitar posibles accidentes laborales y ambientales.

De los que contestaron positivamente, un 69% indican que utilizan el equipo de protección personal requerido además de la capilla de extracción en el caso de sustancias volátiles. El porcentaje restante indican que siguen normas del laboratorio, normas que aprendieron en

la universidad, normas recomendadas por la regente química sin especificar cuáles y un caso que utiliza las hojas de seguridad de las sustancias o msds. Por esto se deben de implementar y hacer del conocimiento general los procedimientos de laboratorio sobre qué utilizar cada vez que se vaya a manipular una sustancia.

Para conocer si entendían la información que traen algunas etiquetas y las hojas de seguridad se consultó a los trabajadores si conocen el significado de los pictogramas en las etiquetas de los envases, de las numeraciones y de la simbología NFPA 704. En el caso de los pictogramas un 55% dijo conocer algunos, un 29% los conocían todos, un 13% no conocía ninguno. Al consultárseles sobre las numeraciones, la mayoría de personas, un 58% dicen conocer algunos, un 23% conocen todos los significados y un 13% ninguno. El significado de la simbología NFPA 704 lo conoce un 42%, contra un 58% que no sabe su significado. Para implementar el plan de gestión de sustancias es necesario que toda la simbología con las características y peligrosidades en las etiquetas sea reconocida por los trabajadores, de lo contrario se pueden llegar a provocar accidentes por no saber cómo interpretar los símbolos y numeraciones del etiquetado. Se deben realizar capacitaciones sobre manejo e identificación de sustancias químicas con el fin de que la totalidad de colaboradores puedan reconocer la información.

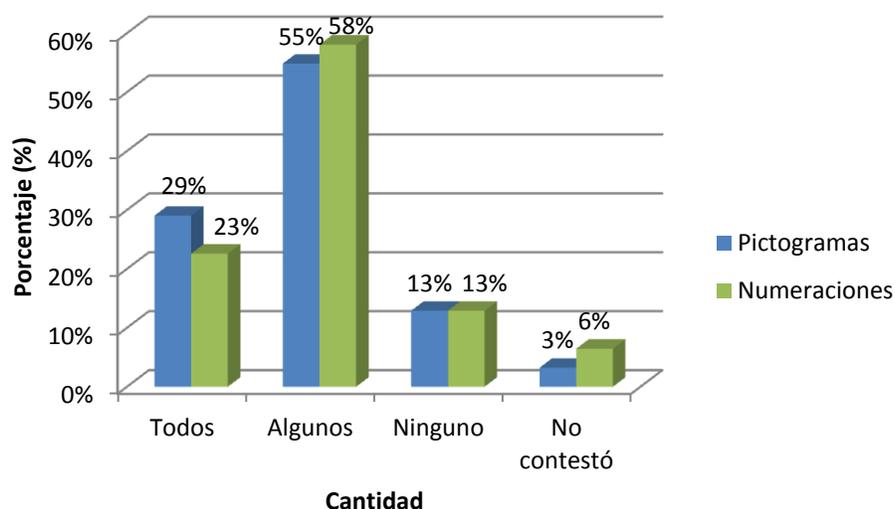


Figura 1. Conoce significado de los pictogramas y numeraciones en las etiquetas de los envases.

5.1.3. Utilización de las Hojas de Seguridad de las Sustancias (MSDS).

Se les consultó a los trabajadores la frecuencia con la cual revisaban las msds antes de usar las sustancias químicas. Un 64% indica que la utiliza a veces, solamente un 10% que la utiliza siempre y un 26% indica que no las utiliza nunca. Las hojas de seguridad son una herramienta básica en los laboratorios, los trabajadores deben conocer su importancia y además de eso, saber que su uso es obligatorio antes de manipular una sustancia química para evitar algún accidente. Si se conocen anticipadamente las características de peligrosidad e incompatibilidad de una sustancia se colabora con la seguridad de los trabajadores y del laboratorio.

5.1.4. Compatibilidad de las sustancias

Se realizó la consulta si los trabajadores conocían qué es la compatibilidad de las sustancias químicas, un 77% de los encuestados indican que sí conocen el concepto, sin embargo un 23% no lo conoce. A los que sí conocían el concepto se les pidió que indicaran algún ejemplo, el mayor porcentaje no da un ejemplo específico, solo indican que las incompatibilidades son reacciones entre sustancias, las otras reacciones que reconocen como incompatibles son las de ácidos-bases, oxidantes-reductores y alcoholes-ácidos.

Es preocupante que el concepto no sea de conocimiento general ya que es imprescindible que en los laboratorios estén al tanto de las incompatibilidades que existen entre las sustancias, para que al momento de almacenarlas o manipularlas no ocurra ningún accidente. Es necesario dar capacitaciones sobre almacenamiento seguro de las sustancias químicas según sus compatibilidades.

5.1.5. Sustancias que utilizan en los laboratorios

Con el fin de determinar una lista de las sustancias más importantes que utilizan en los laboratorios, se les pidió dentro del cuestionario que indicaran las cinco sustancias que más utilizan. Un 17 % de los encuestados señala que uno de los químicos que más utiliza es el metanol, seguido por el acetato de etilo (11%), ácido clorhídrico (10%) y sulfúrico (9%).

En la figura se muestra las principales sustancias y la cantidad de personas encuestadas que indican que las utilizan.

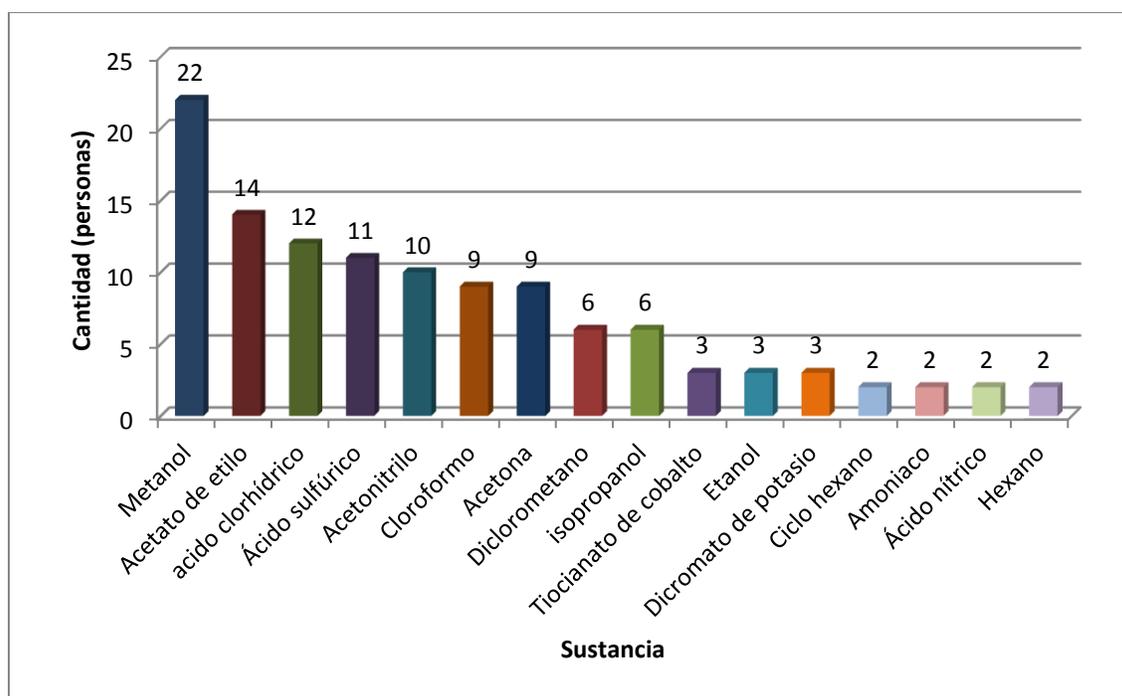


Figura 2. Sustancias que más se utilizan en los laboratorios.

5.1.6. Protocolo para la disposición de los residuos químicos del laboratorio

Se realizó la consulta si seguían algún protocolo de descarte de las sustancias conforme las utilizaban, donde un 97% respondió que sí, al preguntar cómo era que disponían las sustancias todos responden que la disposición final se hace en diatomita. En este caso se puede comprobar que el único método que se conoce y utiliza en los laboratorios es el descarte en diatomita para luego enviarlo a un relleno sanitario.

Además de saber si seguían algún procedimiento para desechar las sustancias era necesario conocer la opinión de los trabajadores si ellos consideran que la disposición de los residuos de las sustancias químicas se hace de la manera más adecuada. A lo que un 61% contesta que si les parece bien, contra un 39% que no lo creen.

El único medio de descarte de las sustancias que se utiliza es la diatomita indiferentemente de las características de la sustancia y de si el sistema es eficiente en la retención de las

mismas. De aquí la importancia de realizar un estudio sobre la eficiencia del proceso de descarte de los residuos químicos.

5.1.7. Legislación sobre manejo de residuos peligrosos

Se consultó a los trabajadores si ellos conocen estas legislaciones y lo que en ellas se contempla para el manejo de los residuos. Solamente un 19% de los encuestados dijo que sí la conocía, por el contrario una mayoría (81%) contestó que no. La legislación nacional establece que debe existir un manejo adecuado de los residuos químicos, cumpliendo con las normas establecidas en la ley de gestión de residuos sólidos y en el reglamento de manejo de desechos industriales. El conocimiento de la legislación es un punto a considerar en los planes de capacitación, porque lo establecido en las normas es obligatorio para todos los trabajadores por igual. Principalmente porque los laboratorios pertenecen al Poder Judicial, institución encargada en el país de la administración de la justicia, los laboratorios están de la obligación de ser ejemplo y conocer la legislación que deben cumplir.

5.1.8. Consecuencias de la mala disposición de residuos peligrosos

Para conocer el grado de concientización que existe sobre las consecuencias de una mala disposición de las sustancias y residuos peligrosos, se les consulta si las conocen y se pide que den un ejemplo de los posibles daños que esto podría ocasionar. Un 84% dice conocer las consecuencias y los dos principales efectos que reconocen que podría tener, es la contaminación ambiental y la afectación a la salud. Un 16% indica que desconocen alguna consecuencia que tiene una contaminación por residuos peligrosos. Se necesita tomar en cuenta para un plan de gestión de las sustancias el grado de conciencia ambiental que tienen los trabajadores, de ello depende el éxito de la implementación. Si los trabajadores no entienden el porqué se deben tratar adecuadamente los residuos y cuáles son los beneficios de hacerlo así, entonces no pondrán interés en el sistema.

5.1.9. Procedimiento en caso de emergencia

Se consultó a los trabajadores se existe algún procedimiento sobre qué hacer en caso de una emergencia que involucre sustancias químicas, por ejemplo en caso de derrames. Las respuesta fue dividida un 55% dijo que sí existía, sin embargo un 45% dijo lo contrario. Es importante que si ya el procedimiento existe este sea comunicado por igual a todos los trabajadores, si este no es de conocimiento universal cuando se dé alguna emergencia no se podrá responder con la misma prontitud ya que unos si sabrán que hacer y otro grupo no.

5.1.10. Capacitación sobre manejo de sustancias químicas

Para concluir el cuestionario se pregunta si han recibido alguna capacitación sobre manejo de sustancias químicas, solamente un 45% la ha recibido, sin embargo no las recibieron en su lugar de trabajo, la mayoría tiene los conocimientos recibidos en la universidad y otros en su antiguo trabajo. En el departamento se debe de implementar un plan de capacitaciones, tanto a los trabajadores de experiencia como los que van ingresando, sobre manipulación y descarte de sustancias químicas.

5.2. Inventario de las sustancias de los laboratorios:

En los laboratorios se utilizan una extensa cantidad de sustancias químicas debido a la naturaleza de los análisis que realizan. Los datos de los cuales se obtiene el inventario de las sustancias químicas es una lista de compra anual de reactivos donde indica el código de la sustancia, el nombre, departamento que lo utiliza, la cantidad que se compra anual y la presentación en la que viene. Es importante que además de esta lista se lleve un control más actualizado de las sustancias conforme se van comprando y se están usando. Debe existir un registro de tal manera que cada vez que alguna persona del laboratorio solicite una sustancia de la bodega se indique la cantidad que se requiere y esta información sea incluida en una base de datos para que el inventario se actualice en tiempo real. Con esto se tendría una información más confiable sobre la cantidad real requerida por los laboratorios contra lo que se compra anualmente, así se evita que se adquiera cantidades mayores de las que se ocupan de un reactivo y, si se está adquiriendo de otro reactivo menos de lo que se necesita, se realizan compras mayores y se evita el tener que estar haciendo pedidos constantes de sustancias químicas lo cual genera más gasto por transporte y tiempo del personal a cargo de realizar las compras.

