

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMAS DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ELABORACIÓN DE UN PLAN PILOTO DE PREVENCIÓN, PREPARACIÓN Y
RESPUESTA ANTE ACCIDENTES QUÍMICOS EN EL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN EN ELECTROQUÍMICA Y ENERGÍA QUÍMICA (CELEQ) Y EN
EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE MEDICINA DE LA SEDE RODRIGO
FACIO DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA PARA REDUCIR EL RIESGO DE
EMERGENCIAS QUÍMICAS EN LA INSTITUCIÓN.

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión
del Programa de Posgrado en Geología para optar al grado y título de Maestría
Profesional en Maestría Profesional en Gestión del Riesgo en Desastres y
Atención de Emergencias

LIC. ANDREA MARÍA DELGADO VILLALOBOS

4-0209-0291

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2023

AGRADECIMIENTOS

Al M.Sc. Ariel Alfaro Vargas por todo el apoyo brindado durante el proceso de elaboración de este trabajo. Por guiarme en los momentos de duda, haber reforzado la confianza en mí misma.

Al M.Sc. Bryan Fernández Solano y M.Sc. Esteban Jiménez Solano por el apoyo y los consejos brindados durante este importante proceso para la consecución de mis metas.

Al personal del CELEQ y del Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina quienes me apoyaron y ayudaron brindándome la información necesaria para llevar a cabo este proyecto.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación personal.

A todos mis compañeros y amigos quienes estuvieron presentes siempre apoyándome y alentándome en cada uno de los pasos que di para alcanzar mi objetivo.

DEDICATORIA

A Dios, que supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante para alcanzar mis metas y objetivos y permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis padres Julio Delgado Chaves y Silvia Villalobos Sánchez, por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos más difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para seguir siempre adelante.

A mi hermana María José Delgado Villalobos y a mis abuelos, porque son la razón de sentirme tan orgullosa de cumplir mi meta, gracias a ellos por ser parte de mi vida y confiar siempre en mí.

“Esta tesis aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Gestión del Riesgo en Desastres y Atención de Emergencias”

Dr. Marco Barahona Palomo
**Representante del Decana
Sistema de Estudios de Posgrado**

M.Sc. Ariel Alfaro Vargas
Profesor Guía

M.Sc. Bryan Fernández Solano
Lector

M.Sc. Esteban Jiménez Solano
Lector

M.Sc. Elena Badilla Coto
**Representante del Director del
Programa de Posgrado en Geología**

Lic. Andrea María Delgado Villalobos
Sustentante

Índice de contenido

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	1
1.2 Antecedentes	4
1.3 Planteamiento del problema.....	8
1.4 Objetivos de investigación.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	12
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	19
3.1 Tipo de investigación.....	19
3.2 Fuentes de información	19
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1 Análisis de la amenaza	23
4.2 Análisis de la vulnerabilidad	26
4.3 Análisis del riesgo	35
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105

RESUMEN

Se evaluó el riesgo de incendio y explosión que pueden generar los productos químicos presentes en la bodega del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) y en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica. Para realizar este estudio, se realizaron tres visitas a la bodega de almacenamiento del CELEQ donde se inventarió un total de 1055 productos químicos y una visita al Laboratorio de la Morgue donde se inventarió un total de 22 productos químicos.

Luego se procedió a la aplicación de la Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 (Seveso III), dado que ninguna categoría de peligrosidad superó el valor de 1, se procedió a elegir la categoría más cercana a dicho valor, la cual correspondía a Líquidos Inflamables para ambos lugares de estudio. Por lo cual, para hacer un análisis más específico se utilizó la evaluación simplificada del riesgo de incendio/explosión (INRS).

Mediante la aplicación del INRS, en el CELEQ se obtuvo una puntuación de 3249 y el Laboratorio de la Morgue una puntuación de 2696, ambas asociadas a las frases H224, H225 y H226. Los valores obtenidos son considerados como un riesgo de incendio "importante". Entre los productos químicos que más riesgo de incendio presentan en el CELEQ, se destacan el éter etílico, el etanol al 95%, y el tetrahidrofurano, para el Laboratorio de la Morgue se destacan el alcohol etílico, el alcohol isopropílico grado técnico y el alcohol etílico absoluto.

Luego se procedió a realizar un análisis de los factores externos que podrían llegar a repercutir de forma indirecta a la generación de un incendio o explosión, entre los cuales se pueden mencionar la cercanía a fuentes de ignición, electricidad estática, o reacciones exotérmicas.

Finalmente, se procedieron a realizar las propuestas de los planes de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos tanto para el CELEQ como para el Laboratorio de la Morgue, con el fin de establecer las medidas preventivas que conlleven a la reducción de los accidentes químicos.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los accidentes tecnológicos de acuerdo con la CNE.	14
Cuadro 2. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Toxicidad Aguda H1 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.....	110
Cuadro 3. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Toxicidad Aguda H2 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.....	110
Cuadro 4. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Toxicidad específica H3 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.....	112
Cuadro 5. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos Inflamables P5a en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.....	112
Cuadro 6. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Espontáneos y peróxidos P6b en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.	115
Cuadro 7. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos y sólidos P7 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.....	115
Cuadro 8. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos y sólidos comburente P8 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.....	115
Cuadro 9. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Peligroso para el medio ambiente E1 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.....	116
Cuadro 10. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Peligroso para el medio ambiente E2 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.....	118

Cuadro 11. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Sustancias con indicación de peligro O1 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.	119
Cuadro 12. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Sustancias con indicación de peligro O2 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.	119
Cuadro 13. Resultados obtenidos de la aplicación de la Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 (Seveso III) en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.	120
Cuadro 14. Resultados de la aplicación de la metodología de la Evaluación simplificada del riesgo de incendio /explosión (INRS) en los líquidos inflamables (P5a) presentes en la en la bodega de almacenamiento del CELEQ.	121
Cuadro 15. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Toxicidad Aguda H1 en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.	127
Cuadro 16. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos inflamables P5a en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.	127
Cuadro 17. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos y sólidos comburentes P8 en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.....	127
Cuadro 18. Resultados obtenidos de la aplicación de la Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 (Seveso III) en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.....	127
Cuadro 19. Resultados de la aplicación de la metodología de la Evaluación simplificada del riesgo de incendio /explosión (INRS) en los líquidos inflamables (P5a) presentes en la en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.....	129

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Condiciones de etiquetado de los productos químicos de la bodega del CELEQ.....	27
Imagen 2. Condiciones de almacenamiento en recipientes inadecuados de los productos químicos de la bodega del CELEQ.....	27
Imagen 3. Condiciones de los recipientes que almacenan los productos químicos de la bodega del CELEQ.....	28
Imagen 4. Estantes establecidos para el almacenamiento de los productos químicos en la bodega del CELEQ con visibles derrames.....	28
Imagen 5. Almacenamiento de los productos químicos presentes en el laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina utilizados para el embalsamado de cadáveres.....	30
Imagen 6. Extintor de polvo químico presente en la bodega de almacenamiento de productos químicos del CELEQ.....	34
Imagen 7. Extintor de agua presente en la bodega de almacenamiento de productos químicos del CELEQ.....	34
Imagen 8. Ubicación del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ). Imagen tomada de Google Earth.....	41
Imagen 9. Ubicación de la bodega del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ).....	41
Imagen 10. Almacenamiento de los productos químicos en la bodega del CELEQ.....	42
Imagen 11. Deterioro de etiquetas y envases de los productos químicos almacenadas en la bodega del CELEQ.....	43
Imagen 12. Corrosión en los envases en los que se encuentran almacenados los productos químicos de la bodega del CELEQ.....	43
Imagen 13. Ubicación geográfica del edificio de Medicina de la UCR. Imagen tomada de Google Earth.....	75
Imagen 14. Fachada posterior del edificio de Medicina de la UCR.....	75

Imagen 15. Ubicación de la Morgue en la fachada posterior del edificio de Medicina de la UCR.	76
Imagen 16. Almacenamiento en el laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la UCR.	77

LISTA DE ABREVIATURAS

CELEQ	Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química
CNE	Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias
EIRD	Estrategia Internacional de Reducción de Desastres
FDS	Fichas de Datos de Seguridad
GRD	Gestión del Riesgo de Desastres
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje
INS	Instituto Nacional de Seguros
ISO	Organización Internacional de Normalización
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PGRRD	Programa de Gestión del Riesgo y Reducción de Desastres
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SGA	Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos
TFIA	Trabajo Final de Investigación Aplicada
UCR	Universidad de Costa Rica
UNA	Universidad Nacional de Costa Rica
USOA	Unidad de Salud Ocupacional y Ambiental

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

La reducción del riesgo de desastres es definida por la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres (EIRD) como el conjunto de medidas para disminuir el riesgo e impactos negativos producidos por eventos naturales por medio de acciones sistemáticas con el fin de analizar y manejar las causas de los desastres reduciendo la vulnerabilidad social y económica, mejorando la preparación para acontecimientos adversos (UNDRR, 2001).

En el Marco de Sendai, se establece el compromiso de la reducción del riesgo de desastre, ampliándolo no solo para abarcar las amenazas y los riesgos naturales, sino incluir todas las amenazas que se encuentren relacionadas a los desastres tecnológicos (UNDRR, 2015). Aunado a esto, y a nivel nacional, tanto la Política Nacional de Gestión de Riesgo 2016-2030 N° 39322 del 30 de noviembre del 2015 como la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo N° 8488 del 11 de enero del 2006, hacen también mención a la probabilidad de que ocurran desastres de este tipo y las acciones que se deben llevar a cabo para la mitigación o disminución de los riesgos.

Aproximadamente desde el año 1980, las emergencias tecnológicas han ocupado un lugar importante junto a los desastres de origen natural por las pérdidas humanas que ocasionan. Los lugares donde frecuentemente se producen este tipo de emergencias son los complejos industriales, los almacenes de depósito, las bodegas de plaguicidas, los laboratorios y las universidades (Solís, 2002; Sánchez, 2010).

El crecimiento de los laboratorios químicos en el mundo ha ido en aumento, ya que éstos son una parte importante en el sector industrial y educativo, debido a que dinamizan el crecimiento económico de cada uno de los países, no solo porque se

promueve la investigación y la producción de una diversidad de productos, sino porque también se generan muchos empleos.

A pesar de todos los beneficios que generan los laboratorios, muchos de estos se han visto asociados a la liberación de sustancias que contaminan el ambiente y causan desastres o emergencias que deterioran la salud de las personas en las que se encuentran ubicados, debido a que en estos se desarrollan procesos en los que se utilizan la temperatura y la presión para modificar la estructura molecular o crear nuevas sustancias a partir de otros productos químicos, por lo cual siempre está presente la posibilidad de incendio, explosión o emisión de líquidos, vapores, gases u otros productos químicos intermedios tóxicos e inflamables, es por esta razón que la seguridad debe estar como una prioridad en todas las actividades que se llevan a cabo en los laboratorios.

Instituciones como la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) y el Ministerio de Salud han realizado procesos de capacitación a diversas entidades en el tema de amenazas tecnológicas, además se ha intentado incluir a la comunidad en dicho proceso, con el fin de hacerle frente de una forma oportuna en la reducción de las consecuencias que este tipo de emergencias pueda traer.

Actualmente a nivel nacional, a pesar de que se cuenta con reglamentos que regulan el registro, transporte o la disposición de los productos químicos, no existe ninguna normativa que establezca disposiciones para prevenir emergencias químicas o tecnológicas. Sin embargo, a nivel internacional, existen varias organizaciones que han desarrollado guías o reglamentos específicos para la prevención de este tipo de emergencias.

En la Universidad de Costa Rica (UCR) hay un total de 319 de laboratorios en sus diferentes sedes y recintos, los cuales se distribuyen en 54 unidades académicas y administrativas que les pertenecen a 5 grandes áreas: Ciencias Agroalimentarias, Ciencias Básicas, Ingeniería, Salud y Ciencias Sociales (Alfaro, 2021).

Entre el año 1971 y el año 2020, se han registrado aproximadamente 23 emergencias que han involucrado la manipulación de productos químicos en la UCR, entre las cuales destacan explosiones, fugas, incendios y derrames. Dichas emergencias se generaron tanto en laboratorios como en bodegas de suministros que han afectado a los trabajadores del sitio y a personas externas (Alfaro, 2021).

A raíz de los eventos pasados, la Regencia Química de la UCR se ha dedicado a desarrollar diversos documentos enfocados a la seguridad química de dichos laboratorios, Alfaro (2010) realizó una guía denominada “Lineamientos para el almacenamiento de productos químicos”, donde se establecen prácticas muy básicas para el almacenamiento de dichas sustancias tanto en los laboratorios como las bodegas de la UCR, permitiendo que se minimicen los riesgos que se derivan de éstas, sin embargo estos lineamientos no se enfocan en las áreas específicas de cada uno de los recintos.

Además en el año 2020, Alfaro desarrolló un Manual de Seguridad para Laboratorios de la UCR, en donde se unifican los criterios asociados a la gestión de los productos químicos, desde la compra hasta el descarte de sus residuos o sus desechos, adicionalmente se incluye información sobre buenas prácticas de laboratorio, técnicas de seguridad, equipos de protección personal y sus accesorios, procedimientos de atención de emergencias, uso, almacenamiento de productos químicos y procedimientos generales de tratamiento o disposición final de residuos químicos.