5.2.1. Inventario de las Sustancias líquidas:

Utilizando la información de la compra anual se realiza un análisis de Pareto, para determinar cuáles son las sustancias que ocupan el mayor volumen utilizado por los laboratorios. En la siguiente figura se muestran las cantidades y el porcentaje que representan, la línea roja representa el porcentaje que abarcan cada una de las sustancias del total de las compras que se realizan anualmente. El nitrógeno líquido, etanol, isopropanol, metanol y el acetato de etilo son las cinco sustancias que representan el 80% del total del volumen que utilizan en mayor cantidad en los laboratorios. De un total de 1474 litros de sustancias que se compran al año, 1171 litros corresponden a estas cinco sustancias. Estas sustancias se incluyen como las más importantes dentro del plan por la gran cantidad que se utiliza.

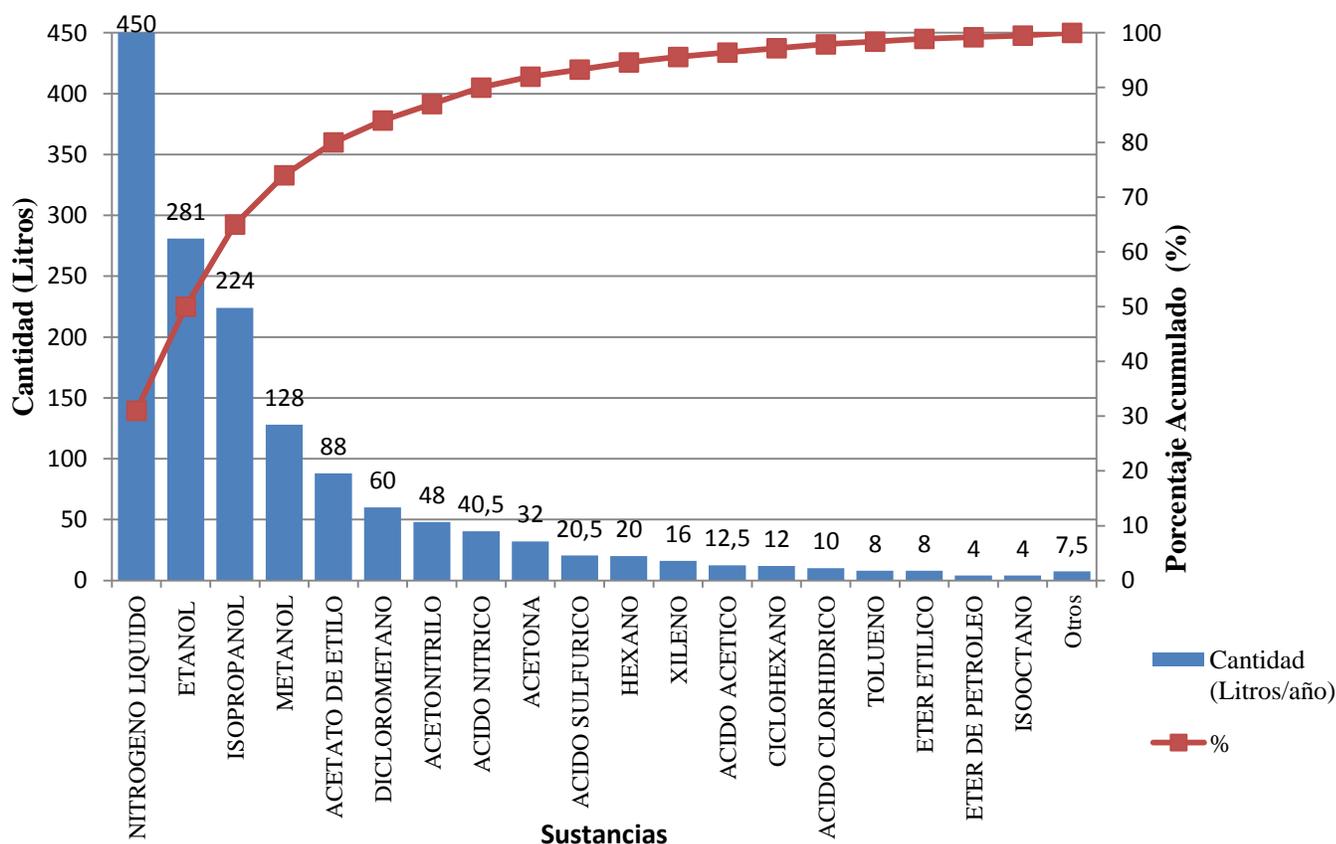


Figura 3. Análisis de Pareto de las sustancias líquidas utilizadas en los laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental.

Se debe tomar en consideración que algunas sustancias utilizadas son clasificadas como precursores, estos son productos o sustancias químicas esenciales para la fabricación de drogas. El uso de estas sustancias se encuentra regulado por la ley 8204 Sobre estupefacientes, sustancias psicotrópicas, drogas de uso no autorizado, actividades conexas, legitimación de capitales y financiamiento al terrorismo. Entre la lista de sustancias precursoras del Instituto Costarricense sobre Drogas se encuentran varias que son utilizadas en los laboratorios estas son: la acetona, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, alcohol isopropílico, tolueno, acetato de etilo, alcohol etílico, cloroformo cloruro de metileno, hexano, metanol y el xileno.

El Departamento como comprador de precursores debe asumir el compromiso de velar por el adecuado uso de estos productos. Entre las obligaciones que debe cumplir según la Ley 8204 están:

Llevar registros de cada de las transacciones que realice con este tipo de sustancias, como el inventario, adquisición y cantidades perdidas a causa de accidentes, evaporación o sustracciones, los registros se deben conservar por un periodo mínimo de 2 años. Por último, enviar mensualmente un informe acerca del movimiento que han tenido las sustancias bajo su responsabilidad. El departamento si cumple con estos requisitos establecidos en la legislación.

5.2.2. Inventario de las Sustancias Sólidas:

Las sustancias químicas sólidas se utilizan en menor cantidad en los laboratorios comparado con las líquidas. Como se muestra en el siguiente cuadro son pocas y muy parecidas las cantidades que se compran al año por sustancia.

Como se observa en la siguiente figura, al hacer el análisis de pareto donde la línea roja indica el porcentaje que abarcan las sustancias sólidas del total que se compra al año, son once sustancias las que representan el 80% que equivale a 36 kilos de un total de 46 kilos que se compran. Debido a que los sólidos no se almacenan ni manipulan en grandes cantidades, ni tampoco representan un alto peligro para los trabajadores, no se incluyen en la evaluación del plan y se le da énfasis a las sustancias químicas líquidas que sí se manejan en cantidades mayores y representan mayor peligro para los laboratorios.

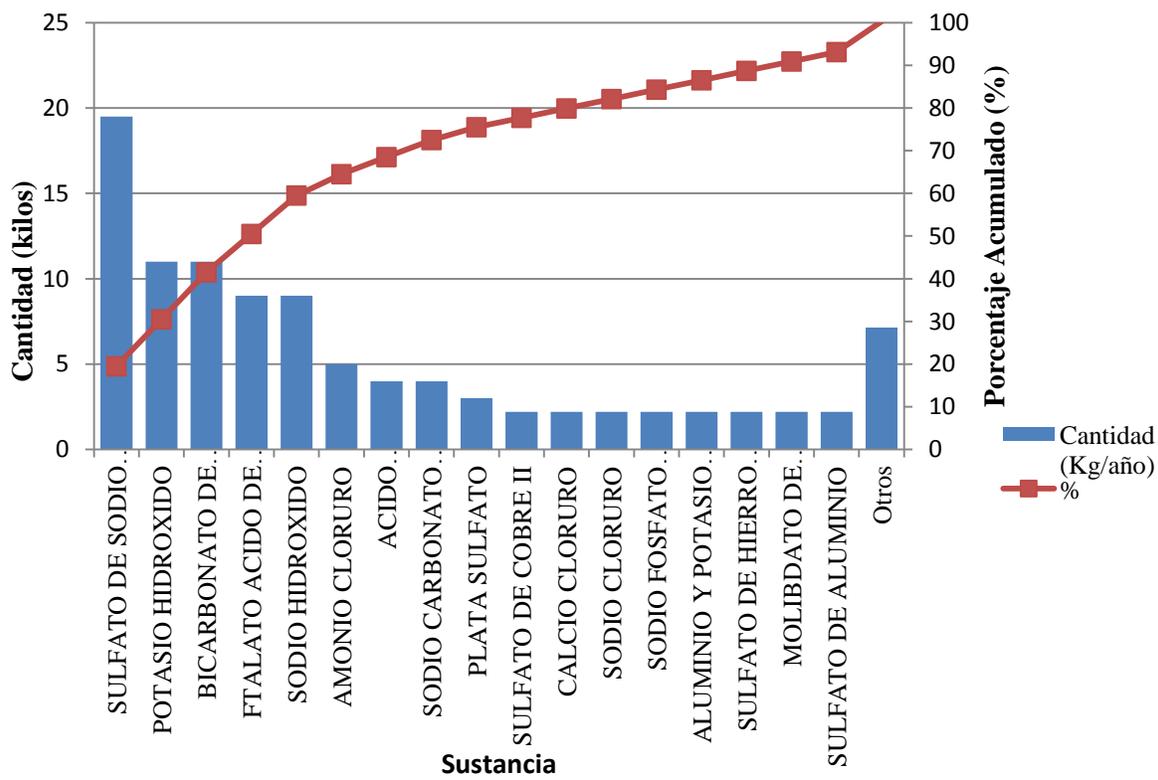


Figura 4. Análisis de Pareto de las sustancias sólidas utilizadas en los laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental.

5.3.Minimización

Un plan de gestión de sustancias químicas debe incluir en sus apartados, medidas de minimización del uso de las sustancias, para el caso de los laboratorios, son pocas las medidas factibles que se pueden llevar a cabo, debido a que en ellos se siguen protocolos y análisis estandarizados cuyos resultados tienen implicaciones legales y es de carácter obligatorio realizar estos análisis, en la mayoría de los casos no es posible realizar un cambio de las sustancias peligrosas empleadas como materias primas en los diferentes procedimientos.

Es importante capacitar continuamente al personal con el fin de reducir las posibilidades de la utilización innecesaria de químicos y para evitar cualquier accidente, además se debe de tener a la mano las fichas de seguridad de todos los reactivos utilizados y etiquetar adecuadamente todos los envases, situación que no se está cumpliendo en los laboratorios donde no se tienen las hojas de seguridad en un fácil acceso. Realizar inspecciones a los equipos mediante la limpieza regular de los mismos para prevenir y reducir las fugas y pérdidas de líquidos peligrosos.

Existe la posibilidad de que se envíen los residuos de ciertas sustancias a destilar, como el caso del alcohol isopropílico, con el fin de reutilizarlas siempre que sea en procesos que no tengan implicaciones legales, ya que para estos análisis se requieren sustancias de una alta pureza. Y para prevenir la generación de residuos de sustancias químicas vencidas, se recomienda que se donen los reactivos químicos que ya no son utilizados a universidades u otras instituciones públicas que los puedan aprovechar.

5.4. Clasificación e incompatibilidades de las sustancias químicas

En el siguiente cuadro se muestra la clasificación y peligrosidad de las principales sustancias que se almacenan y utilizan en los laboratorios, además se muestran las incompatibilidades que cada sustancia tiene con otras. Esta clasificación se realiza con base en las características predominantes de peligrosidad establecidas en cada una de las hojas de seguridad de las sustancias.

Con base en la peligrosidad e incompatibilidades de las sustancias, se elabora un cuadro ejemplo sobre qué sustancias que utilizan en los laboratorios se podrían almacenar juntas y cuáles no deben.

Cuadro I. Clasificación, peligrosidad e incompatibilidades de las principales sustancias utilizadas en los laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental.