Con relación al tema de la Gestión de Riesgos, y a raíz de la emergencia que vivió el país debido a la influencia del Huracán Joan, la Universidad de Costa Rica en el año 1988 conformó una Comisión Institucional de Emergencias, en la cual participaron representantes de diversas disciplinas e instancias con el fin de brindar colaboración a las personas afectadas de la provincia de Limón. Dando continuidad al tema de desastres, la universidad en el año 2001 constituyó en el Programa de

Gestión del Riesgo y Reducción de Desastres (PGRRD), conformado por un equipo multidisciplinario definido por la Rectoría. Este programa participa de forma dinámica en la puesta en práctica de acciones para reducir las vulnerabilidades que se presentan en la comunidad universitaria. Durante los años 2006 y 2007, el PGRRD elaboró una Guía Básica para la Atención de Emergencias, en la cual se define la forma de prepararse antes de una situación de emergencia, así como su atención en la institución (PGRRD, s.f).

Aunado a lo anterior, con este Trabajo Final de Investigación Aplicada (TFIA) se pretende reforzar la gestión de riesgo en materia de productos químicos que ha trabajado la regencia química de la UCR, mediante la elaboración de un plan piloto de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos, que contribuya a minimizar las consecuencias que podría generar un incidente que involucre productos químicos en el Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) y en el Laboratorio de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica. Esta propuesta podría servir como base o guía para el resto de los laboratorios que se encuentran presentes en la institución.

1.2 Antecedentes

Tras una revisión sistemática de diferentes estudios y trabajos realizados a nivel nacional e internacional, se identificaron diversos insumos que suman antecedentes para este trabajo final de investigación aplicada.

En el ámbito nacional se identificaron los siguientes estudios relacionados con la elaboración de herramientas enfocadas en la minimización del riesgo químico en diferentes centros académicos como el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), la Universidad de Costa Rica, la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) y el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), además de instituciones públicas como el Poder Judicial.

Durante los años 2008 y 2009, Mora *et al.* (2013) realizaron un diagnóstico de la gestión de reactivos químicos en los laboratorios de docencia e investigación de la UNA, utilizando distintos métodos como cuestionarios, entrevistas, visitas a laboratorios y generación de inventarios de reactivos químicos, con el fin de verificar el cumplimiento de los aspectos de seguridad como el almacenamiento, etiquetado, manipulación, entre otros. En este estudio se concluyó que las instituciones de enseñanza superior no tienen una reglamentación específica que incorpore las acciones recomendadas por los entes internacionales sobre el tema de seguridad química, además se recalca que la legislación nacional está dirigida directamente a la industria química y no incorpora protocolos de gestión de reactivos en las actividades de docencia.

El año 2010, se elaboró un trabajo denominado Programa de comunicación del riesgo químico y sus alternativas de solución, dicho proyecto se desarrolló en las sedes de Cartago y San Carlos del ITCR, con el objetivo de contribuir en la comunicación y la capacitación del “derecho a saber” para así mejorar las condiciones de salud, seguridad y protección al ambiente. Esto se logró mediante tres fases, en la primera se brindó capacitación a un grupo modelo institucional y a la Cruz Roja de la zona, luego se generó una base de datos para el almacenamiento de la información de las Fichas de Datos de Seguridad (FDS) y por último, se generó un machote de FDS en la cual se incluían las directrices del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) y la Organización Internacional de Normalización (ISO) (Hidalgo *et al.*, 2010).

En el año 2013, Carranza elaboró una 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 del Poder Judicial, con el fin de generar una propuesta para mejorar las etapas de almacenamiento, manipulación y disposición final de los productos químicos. Esta evaluación se realizó por medio de encuestas y visitas a los laboratorios para medir el conocimiento del personal en la identificación de peligros, aplicación de medidas de seguridad y almacenamiento

adecuado de los productos químicos. Finalizado el estudio, se determinó el nivel de conocimiento que tenía el personal en la identificación de peligros de los productos químicos y en la interpretación de sus etiquetas y FDS, además se encontraron deficiencias desde el almacenamiento hasta la disposición final de los productos.

Núñez (2013) realizó un manual donde estableció un sistema de gestión de seguridad y salud en el Laboratorio de Ingeniería Química de la UCR, con la finalidad de identificar, evaluar y corregir las deficiencias relacionadas específicamente con el manejo y uso de los productos químicos basándose en los lineamientos establecidos por la UCR, en las disposiciones del Instituto Nacional de Seguros (INS) y los decretos nacionales, para esta investigación no se tomó en cuenta el almacenamiento de los productos químicos.

En el 2018, Vargas realizó una evaluación y propuesta sobre las condiciones de almacenamiento y manejo de los productos químicos líquidos peligrosos en la Sede Central del INA utilizando herramientas como listas de verificación, con base en reglamentos nacionales, el estándar ISO 14001:2015 y normas técnicas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA). Estas herramientas se aplicaron en cuatro sectores del INA: Almacén Regional Central Oriental, almacén de productos químicos inflamables, taller donde se imparten lecciones de mecánica de precisión y un taller donde se imparten lecciones de serigrafía y se obtuvo como resultado que esta institución cumple solo con un 39% de los criterios que se relacionan directamente con el almacenamiento de productos químicos, debido a que no se siguen los patrones de compatibilidad química y el diseño de las estructuras para almacenar y distribuir estos productos no cumple con los requisitos establecidos en las normativas.

A nivel internacional también destacan los siguientes estudios en los cuales se han realizado análisis de riesgo relacionados con el uso de los productos químicos y la repercusión que estos podrían tener en caso de que se generara un accidente que los involucrara de forma directa, a continuación, se destacan los siguientes:

Rigas y Sklavounos (2004) realizaron un análisis de riesgos mayores con respecto a las poblaciones que se encuentran adyacentes a las instalaciones que almacenan productos químicos. Este estudio se realizó en el puerto de Ikonio, el cual es el principal puerto del Pireo, Grecia donde se descargan y almacenan grandes cantidades de productos químicos, en este lugar se simuló accidentes que involucraron estas sustancias para determinar las consecuencias que se provocarían en la población aledaña. Como resultado de la simulación se determinó que un accidente podría dañar el entorno e incluso generaría muertes significativas en la población.

En el año 2016, Jahan *et al.* realizaron un estudio mediante la elaboración de una simulación de incendio en una industria que se dedicaba al almacenamiento de productos químicos en Old Dakha, Bangladesh, esta zona fue considerada como una mezcla de uso de la tierra lo que significaba que la comunidad se encontraba muy cerca de la industria. Mediante la evaluación se identificó el nivel de riesgo que podría tener la comunidad en caso de que se generara un posible incendio en la industria, a raíz de algún problema relacionado con el almacenamiento de los productos químicos. En sus conclusiones determinaron que el riesgo de incendio es elevado y podría desarrollarse debido a la falta de implementación del código nacional de construcción, las reglas de seguridad contra incendios y el correcto manejo, así como el almacenamiento de los productos químicos.

Ayana *et al.* (2017) realizaron un estudio en el cual se investigaron las actitudes y las prácticas de seguridad que se llevaban a cabo por parte de los estudiantes de los laboratorios de química de la educación terciaria en Trinidad y Tobago, además se trató de buscar alguna correlación entre los aspectos antes citados, y si estos pudiesen aumentar la probabilidad de la ocurrencia de un accidente en los laboratorios. Dicho estudio se realizó mediante cuestionarios en tres instituciones, con un tamaño muestra de 226 estudiantes y al personal de supervisión de cada institución, y se determinó que se seguían la mayoría de las pautas que estaban

establecidas por dichos centros en el tema de seguridad química, sin embargo, existía una correlación débil entre los factores de estudio y las causas que podrían generar un accidente, por lo cual se recomendó la implementación de mayor capacitación a todo el personal.

Por último, la Universidad de Washington, en los Estados Unidos tiene dentro de su sitio web oficial un Plan de Prevención de Accidentes de la Universidad el cual describe las políticas y los procedimientos implementados para reducir o eliminar los peligros, y es aplicable a todas las personas que mantienen en la universidad, incluyendo personal administrativo, profesores, estudiantes, voluntarios en puestos remunerados permanentes, a tiempo parcial o estacionales, adicionalmente se aplica a todas las escuelas, departamentos y organizaciones dentro de la Universidad. En el sitio web se pueden descargar los documentos específicos para la evacuación y seguridad contra incendios, seguridad en los laboratorios y radiológica, bioseguridad, registros de entrenamiento en los cuales se detallan los procedimientos para evitar un accidente (UW, s.f).

La búsqueda de todos los insumos de investigación anteriores representa un punto de referencia teórico y metodológico para el análisis que se desarrollará a lo largo de este trabajo.

1.3 Planteamiento del problema

La gestión del riesgo por desastres en nuestro país es un tema que ha ido en aumento en los últimos años, sin embargo, muchas de las medidas de preparación, prevención y mitigación necesarias no se encuentran adecuadamente coordinadas y arraigadas en el quehacer de los habitantes y las instituciones, lo que compromete el desarrollo de los territorios, aumenta los niveles de vulnerabilidad de las personas y las edificaciones, y asimismo, la exposición de aquellos ante diversos tipos de amenazas.

Dentro del alcance del Marco de Sendai se establece la reducción del riesgo de desastres, no solo enfocada en las amenazas de origen natural, sino también en las

amenazas de origen tecnológico, estas últimas se asocian a la actividad humana y se perciben como riesgos controlables que se han incrementado por el tipo de actividades y procesos que se desarrollan en los diferentes territorios.

Enmarcado en dicho contexto, el presente Trabajo Final de Investigación Aplicada pretende el establecimiento de medidas que conlleven a reducir los accidentes tecnológicos, y en este caso específico los accidentes químicos, los cuales se definen como situaciones derivadas de un accidente en el que se involucran productos químicos peligrosos, las cuales causan daños al ambiente, a la salud, al componente socioeconómico y a la infraestructura productiva de una nación o bien de un sistema, siendo estos daños de tal magnitud, que exceden la capacidad de respuesta del componente del afectado (Pérez *et al.*, 2018).

Mediante este trabajo se realizará un plan piloto de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos en el Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) y en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina en la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica. El plan que se propone es una herramienta que ayuda a las organizaciones que manipulan productos químicos, a optimizar los recursos disponibles de cada una, analizando los riesgos existentes con el fin que se tomen las medidas que mitiguen los mismos. Además, de guiar a las instituciones en la elaboración de procedimientos de actuación con el fin de prevenir o disminuir los efectos que se pueden generar a raíz de una emergencia mediante comprobaciones periódicas, simulacros, simulaciones, y comunicación más estrecha con la comunidad y las autoridades de emergencia (Clavería, 1998).

El uso y almacenamiento de grandes cantidades de sustancias inflamables fue el factor determinante para la selección de ambos laboratorios. En el caso del CELEQ, este se encarga del análisis a nivel nacional de diferentes hidrocarburos como combustibles y lubricantes, análisis de gas licuado de petróleo, biodiesel y biogás. Por otro lado, el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina almacena gran

cantidad de disolventes para la preservación de cadáveres, los cuales también se utilizan en las practicas académicas de la carrera de medicina.

A partir de lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo diseñar un plan piloto de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos en el Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) y en el Laboratorio de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica?

1.4 Objetivos de investigación

Objetivo general

1. Desarrollar un plan piloto de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos en el Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) y en el Laboratorio de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica para la reducción del riesgo de emergencias químicas en la institución.

Objetivos específicos

- 1) Determinar el nivel de riesgo de los productos químicos que se almacenan en el Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) y en el Laboratorio de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica para la elaboración del Plan Piloto de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos.
- 2) Identificar elementos del entorno externo que puedan incidir o verse afectados ante el riesgo de que ocurra un accidente químico en los laboratorios de Electroquímica y Energía Química (CELEQ) y en el Laboratorio de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica.

- 3) Elaborar una guía para la prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) y el Laboratorio de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica para la reducción del riesgo de emergencias químicas en la institución.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

A nivel mundial, a lo largo de los años se han experimentado una gran cantidad de desastres de orden natural y antropogénicos que han generado numerosas pérdidas de vidas humanas, daños en la infraestructura y el ambiente. El reconocimiento de los antecedentes históricos ha impulsado la necesidad de construir políticas enfocadas en la gestión del riesgo, mediante la prevención, reducción del mismo y la adopción de medidas enfocadas en la respuesta de situaciones de emergencia (Rapalino y Anaya, 2014).

La Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) es el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una institución, una comunidad, una región o un país, mediante el cual se desarrollan un conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales para implementar políticas y estrategias con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales y tecnológicos (Molpeceres, 2012).

La GRD puede ser prospectiva ya que se abordan medidas y acciones en la planificación del desarrollo para evitar que se generen nuevas condiciones de riesgo, puede ser correctiva mediante la adopción de medidas y acciones de manera anticipada para reducir los riesgos ya existentes o reactiva enfocada en la preparación y respuestas a emergencias (Molpeceres, 2012).

Mediante el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, el concepto de la reducción del riesgo de desastres se amplió de forma considerable para enfocarse no solo en las amenazas de origen natural sino también las amenazas tecnológicas y biológicas, comprendiendo el riesgo de desastres en todas las dimensiones relacionadas con la exposición, la vulnerabilidad y características de las amenazas (UNDRR, 2015).

El desastre químico se define como una situación, derivada de un accidente en el que se involucran productos químicos peligrosos o equipos peligrosos; que causan daños al ambiente, a la salud, al componente socioeconómico y a la infraestructura productiva de una nación o bien de un sistema, siendo estos daños de tal magnitud que exceden la capacidad de respuesta del componente del afectado (Pérez *et al.*, 2018).

La recurrencia de los accidentes químicos se determina por diferentes factores, entre los cuales se pueden citar deficiencias en el proceso y en los equipos, errores humanos, diseños inseguros o la interacción de los fenómenos naturales (sismos, inundaciones, huracanes, deslizamientos) con la amenaza tecnológica (Pérez *et al.*, 2018).

Los accidentes químicos se pueden manifestar de cuatro formas, sin importar su origen (UIS, 2012):

Derrame: Fuga, descarga o emisión, produce la inadecuada manipulación de las sustancias peligrosas.