		Características							Incompatibilidades
Sustancia	Clasificación	Inflamable	Oxidante	Corrosivo	Explosivo	Ecotóxico	Tóxico	Nocivo	
Isopropanol	Alcohol	x							Metales alcalinos y alcalinotérreos, aluminio, oxidantes, nitrocompuestos orgánicos.
Etanol	Alcohol	x							Metales alcalinos y alcalinotérreos, óxidos alcalinos, oxidantes fuertes.
Metanol	Alcohol	x					x		Halogenuros de ácido, metales alcalinos y alcalinotérreos, oxidantes, hidruros, dietilo de cinc, halógenos, hipoclorito de sodio. Metales alcalinos y alcalinotérreos, metales en polvo, óxidos de nitrógeno, alcoholatos, amidas alcalinas, ácido perclórico, nítrico, óxidos no metálicos, oxígenos, alcoholes, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos aromáticos/ácidos.
Diclorometano	Hidrocarburo halogenado							x	Oxidantes fuertes, metanol, aluminio, ácido nítrico, bases fuertes.
Cloroformo	Hidrocarburo halogenado							x	Bases fuertes, aluminio, magnesio, sodio, potasio, acetona, litio, hidróxido sódico con metanol.
Acetonitrilo	Hidrocarburo alifático	x					x		Sustancias oxidantes, complejos cianurados. Ácidos, agua y vapor de agua.
Hexano	Hidrocarburo alifático	x				x		x	Oxidantes fuertes. Inflamables orgánicos, compuestos oxidables, disolventes orgánicos, alcoholes, cetonas, aldehídos, anhídridos, aminas, anilinas, nitrilos, nitrocompuestos orgánicos, hidracina, acetiluros, metales y aleaciones metálicas, óxidos metálicos, metales alcalinos y alcalinotérreos, amoníaco, soluciones de hidróxidos alcalinos, ácidos, hidruros, halógenos, compuestos halogenados, óxidos no metálicos, halogenuros de n metales, hidruros de no metales, no metales, fósforos, nitruros, siliciuro de litio, peróxido de hidrógeno, metales en polvo, resinas de intercambio aniónicas.
Acido Nítrico	Ácido		x	x			x		

Ácido clorhídrico	Ácido		x			Aluminio, aminas, carburos, hidruros, flúor, metales alcalinos, metales, KMNO, soluciones fuertes de hidróxidos alcalinos, halogenatos, ácidos sulfúrico concentrado, óxidos de semimetales, aldehídos, sulfuros, siliciuro de litio, éter vinilmetílico, etileno, oxidantes fuertes y aluminio.
Ácido Sulfúrico	Ácido		x			Agua, metales alcalinos y alcalinotérreos, compuestos alcalinos y alcalinotérreos, amoníaco, soluciones de hidróxidos alcalinos, ácidos, metales (origina hidrógeno), fósforo, halogenuros de halógeno, halogenatos, permanganatos, nitratos, carburos, sustancias inflamables, disolventes orgánicos, acetiluros, nitrilos nitrocompuestos orgánicos, anilinas, peróxidos, picratos, nitruros, cobre, acetaldehído.
Ácido Acético	Ácido	x		x		Anhídridos/agua, aldehídos, alcoholes, halogenuros de halógeno, oxidantes fuertes, metales, hidróxidos alcalinos, halogenuros de no metales, etanolamina, bases fuertes. Oxidantes como el trióxido de cromo o permanganato potásico.
Tolueno	Hidrocarburo aromático	x			x	Ácido nítrico concentrado, ácido sulfúrico, oxidantes fuertes, cloratos, halogenuros de halógeno, azufre/calor, óxidos de nitrógeno, nitrocompuestos orgánicos.
Xileno	Hidrocarburo aromático	x			x	Materiales oxidantes. Ácido sulfúrico, ácido nítrico, azufre.
Ciclohexano	Hidrocarburo cíclico	x			x	Se pueden generar cargas electrostáticas por agitación
Acetato de etilo	Ester	x				Metales alcalinos, flúor, hidruros, oxidantes fuertes, agua con aire y luz. Luz ultravioleta, bases y ácidos, plásticos.
Acetona	Cetona	x			x	Hidróxidos alcalinos, halógenos, hidrocarburos halogenados, halogenuros de halógeno, metales alcalinos, nitrosilos, metales, etanolamina, 1,1,1,-tricloroetano. Oxidantes fuertes como ácido acético, ácido nítrico, y peróxido de hidrógeno.
Dicromato de potasio	Disolución acuosa		x		x	Inflamables orgánicos, anhídridos, hidracina y derivados, hidroxilamina, sulfuros/agua, reductores, ácido sulfúrico concentrado, glicerina, boro, hierro magnesio, metales en polvo.
Nitrógeno Líquido	Gas inerte					Neodimio, litio, zirconio y ozono pueden reaccionar con nitrógeno lentamente a temperatura ambiente (16° C). Calcio, estroncio, bario y titanio reaccionaran a altas temperaturas para formar nitritos.

Sustancia	Nitrógeno Líquido	Isopropanol	Etanol	Metanol	Acetato de etilo	Diclorometano	Acetonitrilo	Acido Nítrico	Acetona	Ácido Sulfúrico	Hexano	Xileno	Ácido Acético	Ciclohexano	Ácido clorhídrico	Tolueno	Cloroformo	Dicromato de potasio	Carbon Disulfuro
Nitrógeno Líquido	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Isopropanol	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Etanol	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Metanol	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓
Acetato de etilo	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Diclorometano	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓
Cloroformo	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Acetonitrilo	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Hexano	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Xileno	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Tolueno	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Ciclohexano	✗	✓		✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Acido Nítrico	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Ácido Sulfúrico	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Ácido clorhídrico	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓
Ácido Acético	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Acetona	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓
Dicromato de	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Carbon Disulfuro	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓

Figura 5. Incompatibilidades entre las sustancias utilizadas en los laboratorios.

Simbología: ✓ : Se pueden almacenar juntos. ✗ : No se deben almacenar juntos

5.5. Almacenamiento de sustancias químicas

Los tres laboratorios cuentan con una bodega en común fuera del edificio principal, en ella se almacenan los envases de las sustancias que son más utilizadas y por ende de las cuales se compran en mayor cantidad. Sin embargo no todas las sustancias caben en ella, por lo que se mantiene una reserva dentro de los laboratorios, donde cuentan con cuartos destinados para el almacenamiento de sustancias químicas, esto también con el fin de tener una reserva aparte de los químicos en uso para mayor rapidez en la elaboración de los análisis. Los lugares de almacenaje dentro de los laboratorios cumplen con algunos requisitos de almacenamiento como lo es separar ácidos de los alcoholes y las bases, además de los agentes oxidantes. A pesar de seguir estas reglas de incompatibilidades, los lugares utilizados no cumplen con algunas normas de seguridad requeridas, los estantes no se encuentran debidamente rotulados, en caso de algún derrame de sustancias no cuentan con sistemas de contención. Por otro lado también se guardan recipientes en otros estantes y gavetas debajo de las mesas de trabajo, es necesario que se utilicen solamente los lugares destinados para almacenaje, ya que si no se tiene un orden de almacenaje de sustancias se pueden presentar problemas de expiración de sustancias por una mala rotación o se pueden presentar accidentes al no tomar conciencia de qué sustancias se están almacenando juntas.

La bodega general de reactivos se encuentra lejos de donde se ubican los laboratorios, cuenta con acceso restringido y con control de entrada. Tiene sistema de contención en caso de derrames.

Cuadro II. Recomendaciones de almacenaje para los laboratorios.

Ubicación según peligrosidad	Sustancias que se pueden almacenar juntas	Etiqueta	Características de almacenamiento
Gases comprimidos	Nitrógeno		<p>En un área exclusiva para cilindros, lejos de fuentes térmicas.</p> <p>La bodega debe contar con ventilación suficiente para evitar concentración de gases que pueden originar explosión, asfixia o envenenamiento.</p> <p>Los cilindros deben estar separados en áreas según su clasificación específica de gases.</p> <p>En el caso del almacenamiento de comburentes e inflamables, la bodega debe tener muro divisorio de distanciamiento entre ellos.</p> <p>Los cilindros llenos deben estar en áreas separadas de los vacíos y con letreros indicando si son llenos o vacíos.</p> <p>Todos los cilindros deben ser almacenados en posición vertical y sujetos o encadenados a pared o bien una baranda que no permita que se vuelque.</p>
Inflamables	Isopropanol, Etanol, Metanol, Acetonitrilo, Hexano, Tolueno, Xileno, Ciclohexano, Acetato de etilo, Acetona.		<p>Las sustancias inflamables se pueden almacenar en la bodega común general hasta una cantidad máxima de 500 kg.</p> <p>Los líquidos inflamables podrán almacenarse junto con sólidos inflamables.</p> <p>Los estantes donde se encuentren deben contar con señalización y rotulación de productos.</p> <p>Distancias de productos a muros: 0.5 m.</p>
Oxidantes	Ácido Nítrico, Dicromato de potasio.		<p>El ácido nítrico debe almacenarse completamente separado del resto de sustancias químicas.</p> <p>No se deben de poner en contacto con sustancias con las que puedan entrar en combustión, especialmente material orgánico.</p> <p>No almacenar junto con inflamables o líquidos combustibles en los laboratorios.</p> <p>En el caso de la bodega común, estos productos deberán estar a una distancia de 2,4 m de otros productos.</p> <p>Los estantes donde se encuentren deben contar con señalización y rotulación de productos.</p>

Nocivos Tóxicos	Diclorometano, cloroformo		<p>Ventilación suficiente, para evitar concentraciones de vapores, gases y/o aerosoles que puedan ocasionar daño a la salud humana.</p> <p>En caso de almacenamiento junto con otras sustancias químicas peligrosas, deberá existir una distancia de 2.4 m. entre ellos y una distancia de 1.2 m de cualquier otro producto no peligroso.</p> <p>En caso que un producto tóxico sea además inflamable, las condiciones de almacenamiento se regirán por las indicadas para los inflamables.</p>
Corrosivos	Acido Clorhídrico, Ácido Sulfúrico, Acido acético.		<p><u>El ácido clorhídrico y el acético no pueden almacenarse junto con el ácido sulfúrico.</u></p> <p>En caso de que deban almacenarse junto con otros productos peligrosos u otros productos con los que podría reaccionar violentamente, deberán estar distanciados por 2.4 m.</p> <p>En caso de almacenamiento junto con otros productos no peligrosos deberán estar distanciados 1.2 m.</p> <p>En caso que un producto corrosivo sea además inflamable, las condiciones de almacenamiento se regirán por los inflamables.</p>

5.6. Disposición final

5.6.1. Pruebas de retención de las sustancias químicas.

Actualmente todos los residuos de los laboratorios son descartados en diatomita, dentro de los laboratorios se tienen diferentes recipientes con el absorbente y en cada uno se descarta según tipo de sustancia, sin embargo cuando se envía al relleno toda la diatomita es mezclada en un solo envío. Con el fin de evaluar si este protocolo de disposición realmente funciona como un sistema de disposición final se realizó varias pruebas para determinar la retención de las sustancias, la diatomita que se utilizó es la misma que se usa en los laboratorios. La diatomita es una roca sílice de origen sedimentario y está compuesta por pequeñas cantidades de componentes inorgánicos (Alfaro, La Tierra Moler o Diatomita como sistema de remoción de sustancias químicas en el Laboratorio, 2007).

En el primer caso donde se simuló la disposición de sustancias que se realiza en los laboratorios utilizando la diatomita, se observa en el Cuadro III, que se tuvo una pérdida de peso significativa en todas las pruebas luego de pesar las muestras hasta que se tuvieron una lectura constante. El mayor porcentaje de retención obtenido fue de un 50% en la relación de 10% tolueno en 90% diatomita. Al realizar las tres primeras mezclas, la sustancia es absorbida completamente por la diatomita, sin embargo al realizar la cuarta mezcla la diatomita se saturó completamente e inclusive quedó una pequeña cantidad sin ser absorbida por la diatomita. Se observa en la figura como decae la capacidad de retención de la diatomita conforme aumentaba la concentración del tolueno. La sustancia se adsorbe por la alta porosidad de la diatomita, sin embargo al no poder formar interacciones fuertes con los disolventes, no pueden ser retenidas y se volatilizan.