Incendio: Fuego que provoca daños a las personas, instalaciones y el ambiente.

Explosión: Expansión violenta y rápida de un sistema de energía que puede tener origen en distintas formas de transformación física o química, acompañada de un cambio de energía potencial y generalmente seguida de una onda expansiva que actúa de forma destructiva sobre el recipiente o estructura que lo contiene. Para que este se produzca es necesario que suceda una acumulación de un gas, estar dentro del rango de inflamabilidad o que se produzca una chispa o llama que inflame la mezcla.

Escape: Se produce cuando un gas por alteraciones en su composición comportamiento o características se sale accidentalmente de un conducto o un envase debido a fallas de diseño o degradación del contenedor.

En el cuadro 1 se puede observar la clasificación que realiza la CNE basada en el documento denominado “Desastres y Emergencias Tecnológicas” del año 1997:

Cuadro 1. Clasificación de los accidentes tecnológicos de acuerdo con la CNE.

Clasificación general de las emergencias tecnológicas	
Según la Actividad	Este tipo de emergencias pueden ocurrir a nivel doméstico, industrial, comercial, sector servicios, en transporte.
Según el Tipo de Accidente	Derrames, fugas, incendios, explosiones, intoxicaciones masivas donde se involucren sustancias o exista la exposición a radiaciones ionizantes.
Según el Producto Involucrado	Las emergencias se dividen en emergencias por hidrocarburos, plaguicidas, corrosivos, radiactivos productos altamente reactivos, productos pirofóricos, oxidantes o por productos con riesgo biológico.
Clasificación de las emergencias tecnológicas por la duración de sus efectos	
Emergencias repentinas o agudas	Son las que se dan por accidentes espontáneos durante el proceso productivo en una fábrica o durante el transporte de productos. Los efectos que se producen son inmediatos. Normalmente se presentan por la ocurrencia de accidentes como derrames, incendios, escapes o explosiones.
Emergencias de Desarrollo Progresivo	Se presentan por la acción continua de un agente de riesgo en un ambiente determinado, en este tipo de emergencias sobresale la contaminación paulatina de suelo, aire o agua, afectando la cadena alimenticia hasta repercutir en el ser humano. Normalmente no son detectadas a tiempo y sus efectos son irreversibles, esto hace que la determinación de las consecuencias se torne difícil.

Las emergencias tecnológicas, tienen características muy similares entre ellas, dentro de las que se destacan (UIS, 2012):

- Son previsibles y prevenibles, ya que se puede dar la identificación temprana de actos inseguros, condiciones inseguras, mal mantenimiento, procesos riesgosos, permitiendo prever o evitar la ocurrencia de un accidente que cause grandes e irremediables consecuencias. La ejecución de evaluaciones de

seguridad y la implementación de programas de prevención de riesgos conlleva a la disminución de las condiciones de amenaza tecnológica.

- Es mucho más sencillo prevenir un accidente tecnológico que mitigar los efectos y las consecuencias que este conlleva, por lo cual es muy importante incorporar la detección temprana de las condiciones de amenaza con el fin de adoptar medidas que eviten que el evento ocurra. En muchos casos, el potencial de las sustancias involucradas y su efecto destructivo hacen que la mitigación de sus efectos resulte altamente costosa y poco efectiva.
- Debido a las propiedades tóxicas, cancerígenas, mutagénicas o teratogénicas de los productos químicos que se encuentren involucradas, los efectos sobre los seres vivos expuestos y el ambiente, se continúan presentando aún muchos años después de ocurrido el accidente, lo cual hace que el factor principal del error sea la cuantificación real de las consecuencias.
- En un accidente tecnológico, las personas expuestas presentan el mismo efecto tóxico, sin embargo, lo que cambia es la magnitud del daño sobre los órganos diana, por ejemplo, los pulmones y los riñones.
- Las personas expuestas a un accidente tecnológico constituyen un riesgo para el personal de rescate, el personal médico y hasta para familiares o vecinos, ya que estos se convierten en fuentes de contaminación adicional, por lo cual es necesario aplicar procedimientos estrictos para la descontaminación.
- Los accidentes tecnológicos requieren de una respuesta especializada, ya que la mayoría de los equipos de rescate comunes no son ideales para la atención de este tipo de emergencias, ya que se necesita de la presencia de personal que se encuentre especialmente entrenado, normalmente se necesita la asesoría de profesionales expertos en el campo y el uso de equipos sofisticados.

Entre las emergencias tecnológicas más comunes destacan los derrames de hidrocarburos los cuales son provocados por accidentes marítimos, especialmente cuando se produce el naufragio de buques tanque, durante el proceso de carga y descarga en los puertos, por emisiones submarinas, la rotura de depósitos costeros de combustibles, durante las perforaciones en las costas o mar afuera, limpieza de

tanques y sentinas de embarcaciones. Otras causas que también se resaltan son los vertimientos accidentales en la tierra o los ríos, producto del escape de tanques, oleoductos o vehículos del transporte (Lillibridge, 2000). Este tipo de incidentes representan las principales fuentes de contaminación de suelos y aguas debido a que generan perturbaciones en los ecosistemas al afectar de forma directa su estructura y bioprocesos (Vasudevan y Rajaram, 2001).

También se destacan los accidentes en los cuales se genera la liberación de sustancias tóxicas, estas pueden ser diversas y se pueden clasificar en gases orgánicos o inorgánicos, debido a la facilidad de dispersión a la atmósfera, éstos pueden afectar a grandes poblaciones, plantas y animales. La inhalación de este tipo de gases, por ejemplo, el amoníaco y el cloro, afecta la salud humana y puede producir verdaderas emergencias médicas. La peligrosidad de una sustancia está directamente relacionada con los efectos adversos, su naturaleza, gravedad y reversibilidad (Vasudevan y Rajaram, 2001).

En los campos de acción en los cuales se pueden tomar medidas para la prevención de los accidentes tecnológicos se pueden citar (CNE, 1997):

- **Diseños y controles de ingeniería:** La aplicación de medidas de seguridad en el trabajo, el diseño seguro de instalaciones y equipos, los controles eficientes aplicados a los procesos industriales son mecanismos que ayudan a reducir de una forma substancial el riesgo.
- **Aspectos de construcción:** El uso de materiales de buena calidad y el apego a los códigos de construcción para las instalaciones de riesgo, mejoran las características constructivas en las zonas expuestas a amenazas tecnológicas.
- **Procesos tecnológicos:** Tanto la identificación de procesos de alto riesgo como la aplicación de procedimientos de seguridad en cada una de sus fases es una gran herramienta para la prevención de accidentes en las

instalaciones de riesgo mayor. Es importante también realizar inspecciones periódicas y optar por permisos para tareas peligrosas.

- **Transferencia tecnológica:** No se debe adquirir o adoptar tecnología ya desechada en otros países, es importante eliminar esta práctica logrando contribuir a la prevención de accidentes y emergencias tecnológicas.
- **Sistemas de seguridad:** El uso de dispositivos de detección y alarma, sistemas de alerta temprana, control de flujo, pérdida de presión, instalaciones fijas de protección contra incendios contribuyen a la prevención y mitigación de los efectos de los accidentes tecnológicos.
- **Planeación del uso del suelo:** Es importante el establecimiento de zonas específicas para ubicar las industrias peligrosas, alejadas de urbanizaciones, actividades comerciales, actividades agrícolas de modo de que no se dé una emergencia, permitiendo una mayor calidad de vida y seguridad de la población.
- **Educación ciudadana:** Es importante la puesta en marcha de programas de prevención y mitigación de accidentes tecnológicos a las poblaciones con el fin de informar y educar a la ciudadanía para la prevención y mitigación.

Es responsabilidad de todas las partes involucradas evitar la generación de accidentes que involucren productos químicos, para esto es de gran importancia la elaboración de planes de prevención, preparación y respuesta ante un accidente químico, los cuales son herramientas de planificación y organización humana para la utilización óptima de los medios técnicos previstos con la finalidad de reducir al mínimo las posibles consecuencias adversas afectando la salud humana, la economía o el ambiente que pudieran derivarse de la situación de emergencia que pueda involucrar productos químicos.

Mediante la puesta en marcha del plan, se garantizaría una seguridad química efectiva por medio de las acciones que debe llevar a cabo el personal de la universidad, las autoridades públicas, la comunidad y otras partes interesadas, con el fin de minimizar la probabilidad de que ocurra un accidente (prevención), mitigar

las consecuencias de los accidentes mediante la planificación de emergencias, y la comunicación de riesgos (preparación/mitigación) y finalmente, limitando las consecuencias adversas para la salud, el medio ambiente y la propiedad en caso de accidente (respuesta) (OECD, 2003).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

El desarrollo de un plan piloto de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos se enmarca dentro del contexto de un estudio explicativo, ya que este tipo de estudios busca encontrar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos, siendo su objetivo principal explicar por qué ocurren y en qué condiciones se dan. Normalmente implican una gran capacidad de análisis, síntesis e interpretación. Con relación a este proyecto, se considera como un estudio explicativo, ya que conlleva el análisis de riesgo de todas las condiciones internas y externas de cada uno de los laboratorios para determinar elementos de riesgo que podrían generar un accidente químico (Vásquez, 2016).

Además, el enfoque de la presente investigación es de carácter cualitativo, ya que se da el estudio de las cosas en sus ambientes naturales, pretendiendo darle sentido o interpretar los fenómenos con base en los significados que las personas les otorgan. Este tipo de enfoque asegura un estrecho ajuste entre los datos y lo que realmente hace la gente y dice, observando a las personas en su vida cotidiana, escuchándolas hablar sobre lo que tienen en mente (Quecedo y Castaño, 2002).

3.2 Fuentes de información

Para el desarrollo de este proyecto, se procedió a definir diferentes grupos de estudio con el fin de obtener la información necesaria, tal y como se muestra a continuación:

- a) Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, en el cual se analizó el riesgo de incendio y explosión de la bodega donde se almacenan los productos químicos utilizados en los diversos análisis del centro.
- b) Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, donde se analizó el riesgo de incendio y

explosión del almacenamiento de los productos químicos utilizados para los distintos procedimientos de embalsamamiento que se realizan en la Morgue y laboratorios académicos que se llevan a cabo en dicha escuela.

- c) El personal del CELEQ como el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina colaboró brindando información sobre la forma de almacenaje de los productos químicos y sus diversos usos:
- i) M.Sc. Ariel Alfaro Vargas, Regente Químico de la UCR.
 - ii) M.Sc. Bruno Garita Salazar, Encargado del laboratorio de Hidrocarburos del CELEQ.
 - iii) Dra. Jessica González Fernández, Coordinadora del Programa de Donación de Cuerpos de la Universidad de Costa Rica.

A continuación, se describen las principales etapas de la metodología llevada a cabo durante la elaboración de este proyecto:

- **Visita al CELEQ y al Laboratorio de Medicina de la UCR**

Para realizar la evaluación de riesgos, primero se procedieron a realizar tres visitas a la bodega de almacenamiento del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) y una visita al Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, con el objetivo de realizar un levantamiento de todos los productos químicos presentes en dichos lugares. Las visitas a la bodega de almacenamiento del CELEQ se realizaron los días 23 de noviembre, 7 de diciembre y 14 de diciembre del año 2021, en total se inventariaron 1055 productos químicos en este centro. Con respecto al Laboratorio de la Morgue, se inventarió un total de 22 productos químicos el día 18 de noviembre de 2021.

- **Aplicación de la normativa SEVESO**

Una vez realizado el inventario de los productos químicos de los dos lugares de estudio, se procedió a aplicar la Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 (Seveso III), la cual es una normativa europea con la cual se clasifican las instalaciones industriales que manipulan productos químicos peligrosos en nivel superior o nivel inferior, cuando un establecimiento es clasificado como nivel superior, se deben incorporar lineamientos al proceso de seguridad del laboratorio en un tiempo determinado e implementar un plan de intervención.

- **Aplicación de la metodología de análisis de riesgos**

Con los resultados obtenidos mediante la aplicación de la Directiva de SEVESO, se procedió a realizar un análisis utilizando el método de la evaluación simplificada del riesgo de incendio/explosión (INRS), este procedimiento tiene la finalidad de realizar una evaluación inicial de los productos químicos de un establecimiento y determinar cuáles son las sustancias más propensas a ocasionar un incendio o una explosión.

- **Elaboración del plan piloto de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos**

Una vez finalizada la aplicación de la metodología de riesgo de incendio/explosión (INRS), se elaboró la propuesta del plan piloto de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos para ambos lugares de estudio. Se tomaron en cuenta los datos analizados y la normativa vigente relacionada con el tema de productos químicos en nuestro país.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Año tras año, la utilización y el almacenamiento de los productos químicos se ha hecho más frecuente a nivel mundial en industrias, centros educativos y a nivel doméstico; lo que varía es el sistema de control, el cual va desde la aplicación de la normativa hasta los programas de inspección que muchas veces son limitados en los diferentes países, lo cual podría generar un incremento en la generación de accidentes que involucren dichos productos químicos.

Dado lo anterior, muchas organizaciones se han dedicado al estudio de este tipo de emergencias, y han elaborado diversas guías que facilitan a las industrias o instituciones que manipulan productos químicos, la prevención de este tipo de eventos, con el fin de minimizar el impacto que estos puedan generar tanto a las personas como al ambiente que se ven expuestos.

Un ejemplo de lo mencionado anteriormente fue la creación de la directiva de SEVESO, la cual fue establecida por la Comunidad Europea, con el fin de incluir los riesgos que podrían derivarse de la ocurrencia de una eventual emergencia química como la ocurrida en Icmesa Chemical Company, ubicada en Seveso, Italia en el año 1976, donde se produjo la liberación de diversas sustancias tóxicas a lo largo de un área aproximada a 1810 hectáreas (Plakinoff, 2010; Cemeteri, 2014).