Cuadro III. Porcentaje de retención del tolueno en diatomita

Concentraciones (m/m)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	% Retención
10% tolueno y 90% diatomita:	10	9,5	50
20% tolueno y 80% diatomita:	10	8,8	40
40% tolueno y 60% diatomita	10	6,5	13
60% tolueno y 40% diatomita	10	4,4	7

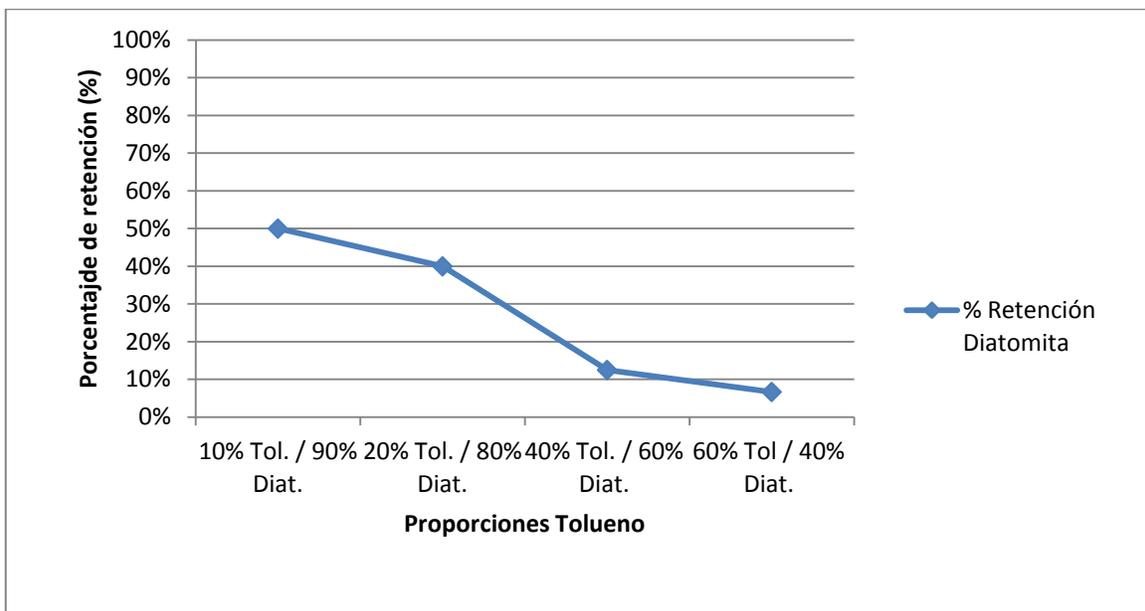


Figura 6. Curva de retención del tolueno en diatomita.

Se intentó buscar otras opciones de compuestos adsorbentes que se pudieran utilizar como sustituto de la diatomita, se eligió el carbón activado el cual es un material con una gran capacidad de adsorción ya que cuenta con una alta porosidad y es capaz de retener entre el 40% y el 60% de su propio peso, además por su naturaleza adsorbe mejor las sustancias orgánicas. Al observar los datos obtenidos en el Cuadro IV la retención de tolueno en carbón activado fue mejor a la obtenida con la diatomita en la primer mezcla con 10% de tolueno, sin embargo, en la mezcla de 20% la retención no fue mayor a la diatomita. La curva de retención también disminuye conforme aumenta concentración de la sustancia al igual que sucedió con la diatomita y la saturación se alcanza al 60% de tolueno. Se puede realizar el cambio a carbón activado, sin embargo, se está buscando la alternativa más adecuada para una disposición final de los residuos y con el carbón activado también se

está provocando la liberación de sustancias al ambiente, debido a que no se está logrando que se absorba el 100% de residuo peligroso.

Cuadro IV. Porcentaje de retención del tolueno en Carbón Activado.

Concentraciones (m/m)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	% Retención
10% tolueno y 90 Carbón Activado %:	10	9,7	70
20% tolueno y 80% Carbón Activado:	10	8,6	30
40% tolueno y 60% Carbón Activado	10	6,3	7
60% tolueno y 40% Carbón Activado	10	4,8	13

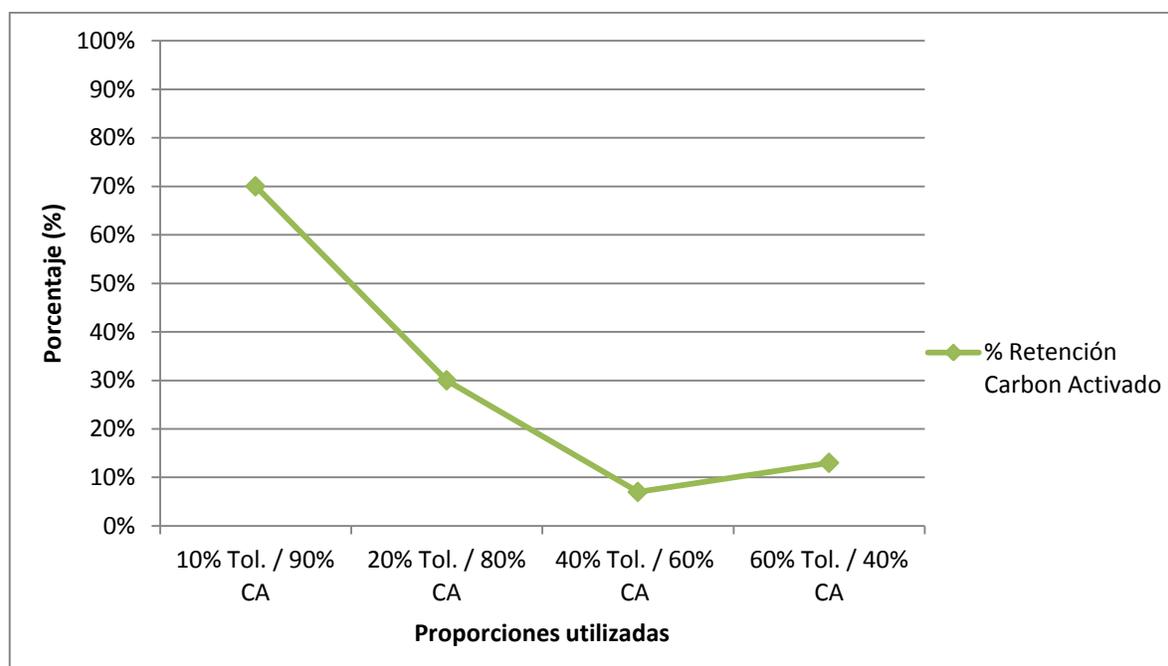


Figura 7. Curva de retención del tolueno en Carbón Activado.

Por último se experimentó la inmovilización con cemento, sin embargo la pérdida de tolueno por volatilización fue aún mayor. Inclusive el tolueno al volatilizarse arrastró parte del agua que se agregó para solidificar la mezcla. La saturación se dio al 40% tolueno y en esta proporción se volatilizó todo. La máxima retención se obtuvo con el 5% de tolueno y fue de un 37%, la inmovilización tampoco resulta un sistema adecuado de disposición final para sustancias orgánicas volátiles, ya que la mayor retención se dio con una concentración

muy baja del tolueno y no sería un sistema factible por los grandes volúmenes de cemento que se necesitarían, además debido a que el cemento es un material inorgánico no genera interacción con las sustancias orgánicas permitiendo la volatilización y el arrastre del agua. En el anexo 2 se muestran los resultados del pesaje diario obtenido para los diferentes sistemas utilizados.

Cuadro V. Porcentaje de retención del tolueno en cemento.

Concentraciones (m/m)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	% Retención
5% tolueno y 95% cemento	13,3	11	37%
10% tolueno y 90% cemento	12,4	10,3	34%
20% tolueno y 80% cemento:	12,4	9,2	27%
40% tolueno y 60% cemento	14	6	0%

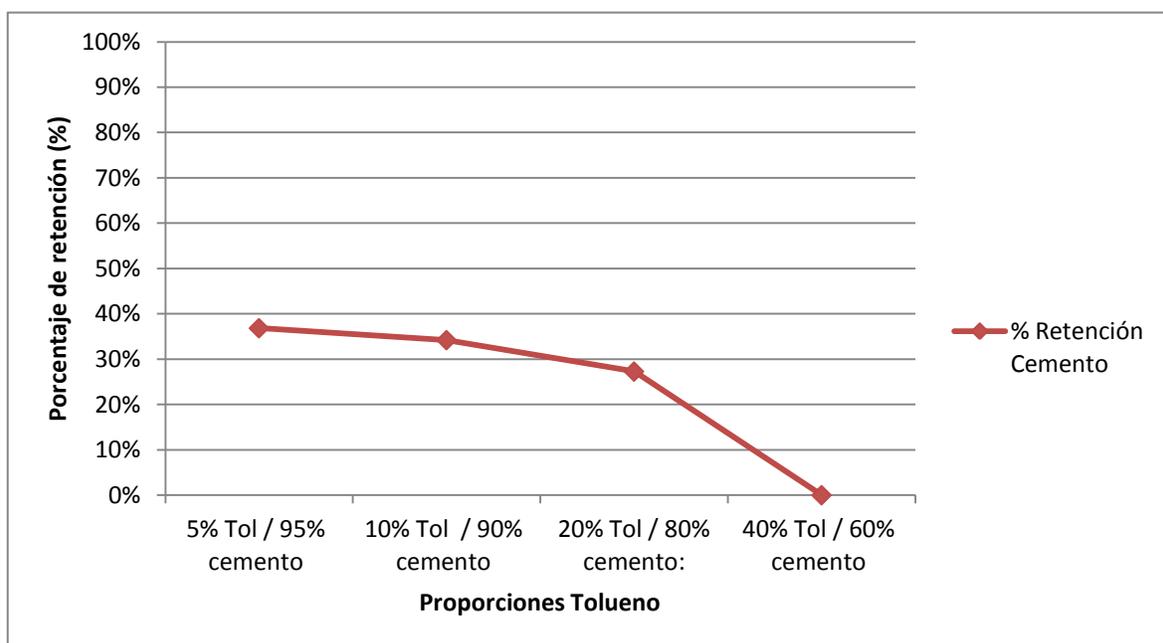


Figura 8. Curva de retención del tolueno en cemento.

5.6.2. Resultados dicromato de potasio:

En el estudio de la absorción de sustancias inorgánicas en diatomita, se utilizó como ejemplo el dicromato de potasio el cual es un compuesto altamente tóxico y dañino al medio ambiente, además el cromo VI que se encuentra regulado en el Reglamento sobre las

características y el listado de los desechos peligrosos industriales, donde se establece los límites máximos permisibles en las pruebas de lixiviado. La prueba PECT (Prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen de un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente) la realizó un laboratorio especializado. Se debe aclarar que en los laboratorios el dicromato de potasio es reducido a cromo III antes de disponerlo, se utiliza como ejemplo de sustancia inorgánica y porque se puede comparar con el parámetro de límite máximo establecido en el reglamento. El Cuadro VI muestra los resultados y en el anexo 3 el reporte realizado por el laboratorio.

Cuadro VI. Resultados de retención del Cromo VI por la diatomita según prueba de TCLP.

Contaminante inorgánico:	Resultado	Límite Máximo
Cromo Total (como Cr)/ mg/L	35,8 ± 0,4	5,0 mg/L

Para calcular el porcentaje de retención de la diatomita se calcula la concentración de Cr^{6+} de la disolución, para ello se obtiene el porcentaje en masa del dicromato en la disolución y posteriormente la concentración en mg/l, los resultados se muestran a continuación:

$$\frac{0,2 \text{ g } K_2Cr_2O_4}{100,2 \text{ g disolución}} = 0,20\% \frac{m}{m} K_2Cr_2O_4 \times 10000 = 1996,0 \text{ ppm } K_2Cr_2O_4$$

Posteriormente se multiplica la concentración del dicromato por la masa molar del mismo para obtener la concentración del cromo VI en la disolución:

$$\frac{1996,0 \text{ mg } K_2Cr_2O_4}{l \text{ disolución}} \times \frac{2(5200 \text{ mg})Cr^{6+}}{246000 \text{ mg } K_2Cr_2O_4} = 843,8 \frac{\text{mg}}{l} Cr^{6+}$$

Para calcular el porcentaje de cromo que no fue absorbido en la diatomita se calcula el porcentaje que el resultado del laboratorio representa en la concentración total que había en la disolución, se obtiene:

$$\frac{35,8 \frac{\text{mg}}{l}}{843,8 \frac{\text{mg}}{l}} \times 100 = 4,2\%$$

$$100 - 4,2 = 95,8\% \text{ retención diatomita}$$

La prueba de TCLP dio como resultado 35,8 mg/l, lo que representa un 4,2% del total de cromo que había en la disolución. Esto quiere decir que la diatomita tuvo una eficiencia de retención del 95,8%, es un porcentaje elevado, sin embargo no es el suficiente para que se cumpla con el reglamento el cual establece una concentración máxima permitida de 5 mg/l de cromo hexavalente.