La directiva de SEVESO fue creada en España en el año 1988, con el fin de prevenir los accidentes químicos en determinadas actividades industriales, ya que a pesar de que en este país existían gran cantidad de reglamentos técnicos de seguridad, no existía normativa que se encargara específicamente de la regulación con base en la prevención y control de los accidentes graves en las diversas instalaciones, limitando sus consecuencias, y protegiendo así a las personas, sus bienes y el ambiente (Ferrer, 2007).

Dicha normativa establece una serie de obligaciones que deben desarrollar los encargados de los establecimientos industriales de los diferentes países de la

Comunidad Europea, entre las cuales se destacan el desarrollo de una política de prevención de accidentes graves en la que se establezcan los objetivos y principios relacionados con la prevención y el control de las emergencias que involucran productos químicos. Adicionalmente, estos deben generar un plan de emergencia interior en la cual se definan los medios y procedimientos de actuación para la prevención de cualquier accidente, limitando los efectos dentro del establecimiento afectado, y un plan de emergencia exterior en conjunto con las autoridades estatales, que al igual que el plan interior defina los medios y procedimientos de actuación, pero enfocados en la protección de las comunidades cercanas al establecimiento (Ferrer, 2007).

4.1 Análisis de amenazas

Para el desarrollo de este trabajo, y debido a que nuestro país carece de normativa que regule la prevención de los accidentes químicos que se puedan generar en un establecimiento industrial o institución que se vea involucrada con el uso de productos químicos, se tomó como base el procedimiento establecido en la directiva de SEVESO III, con el fin de determinar el posible impacto que podría generar el uso de los productos químicos presentes en los lugares de estudio seleccionados.

Para la aplicación de esta normativa, se realizó un inventario exhaustivo de todos los productos químicos presentes en los lugares de estudio. En el CELEQ se obtuvo un total de 1055 productos químicos y con respecto al Laboratorio de la Morgue, se inventarió un total de 22 productos químicos.

En el Anexo 1, se presentan los cuadros del 2 al 12, en estos se detalla el inventario de productos químicos presentes en el CELEQ, y en el Anexo 2, se presentan los cuadros del 15 al 17, donde se detalla el inventario de productos químicos presentes en el Laboratorio de la Morgue. Adicionalmente, al listado de las sustancias se presenta la cantidad en gramos en cada uno de los centros y la clasificación de las categorías de peligro con base en las frases H.

Una vez realizado el inventario de las cantidades de productos químicos presentes tanto en el CELEQ como en el Laboratorio de la Morgue, se realizó una comparación con el listado presente en el cuadro denominado “Sustancias peligrosas nominadas” en la directiva de SEVESO III, sin embargo, dentro de este no se encontró ninguna de las sustancias inventariadas, por lo cual se continuó con el siguiente paso.

Como siguiente paso, dado que no se encontró ninguna sustancia dentro del listado mencionado anteriormente, se aplicó la regla indicada en la Nota 4 de la directiva de SEVESO III, sin embargo, como se aprecia en la información presente en los Cuadros 13 y 18, los resultados no sobrepasaron el valor de “1”, por lo tanto y conforme a lo establecido por esta directiva, ninguno de los dos lugares en estudio puede ser considerado como un establecimiento de nivel superior. Para este estudio, cabe destacar que en ambos centros la categoría de peligro que más se acercó al valor de “1” fue la de “P5a Líquidos inflamables”, dado que en el CELEQ se obtuvo un valor de 0,06623 y en el Laboratorio de la Morgue un valor de 0,75186.

La normativa de SEVESO, por lo general es aplicada a establecimientos industriales que manipulan productos químicos en grandes cantidades, por dicha razón el análisis de los lugares en estudio pudo haber generado valores por debajo de los límites establecidos en esta, sin embargo, su aplicación en este trabajo ha sido de gran aporte dado que se ha logrado determinar la categoría de peligro más relevante.

Con los resultados anteriores, al tener la categoría de peligro de Líquidos Inflamables con los valores más altos, se procedió a aplicar un método simplificado de evaluación de riesgo químico para incendios y explosiones en cada uno de los lugares de estudio, con el fin de identificar cuáles productos químicos del inventario realizado al ser manipulados o almacenados pudiesen tener mayor probabilidad de ocasionar un incendio o una explosión, y así con esta información, generar el plan piloto de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos.

Con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación del método simplificado de evaluación de riesgo químico para incendios y explosiones en el CELEQ visualizados en el cuadro 14, se puede destacar un aspecto importante, el cual consiste en asociar la clase de riesgo de inflamabilidad potencial y la clase de fuente de forma global para todos los productos químicos inflamables asociadas a las frases H224, H225 y H226, se obtuvo una puntuación de 3240, de acuerdo con los niveles de riesgo potencial de incendio indicados por Bernaola y Quevedo (2012). El nivel que se encuentra por encima de 1000 hasta los 10000 se considera como "importante". De acuerdo al análisis realizado, los productos químicos que presentaron las puntuaciones más altas en el CELEQ son: éter etílico, etanol al 95%, y tetrahidrofurano.

En cuadro 19, se pueden ver los resultados obtenidos mediante la aplicación del método simplificado de evaluación de riesgo químico para incendios y explosiones en el Laboratorio de la Morgue, para este se obtuvo una puntuación de 2696, siendo considerado como un riesgo de incendio "importante" al igual que el resultado obtenido en el CELEQ. Cabe mencionar que las sustancias que presentaron una mayor puntuación fueron: alcohol etílico, alcohol isopropílico grado técnico y alcohol etílico absoluto

Para este análisis, es importante recalcar que Bernaola y Quevedo (2012), en su metodología indican que cuando se calcula el índice parcial acumulado, el cual es expresado en porcentaje, se permite dar menos importancia a los productos químicos que no aporten un porcentaje significativo al índice global, de acuerdo a lo indicado, ellos toman como referencia un valor de 20%, sin embargo para este análisis y debido a los valores obtenidos se tomará como referencia un valor de un 1%, todos los productos químicos que se encuentre por debajo de este valor no serán significativos para la elaboración del plan piloto.

Los disolventes del CELEQ que tuvieron la mayor puntuación en el método simplificado de evaluación de riesgo químico para incendios y explosiones, se

utilizan principalmente para procesos de síntesis organometálica, orgánica e inorgánica. Además, del uso en métodos de análisis cotidianos en combustibles en el laboratorio de hidrocarburos y en algunos trabajos de graduación. Con relación a los disolventes de mayor puntuación del Laboratorio de la Morgue, estos son utilizados en las diferentes técnicas para la conservación prolongada de cuerpos, y también en las clases de disección de la Escuela de Medicina.