Por otro lado se estudió como sistema alternativo la prueba de inmovilización realizada con cemento y diatomita. También se efectuó la prueba PECT y los resultados se muestran en el Cuadro VII a continuación:

Cuadro VII. Resultados de retención del Cromo VI por el cemento según prueba de TCLP.

Contaminante inorgánico:	Resultado	Límite Máximo
Cromo Total (como Cr)/ mg/L	1,8 ± 0,1	5,0 mg/L

En la prueba TCLP se obtiene 1,8 mg/l de cromo total, si se toma nuevamente la concentración de cromo en la disolución, esto representa un 0,2% del total. Lo que le da al cemento un porcentaje de retención del 99,8%.

$$\frac{1,8 \frac{mg}{l}}{843,8 \frac{mg}{l}} \times 100 = 0,2\%$$

$$100 - 0,2 = 99,8\% \text{ retención cemento}$$

Aparte del alto porcentaje de retención del cemento los resultados obtenidos cumplen con lo establecido en la normativa y da espacio para que se realicen más pruebas aumentando las concentraciones de dicromato, y así se optimiza la cantidad que sería capaz de retener el cemento sin pasar los límites del reglamento.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas es evidente que la diatomita no es el sistema adecuado de disposición final de los residuos químicos, en el caso de los compuestos orgánicos volátiles en una gran proporción se están emitiendo al ambiente.

Una medida temporal mientras se busca la alternativa más adecuada de tratamiento es que los contenedores con diatomita donde se disponen las sustancias cuenten con una tapa con el fin de evitar la volatilización y afectación a la salud de los trabajadores, ya que estas sustancias volátiles son neurotóxicas y afectan el sistema nervioso central si se exponen de forma prolongada a las mismas.

Los casos de las sustancias inorgánicas que no son retenidas en su totalidad por la diatomita, están representando una grave amenaza para el medio ambiente, ya que en su mayoría son sustancias ecotóxicas que al liberarse en el suelo contaminan mantos acuíferos, suelos, especies y por consiguiente la salud del ser humano.

Se propone, a partir, de los resultados una alternativa al sistema de disposición final, que es la inmovilización, una prueba realizada con el dicromato certifica el cumplimiento de la legislación nacional y de la eficiencia del cemento como medio para retener sustancias químicas inorgánicas. Es importante tomar en cuenta que el cemento tiene interacciones diferentes dependiendo de la sustancia, por lo que no se debe establecer el sistema hasta no hacer las pruebas necesarias con las otras sustancias químicas.

En un estudio realizado en la Universidad de Costa Rica para determinar la capacidad de la diatomita como sistema de remoción de sustancias químicas en los laboratorios, se hicieron experimentos con diferentes solventes orgánicos y con metales pesados. En el caso de los solventes orgánicos cuando se pesaron las muestras hubo pérdidas por evaporación y en el caso de los metales sí se obtuvo un alto porcentaje de eficiencia de retención. El autor concluye también, con los resultados obtenidos, que los líquidos que se adsorben no forman uniones fuertes con la diatomita y se liberan nuevamente con el tiempo, a temperatura ambiente si son volátiles. Además, que la diatomita es un buen sistema para la contención de derrames por su poder adsorbente, pero no se puede utilizar como absorbente para eliminar sustancias químicas con excepción de metales pesados en concentraciones bajas

(Alfaro, La Tierra Moler o Diatomita como sistema de remoción de sustancias químicas en el Laboratorio, 2007).

Las conclusiones del estudio citado con anterioridad concuerdan con los resultados obtenidos en este trabajo donde también se comprueba que la diatomita no retiene los compuestos orgánicos adecuadamente liberándolos al ambiente una vez que son dispuestos en un relleno sanitario.

5.7.Tratamiento final de las sustancias:

La cuantificación de los residuos que son generados por mes es muy variable debido a que la generación depende del número de casos y la cantidad de muestras que ingresen para su análisis respectivo, por esto no se incluyen datos de cantidades y se cuantifican las cantidades de sustancias que se compran al año para tener una noción de cuánto se genera en residuos al año, ya que toda sustancia que se utiliza para análisis es desechada luego de la prueba.

Como ya se ha indicado los residuos generados en estos laboratorios, excepto los infecciosos, son descartados en diatomita para luego enviarlos al relleno sanitario. Ya se ha comprobado que este no es el mejor sistema de tratamiento final por lo que se hace necesario buscar nuevas alternativas para que el impacto provocado por los residuos sea el mínimo posible.

En el caso de los residuos de disolventes halogenados como el diclorometano y el cloroformo el mejor sistema de tratamiento final es la incineración. Los compuestos no halogenados también pueden ser incinerados o en aquellos casos donde no hayan sido mezclados con otras sustancias como para el análisis de drogas puede estudiarse su recuperación mediante la destilación, por ejemplo el alcohol isopropílico.

Los ácidos una vez que son neutralizados pueden enviarse por el drenaje hacia el sistema de tratamiento.

Una vez que se sustituya la diatomita los residuos deberán ser dispuestos en recipientes separados según su clasificación cumpliendo con las reglas de incompatibilidades ya

descritas. Cada área debe contar con los colectores necesarios para el almacenamiento de los residuos peligrosos generados en los diferentes análisis que se realizan en cada una de ellas. Cuando ya los recipientes se llenen hasta el 80% de su capacidad, los residuos deberán trasvasarse a los recipientes ubicados en el área de almacenamiento de residuos químicos, identificados con el nombre, características y peligros. Para que posteriormente estos sean entregados a un gestor autorizado para su reutilización o incineración.

6. Conclusiones

- La evaluación reveló que en los laboratorios de Ambiental, Toxicología y Química del Departamento de Ciencias Forenses, la gestión integral de las sustancias químicas se encuentra todavía en proceso de desarrollo y existe una falta de conocimiento en la identificación de peligros de las sustancias e interpretación de las etiquetas, uso de las hojas de seguridad, en las normas legales que rigen el manejo y disposición de las sustancias químicas. Se encontraron deficiencias desde el almacenamiento hasta la disposición final.
- El sistema de almacenamiento e identificación de las sustancias químicas todavía no es el adecuado, tanto la bodega principal como las internas no tiene un buen sistema en caso de emergencia, además la rotulación es ineficiente y falta cumplir con otras normas básicas de almacenaje.
- El inventario de las sustancias y registro del uso no se lleva en tiempo real, se debe establecer un sistema de cuantificación del uso de las sustancias y generación de residuos por mes, por laboratorio, con el fin de tener indicadores para el plan de gestión de las sustancias químicas.
- La minimización y la sustitución en de las sustancias químicas no es factible debido al tipo de análisis que se realizan en los laboratorios, pero sí es posible dar capacitaciones a los empleados sobre procedimientos y buenas prácticas en los laboratorios.
- Los residuos peligrosos producidos en los laboratorios, pueden gestionarse de una manera más adecuada y se requiere de un tratamiento diferente con respecto al que actualmente se realiza.

- La diatomita no es el sistema adecuado para la disposición final de los disolventes orgánicos volátiles ya que por la poca interacción que existe entre las sustancias hace que los disolventes se volatilicen de una forma muy rápida poniendo en riesgo la salud de los trabajadores.
- La diatomita no es el tratamiento óptimo que requieren los residuos de sustancias inorgánicas su porcentaje de retención es alto sin embargo no es suficiente.
- La diatomita se puede utilizar como un buen material absorbente para atender casos de emergencia como derrames, pero no como sistema de eliminación de líquidos.
- El carbón activado y la inmovilización con cemento tampoco son sistemas adecuados para la disposición final de los disolventes orgánicos volátiles. Sin embargo el carbón activado también puede ser utilizado como sistema de absorción de sustancias en caso de derrames.
- La disposición actual de algunas sustancias químicas en diatomita están representando una amenaza al medio ambiente debido a su bajo potencial de retención.
- La mayoría de sustancias utilizadas son solventes orgánicos los cuales se pueden mezclar y enviar a coprocesamiento. Las sustancias halogenadas se almacenan por aparte.
- El coprocesamiento es el tratamiento final más adecuado que existe actualmente en el país para el tipo de residuos que se están generando en los laboratorios.

7. Recomendaciones

- Es deber de las instituciones públicas, especialmente aquellas dedicadas a la defensa de la justicia, realizar sus actividades en armonía con el ambiente respetando lo estipulado en la legislación costarricense. Es por esto que se deben de realizar los protocolos sobre gestión de sustancias químicas y estos se deben adecuar a las capacidades de la institución, así como al tipo de sustancias que se utilizan.

- Capacitar al encargado por laboratorio para que se monitoree el cumplimiento de los lineamientos de la gestión de sustancias químicas por parte de los trabajadores. Al mismo tiempo se deben establecer las vías de comunicación con los trabajadores sobre procedimientos de manipulación, respuesta a emergencias y disposición adecuada de los residuos peligrosos.
- Establecer un plan de capacitación continuo, donde se indique a los trabajadores los riesgos asociados a la mala gestión de sustancias químicas, legislación vigente, seguridad y salud ocupacional, responsabilidades asignadas, almacenamiento de las sustancias y aplicación del plan de prevención y respuesta a emergencias.
- Una posible estrategia de minimización es establecer buenas prácticas en los laboratorios, las cuales vayan orientadas a la reducción de pérdidas accidentales, sin realizar cambios en tecnología o en materias primas. Por lo que es recomendable apearse a los estándares que establecen los procedimientos, adquirir la cantidad de sustancias necesarias con el fin de garantizar que no se deberán desechar debido al vencimiento. Con el fin de establecer las buenas prácticas dentro de los laboratorios el anexo 4 es un manual para que pueda ser distribuido entre los trabajadores.
- Para garantizar el cumplimiento de la gestión de sustancias químicas, es necesario establecer mecanismos para evaluar el estado del sistema de manejo de sustancias y sus residuos. Entre los que se encuentran los indicadores de gestión interna, auditorías y los reportes a las autoridades de control y vigilancia ambiental.
- Se deben incorporar en los planes operativos de los próximos años presupuestos para implementar otras opciones de tratamiento final con otras empresas que se lleven los residuos para su tratamiento.
- Debido a que los laboratorios son lugares donde se manipulan gran cantidad y variedad de sustancias peligrosas, se deben establecer una serie de normas de tipo

general sobre aspectos a tomar en cuenta para evitar o actuar en caso de intoxicaciones o accidentes.

- Debe existir un plan de emergencia, establecido y conocido por todos los trabajadores, para proteger la salud, prevenir daños ambientales o emisión de contaminantes.

8. Bibliografía

1. Agudelo, R., Loaiza, M., & Montes, C. (2002). Gestión de los residuos médico-forense en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Medellín, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* , 1-12.
2. Alfaro, A. (2007). *La Tierra Moler o Diatomita como sistema de remoción de sustancias químicas en el Laboratorio*. Costa Rica: Revista Ciencia y Tecnología Universidad de Costa Rica.
3. Alfaro, A. (2007). *Lineamientos para el Almacenamiento de Sustancias Químicas*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
4. Armour, M. (2005). *Hazardous Laboratory Chemical Disposal Guide* (Tercera edición ed.). Canadá: Lewis Publishers.
5. Bertini, L. (2009). *Gestión de Residuos Generados en Laboratorios de Enseñanza de la Química de Entidades Universitarias*. Argentina.: Universidad Nacional de San Martín.
6. Departamento de Biología, Recinto Universitario de Mayaguez, Facultad de Artes y Ciencias. (s.f.). *Almacenamiento Seguro de Sustancias Químicas*. Recuperado el 11 de mayo de 2013, de Recinto Universitario de Mayaguez, Facultad de Artes y Ciencias: http://biology.uprm.edu/files/almacenamiento_sustancias_quimicas.pdf
7. Departamento de Ciencias Forenses. (2004). *Folleto de presentación*. Heredia, Costa Rica.: Departamento de Artes Gráficas, Poder Judicial.
8. Dirección General de Laboratorios. (2008). *Manual de Seguridad Química*. Colombia: Universidad Santiago de Cali.
9. Fernández, M. (2008). *Manual de Gestión de Residuos y Seguridad en Laboratorios Ambientales*. Centro de Desarrollo Tecnológico .

10. Henry, J. G., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental* (Segunda Edición ed.). Mexico: Prentice Hall.
11. Instituto Costarricense sobre Drogas. (2007). *Guía para usuarios de precursores, químicos esenciales y máquinas controladas*. Costa Rica: Gobierno de la República de Costa Rica.
12. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *NTP 459: Peligrosidad de productos químicos: etiquetado y fichas de datos de seguridad*. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España.
13. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *NTP 480: La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación*. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España .
14. Miller, J., Tischer, M., Vosseler, C., Bark, K., & Weick, V. (2004). *Guía para la gestión de Sustancias Químicas*. Alemania: GTZ.
15. Ministerio de Ambiente y Energía. (2010). *Ley Gestión Integral de Residuos*. República de Costa Rica.
16. Ministerio de Ambiente y Energía. *Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales*. Republica de Costa Rica.
17. Ministerio de Ambiente y Energía. (1998). *Reglamento sobre el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar constituyentes que hacen un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente*. Costa Rica.
18. Ministerio de Ambiente y Energía. (1998). *Reglamento sobre el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar constituyentes que hacen un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente*. República de Costa Rica.
19. Ministerio de Ambiente y Energía. (1994). *Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales*. Costa Rica.
20. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. (2008). *Actualización del Perfil Nacional sobre la gestión racional de sustancias químicas*. Costa Rica.: Republica de Costa Rica.
21. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Guías para el manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas*. Bogotá, Colombia: Ultracolor Ltda.
22. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. *Fichas Internacionales de Seguridad Química*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

23. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. *NTP 726: Clasificación y etiquetado de productos químicos: sistema mundialmente armonizado (GHS)*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
24. Quesada, H., & Salas, J. C. (2009). *Guía de Manejo de Desechos Peligrosos en los Laboratorios del ITCR*. Cartago, Costa Rica.: Centro de Investigación en Protección Ambiental.
25. Quesada, H., Romero, L. G., & Salas, J. C. (2005). Proyecto: Estrategias de manejo de desechos peligrosos industriales en el Parque Industrial de Cartago. *Tecnología en Marcha*, 34.39.
26. Rios, D., & Sepúlveda, A. M. (2010). *Elaboración de un Plan de Gestión Integral de residuos o desechos peligrosos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses Regional Occidente Sede Pereira*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
27. Secretaría Técnica de Coordinación para la Gestión de Sustancias Químicas. (2009). *Informe de la gestión de sustancias químicas peligrosas en Costa Rica*. San Jose, Costa Rica.
28. Serrano, A., & Hernández, M. A. *Manual de Seguridad y Salud en Laboratorios*. FREMAP.

9. Anexos

Anexo 1: Encuesta realizada y respuestas obtenidas:

1. ¿Conoce usted cual es la clasificación de las sustancias peligrosas según sus características?

Cuadro VIII. Conocimiento de la clasificación de las sustancias.

	Cantidad (Personas)	%
Sí	28	90
No	3	10
Total	31	100

2. ¿Sigue usted algún procedimiento para la adecuada manipulación de las sustancias químicas?

3. Cuadro IX. Uso de procedimientos para manipular sustancias.

	Cantidad (Personas)	%
Sí	27	87
No	4	13
Total	31	100

Indique cuál:

Cuadro X. Normas utilizadas para la manipulación de sustancias químicas.

Método que utiliza	Cantidad (personas)	%
Capilla extracción y EPP	18	69
Normas del laboratorio	4	15
Normas de la universidad	2	8
Recomendado por regente	1	4
Uso de las msds	1	4
Total	26	100

4. Conoce el significado de los pictogramas y numeraciones en las rotulaciones de los envases de sustancias químicas que utiliza:

Cuadro XI. Conocimiento del significado de pictogramas y numeraciones.

	Pictogramas		Numeraciones	
	Cantidad (personas)	%	Cantidad (personas)	%
Todos	9	29	7	23
Algunos	17	55	18	58
Ninguno	4	13	4	13
No contestó	1	3	2	6
Total	31	100	31	100

5. ¿Está familiarizado o conoce el significado de la simbología del NFPA 704 y como se aplica?

Cuadro XII. Conocimiento significado simbología NFPA 704.

	Cantidad (personas)	%
Sí	13	42
No	18	58
Total	31	100

6. ¿Con qué frecuencia utiliza la información las hojas de seguridad de las sustancias químicas antes de manipularlas?

Cuadro XIII. Frecuencia con que se utilizan hojas de seguridad de las sustancias.

	Cantidad (personas)	%
Siempre	3	10
A veces	20	65
Nunca	8	26
Total	31	100

7. ¿Sabe usted que es la compatibilidad entre las sustancias químicas?

Cuadro XIV. Conoce concepto de compatibilidad de sustancias.

	Cantidad (personas)	%
Sí	24	77
No	7	23
Total	31	100

8. ¿Cuáles son las sustancias químicas que más utiliza en el laboratorio, enumere las 5 principales según el orden de uso?

Cuadro XV. Sustancias más utilizadas en los laboratorios

Sustancia	Cantidad (personas)	%
Metanol	22	17
Acetato de etilo	14	11
Ácido clorhídrico	12	10
Ácido sulfúrico	11	9
Acetonitrilo	10	8
Cloroformo	9	7
Acetona	9	7
Diclorometano	6	5
Isopropanol	6	5
Tiocianato de cobalto	3	2
Etanol	3	2
Dicromato de potasio	3	2
Ciclo hexano	2	2
Amoniaco	2	2
Ácido nítrico	2	2
Hexano	2	2
Derivatizantes	2	2
Piridina	1	1
Tolueno	1	1
n-propanol	1	1
Cloruro de amonio	1	1
Nitrógeno	1	1
Ácido acético	1	1
Hidróxido de sodio	1	1
Nitrato de plata	1	1
Total	126	100

9. ¿Cuál protocolo sigue para la disposición de los residuos químicos del laboratorio?

Cuadro XVI. Protocolo que se utiliza para descarte de los desechos químicos.

Método	Cantidad (personas)	%
Diatomita	15	54
Neutralizar-diatomita	8	29
Descarte en recipiente según tipo (en diatomita)	3	11
Dispuesto por la institución (diatomita)	2	7

10. ¿Considera que la disposición de los residuos de las sustancias químicas se hace de la manera más adecuada?

Cuadro XVII. Consideran que la disposición de los residuos es la adecuada.

	Cantidad (personas)	%
Sí	19	61
No	12	39
Total	31	100

11. ¿Conoce la legislación sobre manejo de sustancias químicas?

Cuadro XVIII. Conocimiento la legislación sobre desechos peligrosos.

	Cantidad (personas)	%
Sí	6	19
No	25	78
Total	31	100

12. ¿Conoce las consecuencias de una mala disposición de los residuos peligrosos?

Cuadro XIX. Conocen las consecuencias de la mala disposición de las sustancias químicas.

	Cantidad (personas)	%
Sí	26	84
No	5	16
Total	31	100

13. ¿Existe algún procedimiento sobre qué hacer en caso de una emergencia que involucre sustancias químicas, por ejemplo en caso de derrames?

Cuadro XX. Existe procedimiento en caso de emergencia.

	Cantidad (personas)	%
Sí	17	55
No	14	45
Total	31	100

14. ¿Ha recibido alguna capacitación sobre el manejo de las sustancias y los residuos peligrosos?

Cuadro XXI. Cantidad de personas que han recibido capacitación sobre manejo de sustancias químicas

	Cantidad (personas)	%
Sí	14	45
No	17	55
Total	31	100

Anexo 2.

Resultados obtenidos durante el pesaje de las muestras de diatomita, carbón activado y cemento.

Cuadro XXII. Masas obtenidas de las mezclas en diferentes concentraciones de tolueno en diatomita.

Concentraciones	Masa inicial (g)	Masa diatomita (g)	Masa Tolueno (g)			Masa final (g)	% Retención Diatomita
			Día 1	Día 2	Día 3		
10% Tol. / 90% Diat.	10	9	1	0,6	0,5	9,5	50%
20% Tol. / 80% Diat.	10	8	2	1	0,8	8,8	40%
40% Tol. / 60% Diat.	10	6	4	0,5	0,5	6,5	13%
60% Tol / 40% Diat.	10	4	6	0,4	0,4	4,4	7%

Cuadro XXIII. Masas obtenidas de las mezclas en diferentes concentraciones de tolueno en carbón activado.

Concentraciones	Masa inicial (g)	Masa Carbón Activado (g)	Masa Tolueno (g)			Masa Final (g)	% Retención CA
			Día 1	Día 2	Día 3		
10% Tol. y 90% CA	10	9	1	0,8	0,7	9,7	70%
20% Tol. y 80% CA	10	8	2	0,6	0,6	8,6	30%
40% Tol. y 60% CA	10	6	4	0,3	0,3	6,3	7%
60% Tol. y 40% CA	10	4	6	0,8	0,8	4,8	13%

Cuadro XXIV. Masas obtenidas de las mezclas en diferentes concentraciones de tolueno en cemento.

Concentraciones	Masa inicial (g)	Masa Cemento (g)	Masa Tolueno (g)	Masa Agua (g)	Masas (g)			% Retención Cemento
					Día 1	Día 2	Día 3	
5% Tol / 95% cem.	13,3	9,5	0,5	3,3	11,6	11	11	37%
10% Tol / 90% cem.	12,4	9	1	2,4	10,8	10,3	10,3	34%
20% Tol / 80% cem.	12,4	8	2	2,4	10,2	9,3	9,2	27%
40% Tol / 60% cem.	14	6	4	4	7	6	6	0%

Anexo 3.

Resultado Análisis Cromo VI en la mezclas de dicromato de potasio en diatomita y cemento.

Resultado de Análisis No. 282,147

---Resultado de Análisis Químico ---

Fecha de informe: 11 de mayo del 2013. **Solicitante:** SRTA. JAZMIN CARRANZA.

Muestra: Dicromato de potasio en diatomita (20 gramos en 100 gramos), recibida en el Laboratorio el día 2 de mayo del 2013.

Solicitado: Prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen de un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente (PECT).

Procedimiento: la muestra fue sometida a un tratamiento de extracción con la disolución No. 1 (ácido acético/ acetato de sodio al 0,57 % y pH 4,93 , adjunto datos), en una relación 1:20 sólido/líquido (base de material sólido de 100 g), con agitación constante durante 18 horas a temperatura ambiente y 30 r.p.m. El líquido se somete a filtración a través de un filtro de fibra de vidrio de 0,6-0,8 um y se procede a determinar los contaminantes regulados por el decreto.

A. Selección de la disolución extractora.

Resultado:

pH (extracción acuosa al 5,18 %).....5,10 ± 0,03
pH (extracción acuosa al 5,0 % con HCl 0,035 N y 50 °C).....1,30 ± 0,03

B. CUANTIFICACION DE LOS CONSTITUYENTES INORGANICOS TOXICOS EN EL EXTRACTO PECT

Contaminante inorgánico:	Resultado	Límite Máximo
Cromo Total (como Cr)/ mg/L.....	35,8 ± 0,4.....	5,0 mg/L

Observaciones:

* Muestra Código Lambda No. 8359K-1. La humedad de la muestra es de 19,5 %.

* Referencia: Decretos 27001-MINAE y 27002-MINAE (del 27-mayo-1998) y 27000-MINAE (29-junio-1998).

Alberto A. Coto Grijalba
Químico Colegiado CFQIQ 986

Notas: N° de Permiso Sanitario de Funcionamiento: MSDPAH-PF-CPF-05-2443
Rige: 29-10-2008; Vence: 29-10-2013.

Lambda R-04

Anexo 4.

Manual de manejo de las sustancias químicas dentro de los laboratorios.

Lineamientos generales:

El departamento de Ciencias Forenses como ente del Poder Judicial, tiene la responsabilidad de ser ejemplo y cumplir con las normas establecidas en la legislación nacional sobre manejo de sustancias químicas y sus residuos peligrosos.

Este manual tiene como propósito establecer lineamientos para una adecuada gestión de las sustancias químicas que se utilizan en los laboratorios. Se recomiendan unas normas básicas y procedimientos que eviten, reduzcan y controlen emergencias relacionadas con las sustancias químicas, así como llevar a cabo la gestión de los residuos generados con seguridad y eficacia para evitar que tanto la salud como el medio ambiente puedan verse afectados.

Para que el proceso de implementación de un plan de gestión de las sustancias químicas sea efectivo, es necesaria la participación y colaboración tanto de empleados de los laboratorios, como de todas aquellas personas implicadas en el manejo de sustancias y generación de residuos químicos peligrosos.

1. Responsabilidades:

Es responsabilidad del Personal encargado del área de gestión de sustancias químicas:

- Realizar inspecciones para verificar el cumplimiento de los requisitos del plan de gestión.
- Mantener al día el inventario de sustancias químicas y el control sobre el uso de estos materiales.
- Tener disponible en todos los laboratorios un registro de las Hojas de Datos de Seguridad de las sustancias (MSDS).
- Mantener limpia y bien organizada la bodega de sustancias químicas.

- Tener almacenadas las sustancias químicas según sus características químicas y en los estantes adecuados.
- Revisar y mantener en buenas condiciones los envases y las etiquetas de todos los recipientes.
- Revisar físicamente el inventario de las sustancias químicas para detectar cualquier deterioro de los envases, de la sustancia o derrames.
- Asegurar que las medidas de preparación para emergencias se conozcan y sean adecuadamente implementadas.

2. Etapas del manejo de las sustancias químicas:

Las etapas que comprenden la gestión de las sustancias químicas en los laboratorios se muestran a continuación:



2.1. Compras

- 2.1.1. Es importante mantener un inventario actualizado de las sustancias con las que cuentan los laboratorios y realizar inspecciones para corroborar la existencia de las sustancias, con el fin de evitar el desperdicio de sustancias en almacenamiento.
- 2.1.2. Cuando ingresen los materiales se deben revisar y en caso que tengan un embalaje deficiente o deteriorado estos se devuelven a los proveedores.
- 2.1.3. El personal encargado debe asegurarse de que el embalaje de los materiales no sufra daños durante la entrega y el almacenamiento.

2.2. Clasificación:

La caracterización, selección e identificación de las sustancias químicas es necesaria para evitar riesgos al momento de la manipulación, transporte o almacenamiento. Además reduce los riesgos de generar cualquier emergencia dentro de los laboratorios.

La clasificación de las sustancias químicas de acuerdo al Reglamento sobre las Características y Listado de los Desechos Peligrosos se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro XXV. Clasificación de las sustancias químicas.

- **Inflamables:**



Altamente inflamable (F):

Sustancias que pueden calentarse y finalmente encenderse en contacto con el aire a temperatura ambiente, o un sólido que se enciende fácilmente tras un breve contacto con una fuente de ignición y que continúa en combustión, consumiéndose por la reacción química después de haber sido separado de la fuente de ignición.

Extremadamente inflamable (F+):

Hace referencia, por ejemplo, a un líquido que hierve a temperatura ambiental y se enciende si se exponen los vapores al fuego.

Ejemplos:

Isopropanol,
Etanol,
Metanol,
Acetonitrilo,
Hexano,
Tolueno,
Xileno,
Ciclohexano,
Acetato de etilo, Acetona.

- **Oxidante:**



Oxidante (O):

Sustancia que libera mucho calor cuando reacciona con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables.

Ejemplos:

Ácido Nítrico.

- **Corrosivo:**



Corrosivo (C):

Cualquier sustancia que por reacción química, puede causar daño severo o destrucción a toda superficie con la que entre en contacto incluyendo la piel, los tejidos, metales, textiles, etc. Causa entonces quemaduras graves y se aplica tanto a líquidos o sólidos que tocan las superficies como a gases y vapores que en cantidad suficiente provocan fuertes irritaciones de las mucosas.

Ejemplos:

Ácido

Clorhídrico,

Ácido

Sulfúrico,

Ácido acético.

- **Tóxico:**



Tóxico (T):

Sustancia altamente peligrosa.

Muy tóxico (T+):

Sustancia que, en caso de ser inhalada, ingerida o absorbida por la piel, puede producir un riesgo muy grave o permanente para la salud de una persona o incluso la muerte en forma inmediata.

Ejemplos:

Dicromato de

potasio.

- **Ecotoxico**



Peligroso para el ambiente (N):
Las sustancias o preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.

- **Nocivo:**



Nocivo (Xn):
Sustancias que pueden producir riesgos para la salud, no tan graves como los que produce una sustancia tóxica.
Irritante (Xi):
Sustancia irritante.

Ejemplos:
Diclorometano,
Cloroformo,
Xileno

- **Explosivo:**



Explosivo (E):
Son sustancias sólidas o líquidas, o mezclas de ellas, que por sí mismas son capaces de reaccionar químicamente produciendo gases a tales temperaturas, presiones y velocidades que pueden ocasionar daños graves en los alrededores.

2.3. Rotulación y etiquetas de los envases

Antes de utilizar cualquier sustancia se deben leer las etiquetas de seguridad que se encuentran en los envases, observar los pictogramas y frases que informen sobre su

peligrosidad, en las fichas de seguridad se encuentran las recomendaciones en caso de accidente en caso de ingestión o inhalación, etc.

Es importante revisar periódicamente las etiquetas para verificar que estas se encuentren en buen estado, deben estar legibles, sin romper y sin desprenderse.

Las etiquetas deben tener como mínimo la siguiente información:

- Nombre de la sustancia química
- Características de peligrosidad
- Aviso o pictograma de peligrosidad.

Para poder interpretar la información de las etiquetas se presenta la siguiente figura:

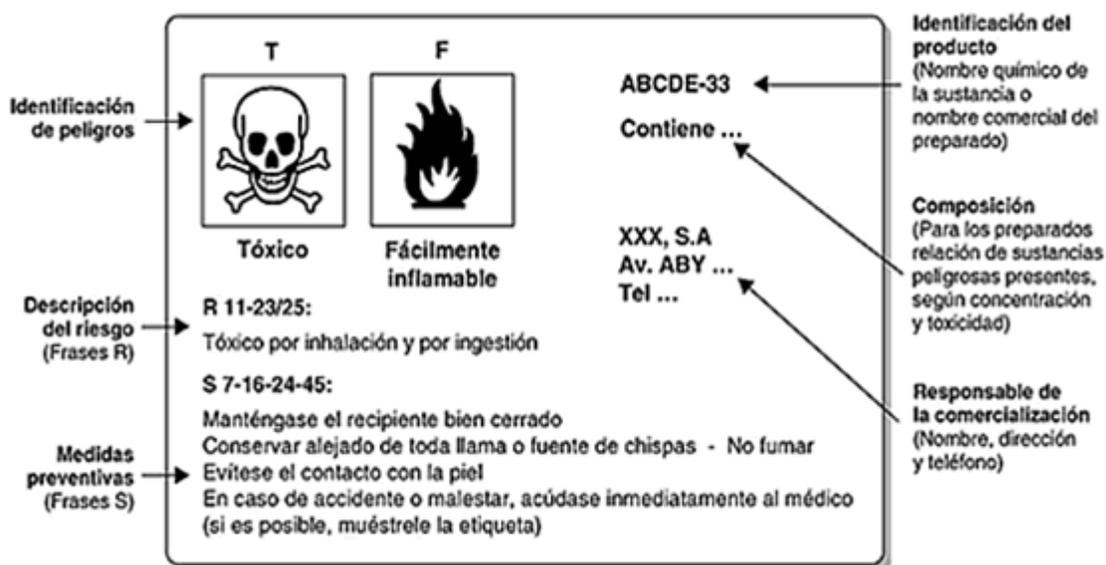


Figura 9. Identificación de peligros en etiquetas de sustancias químicas

2.4. Hojas de Datos de Seguridad de Materiales

En todos los laboratorios se cuentan con las hojas de datos de seguridad de los materiales (MSDS, por sus siglas en inglés), el trabajador antes de utilizar cualquier sustancia química debe revisarlas, por lo que es necesario que conozcan la ubicación de los MSDS en su área de trabajo.

Las MSDS contienen información que sirve como base para las instrucciones en la utilización segura de las sustancias químicas, todos los proveedores de sustancias químicas tienen la obligación legal de preparar y brindar a sus compradores información sobre las propiedades peligrosas de las distintas sustancias.

Debe existir una MSDS por cada sustancia química que se utilice y deben estar accesibles para que los trabajadores y supervisores puedan consultarlas cuando lo deseen.

En estas hojas se especifica la siguiente información:

- Identidad de la sustancia química.
- Composición/información sobre los ingredientes.
- Identificación del peligro.
- Primeros auxilios.
- Medidas de protección contra incendios.
- Medidas en caso de derrames.
- Métodos adecuados para el manejo y almacenamiento.
- Controles de exposición /protección personal.
- Propiedades físico-químicas.
- Estabilidad y reactividad.
- Información toxicológica.
- Información ecotoxicológica.
- Consideraciones para la eliminación.
- Información para el transporte.
- Información normativa.

2.5. Almacenamiento

- Las áreas de almacenamiento tienen que estar aseguradas de manera que sólo personal autorizado tenga acceso a las mismas.
- Se debe identificar claramente cada área de almacenaje indicando los riesgos potenciales de los productos allí almacenados.
- Todos los productos deben estar adecuadamente etiquetados y registrados, esto incluye los envases de las sustancias químicas almacenadas en refrigeradores. Cualquier producto que

no tenga etiqueta debe ser analizado adecuadamente para identificarlo y determinar sus características, o en su defecto destruirlo.

- Las áreas de almacenamiento deben contar con los extintores adecuados para las cantidades y los tipos de reactivos que existen.
- Las sustancias almacenadas no deben de bloquear los extintores ni algún tipo de señalización en caso de emergencia.
- No se utilizaran las áreas de almacenamiento para almacenar residuos de sustancias químicas, estos se almacenan en un lugar independiente.
- En el caso de los laboratorios, se almacenan la cantidad mínima necesaria de sustancias químicas.
- Tanto en el área de almacenaje como en las mesas de trabajo, es necesario separar al máximo posible los productos incompatibles entre sí.
- Los productos químicos que tienen similares características deben estar agrupados, separando los incompatibles y aislando los de características especiales.
- Se almacenan las sustancias químicas en grupos compatibles para evitar la posibilidad de que los vapores reaccionen en conjunto y produzcan incendios o explosiones.
- Se deberá inspeccionar y limpiar regularmente la bodega para evitar cualquier tipo de contaminación de los materiales.

2.5.1. Características de almacenaje:

- El lugar de almacenamiento debe contar con la ventilación suficiente para mantener bajos los niveles de humedad, temperatura y concentración de gases y vapores.
- El piso sobre el que se almacenan las sustancias químicas debe estar construido con materiales impermeables para evitar la contaminación del suelo y el agua subterránea en caso de derrames.
- Los lugares de almacenamiento deben tener resaltes perimetrales que eviten el drenaje hacia cuerpos de agua.
- En el almacenamiento se pueden utilizar estantes metálicos pero se deben pintar con recubrimientos anticorrosivos.

- Los estantes no deben tener una altura superior a los dos metros, se deben mantener limpios, libres de polvo y contaminantes químicos.
- No almacene sustancias químicas en estantes inestables. Todos deben estar firmes o fijos a la pared, de manera que no se caigan en caso de un terremoto.
- No coloque envases con sustancias líquidas en estantes superiores sobre el nivel de los ojos.
- Los artículos pesados deben permanecer tan cerca del suelo como sea posible, sin obstruir la circulación.
- Las sustancias más peligrosas se ubicarán en los estantes más bajos.
- Nunca deje o almacene sustancias en el piso.
- No mantenga almacenado grandes cantidades de sustancias inflamables en laboratorios.
- Nunca almacene sustancias debajo de los fregaderos.
- Utilice contenedores secundarios solo en aquellos casos que se considere necesario.
- No almacene sustancias químicas, especialmente los compuestos volátiles u oxidantes en áreas calientes, tales como: hornos o cerca de ventanas donde le dé directamente el sol y los ácidos y compuestos que reaccionan con agua, alejados de ventanas o donde haya filtraciones de agua.
- Las áreas donde se encuentran los cilindros de gases deben estar ventiladas, lugares secos y protegidos contra el fuego.
- Los cilindros deben estar asegurados contra caídas y los vacíos deben estar etiquetados y separados de los llenos.

2.5.2. Recipientes

Los productos químicos deben conservarse en distintos materiales en función de sus características:

- Sustancias que atacan al vidrio: Recipientes de materiales sintéticos o metálicos.
 - Sustancias que se descomponen a la luz: Recipientes de vidrio opaco o vidrio oscuro.
 - Metales alcalinos: Con capa protectora de solvente de elevado punto de ebullición.
- No utilice frascos o envases con tapones de corcho, papel de aluminio, goma o vidrio debido a que presentan un peligro potencial de filtración. Las tapas de vidrio pueden

utilizarse solamente para almacenamiento temporal de soluciones que se utilizan en el momento en el área de trabajo.

- Todos los envases que se almacenen en refrigeradores tienen que estar bien cerrados o sellados para evitar la emisión de vapores.

2.5.3. Incompatibilidades de las sustancias

Se deben considerar varias características químicas de las sustancias al momento de almacenarlas, para prevenir que puedan entrar en contacto con algún otro material y que resulten incompatibles.

La siguiente figura muestra las compatibilidades de las sustancias según su clasificación:

		E	F	C	T	O	Xn	Xi	N
									
E		+	-	-	-	-	-	-	+
F		-	+	-	-	-	+	+	+
C		-	-	+	-	-	-	-	+
T		-	-	-	+	-	+	+	+
O		-	-	-	-	+	-	-	+
Xn		-	-	-	-	-	+	+	+
Xi		-	-	-	-	-	+	+	+
N		+	+	+	+	+	+	+	+

Figura 10. Compatibilidad de las sustancias.

Es imprescindible que se mantengan separados físicamente ciertos grupos de sustancias químicas, por ejemplo:

- Se deben mantener separados los compuestos sólidos de los líquidos y ambos separados de los gases.
- Los solventes orgánicos se deben mantener separados de los compuestos inorgánicos.

- El ácido Nítrico y Sulfúrico deberá guardarse en gabinetes metálicos sobre planchas de plomo, acero inoxidable o un plástico adecuado.
- Para el almacenamiento de sustancias inflamables se debe tener en cuenta varios criterios como:
 - Se deben almacenar separadas de las otras sustancias y de fuentes de ignición.
 - Los sistemas eléctricos del área de almacenamiento deben ser los adecuados.
 - No deben sufrir exposición directa a la luz solar para evitar su auto-inflamación.
 - La altura máxima de almacenamiento de los productos inflamables debe dejar libre como mínimo 1 m entre la parte superior de la carga y el techo de la bodega.
 - Se recomiendan los recipientes de seguridad, generalmente de acero inoxidable, para los disolventes muy inflamables.
- Las sustancias tóxicas se almacenan aparte, accesibles solo al personal autorizado, con ventilación adecuada y lejos de las fuentes de ignición.
- Las sustancias oxidantes deben mantenerse alejadas de combustibles, deben estar en lugares frescos y secos.
- Las sustancias explosivas deben estar protegidas contra golpes, fuegos, alejados de fuentes de ignición y altas temperaturas.
- Las sustancias ácidas deben estar en los estantes más bajos o en lugares especiales para ácidos, separados los ácidos de bases o metales. Se deben separar los ácidos inorgánicos de los orgánicos.

2.6. Manipulación

Al momento de manipular las sustancias es importante seguir las siguientes indicaciones:

- Se debe disponer de equipos de protección personal necesarios. Utilizar siempre bata de manga larga debe estar abrochada en todo momento, gafas de seguridad, zapato cerrado, cabello recogido, guantes si es necesario.
- No se deben utilizar anillos, pulseras o accesorios grandes ya que pueden provocar un accidente.

- Como higiene se debe lavar las manos antes y después de trabajar con algún tipo de sustancia en el laboratorio. Se debe evitar el uso de disolventes orgánicos o combustibles para lavarse o limpiar sustancias químicas que le han salpicado.
- No se deben archivar la información de seguridad (MSDS), estas deben mantenerse siempre disponible. Para trabajar con sustancias químicas se debe conocer la reactividad de los productos o la reacción de cada uno.
- Las sustancias químicas que no se van a utilizar inmediatamente, no se deben dejar sobre las mesas de trabajo.
- Siempre se debe utilizar la cantidad mínima de reactivos
- Se debe comprobar que la etiqueta del reactivo siempre corresponda a este.
- Antes de utilizar una sustancia realice una inspección visual de los envases para detectar cuándo debe eliminarse la sustancia.
- Una sustancia no se debe utilizar y debe ser desechada cuando:
 1. Siendo un sólido contiene líquido
 2. Muestra cambios de color
 3. El envase este deteriorado o roto
 4. Haya formación de sales en el exterior del envase
 5. Se observan cambios en la forma del envase por el aumento de presión
 6. El período de vigencia haya expirado
- Asegúrese de que las tapas de todos los envases de sustancias químicas estén bien cerradas.
- Para abrir los frascos que contienen sustancias químicas se debe realizar lenta y cuidadosamente.
- Antes de abrir un envase nuevo, verifique que no haya otro envase de la misma sustancia ya abierto.
- En la manipulación de sustancias tóxicas o nocivas, se deberá evitar el contacto con la piel, la inhalación de los posibles vapores y la ingestión.
 - Para las sustancias sólidas se emplearán cucharas o espátulas.
 - Para líquidos se utilizarán pipetas de seguridad.

- Cuando se deba transportar un reactivo se realizará sujetándolo de la base no de la tapa.
 - Evitar la emanación de vapores o gases al ambiente tapando muy bien los recipientes
- Cuando se trabaje con sustancias volátiles, se debe utilizar la campana extractora. No se debe utilizar la campana extractora como almacenamiento de sustancias químicas.
- Si se necesita oler una sustancia, la forma apropiada es dirigir un poco el vapor hacia la nariz con movimientos en vaivén realizados con la mano.
- Al calentar cualquier tipo de reactivo se debe hacer en recipientes cerrados, y se debe realizar haciendo que los vapores se dirijan al lado opuesto de las demás personas.
- Los trasvases han de realizarse de la siguiente forma:
 - En pequeñas cantidades o en zonas específicas. No se deben realizar en las áreas de almacenamiento.
 - Las sustancias inflamables se trasvasarán lejos de un foco de calor.
 - Utilizar equipo de protección individual adecuado a la sustancia que se manipula, especialmente con sustancias tóxicas, irritantes y corrosivas.
 - Al reenvasar un líquido se debe colocar la etiqueta similar al original.
 - En el trasvase de sustancias combustibles e inflamables los recipientes deben estar empalmados y conectados eléctricamente a tierra. Se debe contar con un extintor cuando se esté realizando el trasvase.
- Todos los preparados deben estar etiquetados adecuadamente, no se debe reutilizar los envases vacíos sin quitar antes la etiqueta original.
- Una vez finalizada la jornada en el laboratorio, se deberán guardar los materiales y reactivos, limpiar el lugar de trabajo, y asegurarse la desconexión de aparatos, conductos de agua y gas, etc.
- El laboratorio, incluidas las zonas de paso, salidas, vías de circulación, equipos e instalaciones deben estar en perfecto estado de orden y limpieza, estableciendo para ello un mantenimiento periódico de las mismas.

2.7. Almacenamiento y Disposición de residuos.

La eliminación de los residuos debe realizarse siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Las soluciones han de ser neutralizadas antes de su vertido por el desagüe.
- Las telas o papeles impregnados con sustancias o preparados químicos no se pueden tirar en la basura ordinaria.
- Los residuos químicos que se producen deben ser recolectados separadamente en recipientes puestos para tal fin, nunca deben ser dispuestos por la tubería de drenaje.
- Con el fin de poder identificar más fácilmente cual desecho es peligroso y cual no lo es, se deben identificar y clasificar los recipientes de recolección.
- Los recipientes etiquetados con el tipo de residuo generado se debe llevar a su sitio de almacenamiento.
- Los lugares de almacenamiento deben ser sitios ventilados y permanecer siempre cerrados para descartar al máximo el daño a la salud, y ambiente especialmente por solventes en evaporación.
- Se debe llevar un registro de todos los residuos peligrosos producidos.
- Suministrar a las empresas autorizadas para llevar a cabo la gestión de residuos la información adecuada para su adecuado tratamiento y posterior eliminación.

3. Respuesta a emergencias:

3.1. En caso de incendio:

- Se debe colocar los números de emergencias a mano y en lugares visibles. Contar con un botiquín de primeros auxilios equipado y se debe capacitar al personal en su uso.

3.1.1. Pasos a seguir en caso de incendio:

1. Dar la alarma inmediatamente.
2. Despejar el área de todo el personal.
3. Llamar a los bomberos.

4. Tratar de extinguirlo, si es posible, y si no lo es, al menos limitarlo y prevenir que se extienda a otras instalaciones adyacentes hasta el arribo de bomberos, sin provocar el riesgo a las vidas humanas.
5. Se debe restringir el uso de agua al máximo para controlar o extinguir el incendio para evitar el drenaje del agua utilizada contaminada y la contaminación del suelo por sustancias peligrosas.
6. Cuando se tenga que evacuar el laboratorio, hacerlo tranquilamente y cerrando todas las puertas.
 - El personal debe salir por la salida de emergencia previamente designada siguiendo la ruta de evacuación. En caso de estar bloqueada debe utilizar la ruta alterna.
 - Si hay humo debe avanzar a gatas.
 - El personal debe dirigirse hacia la zona de seguridad correspondiente.
 - Todas las personas deben permanecer en el lugar designado hasta nuevas instrucciones.
7. Regresar a las instalaciones hasta que se le indique.

3.2. En caso de derrames:

Para evitar accidentes se deben acatar ciertas acciones preventivas:

- Mantener dentro de la bodega, cantidades necesarias de aserrín y arena para contener derrames. Estos estarán en los alrededores de la bodega de químicos y en algunos sitios como los laboratorios.
- Se deben tener herramientas especiales para sacar el derrame contenido y para trasladar el aserrín o arena desde el sitio de derrame hasta el contenedor del residuo.
- Tener un equipo de herramientas para reparación, con el fin de ayudar a contener el derrame, mientras se adoptan otras medidas correctivas.
- Se debe dar una continua revisión de equipos y accesorios utilizados para manejo de sustancias y prevención de accidentes.

3.2.1. Pasos a seguir en caso de derrame:

1. Avisar al jefe de departamento.
2. Evacuar o aislar el área de peligro.
3. Eliminar toda fuente de ignición.
4. Ventilar el área del derrame.
5. No verter nunca chorros de agua sobre el líquido.
6. Utilizar equipo de protección, filtro respiratorio para vapores orgánicos y gases.
7. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección.
8. No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
9. Revisar inmediatamente la ficha técnica del producto y ejecutar las acciones en caso de derrame que se indican ahí.
10. Si es una cantidad pequeña absorber con toallas de papel.
11. Si es una cantidad grande evacuar el laboratorio, avisando al equipo de intervención provisto de material de protección adecuado.
12. El derrame se contiene con medios que puedan impedir que este ingrese a algún curso de agua o percole en la tierra. Los vertidos se deberán absorber o eliminar en función de la naturaleza del mismo:
 - **Líquidos inflamables:** Absorber con Carbón Activo u otros absorbentes comercializados. NO emplear aserrín.
 - **Ácidos:** Neutralizar con productos comercializados para la absorción y neutralización.
 - **Bases:** Neutralizar con productos comercializados para la absorción y neutralización.
 - **Otros líquidos no corrosivos, ni tóxicos ni inflamables:** Absorber con aserrín.
13. En el caso de que algún trabajador haya tenido contacto con la sustancia derramada se deberá consultar la hoja de seguridad para conocer las acciones a tomar y comunicarle a los médicos el tipo de sustancia.
14. Si el derrame pudiera tener riesgo de consecuencias ambientales, se deberá informar al encargado del área correspondiente para que tome las medidas del caso.

15. Definir las causas de la emergencia para evitar un nuevo evento y aplicar las medidas de prevención.

16. Implementar medidas correctivas y difundirlas con el fin de evitar nuevos sucesos.

3.3. En caso de salpicaduras:

- Lavarse con abundante agua durante 10 o 15 minutos, empleando siempre que sea necesario la ducha de seguridad.
- Si la salpicadura se ha producido en los ojos, lavarse con un lavaojos durante 15 ó 20 minutos.
- Quitarse la ropa afectada por el producto.
- No intentar neutralizar el producto.
- Acudir al médico con la etiqueta o la ficha de seguridad del producto.