4.2 Análisis de la vulnerabilidad

Para el análisis de la vulnerabilidad, se tomaron en cuenta diversos aspectos que se observaron durante las diversas visitas que se realizaron a los dos lugares de estudio, se tomaron en cuenta todas las condiciones externas e internas, las cuales pueden influenciar en el origen de un accidente que involucre productos químicos.

Es importante indicar que, en el CELEQ los productos químicos se encuentran almacenados en una bodega la cual se encuentra separada del edificio principal. En cambio, en el Laboratorio de la Morgue, el almacenamiento de las sustancias se encuentra dentro del primer nivel del edificio, en el lugar donde se realiza el embalsamado de los cuerpos que se utilizan en los laboratorios de Medicina, esto incrementa el riesgo tanto para el personal que se encuentra laborando en el laboratorio, como para el resto de los estudiantes y docentes que se encuentran en los pisos superiores durante el periodo lectivo.

En el CELEQ se deben destacar condiciones de almacenamiento de los productos químicos, tales como el etiquetado que presentan dichos productos, debido a que en muchos casos se carece de etiqueta, la etiqueta se realizó a mano y solo indica el nombre o la etiqueta es ilegible, tal y como se observa en la Imagen 1.



Imagen 1. Condiciones de etiquetado de los productos químicos de la bodega del CELEQ.

En algunos casos de igual forma en el CELEQ, se observó que los productos químicos se almacenan en recipientes que no son los indicados para contener estos productos, es importante que se conserven los frascos originales de los productos químicos con el fin de evitar que se genere alguna reacción que desencadene una emergencia, dicha condición se puede apreciar en la Imagen 2.

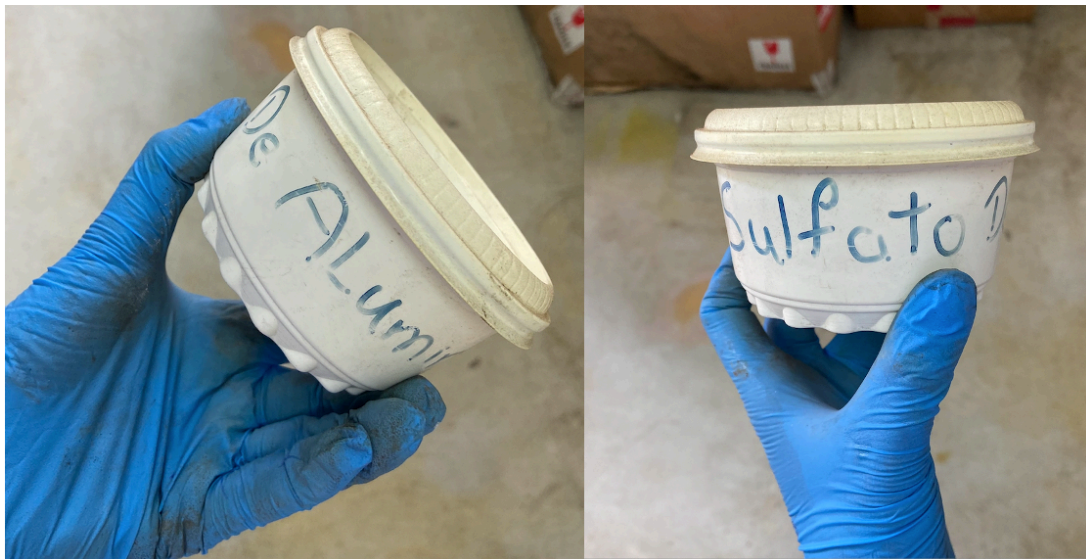


Imagen 2. Condiciones de almacenamiento en recipientes inadecuados de los productos químicos de la bodega del CELEQ.

Durante la realización del inventario, en el CELEQ también se lograron observar derrames de productos químicos en la estantería que los almacena, esto producto del deterioro que presentan los recipientes, en el caso que se observa en la Imagen 3 se puede visualizar que algunos de los recipientes se encuentran bastante oxidados, lo que genera el fallo de los mismos y se genera el derrame de los mismos tal y como se observa en la Imagen 4.



Imagen 3. Condiciones de los recipientes que almacenan los productos químicos de la bodega del CELEQ.



Imagen 4. Estantes establecidos para el almacenamiento de los productos químicos en la bodega del CELEQ con visibles derrames.

Con respecto a la cantidad de personas que podrían verse afectadas por un posible accidente químico, la Regencia Química de la UCR, indicó que en el Laboratorio de la Morgue y en la Escuela de Medicina, transitan aproximadamente unas 200 personas entre trabajadores y estudiantes que se encuentran llevando el curso lectivo. En relación con el CELEQ, el M.Sc. Bruno Garita indicó que en dicho laboratorio trabajan 8 personas en el laboratorio de hidrocarburos, y 27 personas más distribuidas en los otros diferentes laboratorios que se encuentran en el mismo edificio.

Se analizaron las rutas de emergencias de ambos lugares de estudio, en el caso del CELEQ, como se indicó anteriormente, la bodega de almacenamiento de productos químicos se mantiene separada del edificio principal donde se encuentran los distintos laboratorios, por lo tanto, en caso de que se genere una posible emergencia que involucre productos químicos en dicha bodega, se podría ver comprometida una de las rutas de evacuación que se han establecido en el Plan de emergencias de este centro, la cual se encuentra ubicada sobre el recorrido que lleva hacia la bodega, sin embargo, queda disponible la ruta de evacuación que se realiza por medio de la entrada principal, logrando así la evacuación segura del personal que labora en dicho centro. Es importante recalcar que en acceso a la bodega de productos químicos del CELEQ es controlado, dado esto el acceso a la misma es controlado, lo que genera que el paso de docentes y estudiantes cerca de la misma es restringida, lo cual provoca que la vulnerabilidad sea menor.

En relación con el edificio de la Escuela de Medicina, se debe recalcar que el almacenamiento de los productos químicos se realiza específicamente en Laboratorio de la Morgue, tal y como se observa en la Imagen 5, debido a que este edificio carece de una bodega en la cual se realice el almacenamiento adecuado de los mismos. Es importante recalcar que no hay separación entre el área de almacenamiento y el área de trabajo donde se realizan los procedimientos del embalsamado. Como se indicó anteriormente se presenta una cantidad de productos químicos de consideración, entre las que se destacan las sustancias

inflamables como las de mayor riesgo tal y como se obtuvo mediante las metodologías de riesgo utilizadas. En caso de que se genere un posible derrame, incendio o explosión, se pueden bloquear las rutas de evacuación ubicadas en el primer nivel, lo cual impida la evacuación segura tanto del personal que labora en esta Escuela como los estudiantes que se encuentran cursando laboratorios en los niveles superiores. Esta situación se puede generar a su vez en el Laboratorio de la Morgue, dado que este espacio solo cuenta con un único medio de egreso, lo cual provocaría que el personal que labora en este espacio quede atrapado en caso de una eventual emergencia. La cantidad de estudiantes en periodo lectivo y el personal que labora y se puede ver involucrado o expuesto es mucho mayor, lo que genera que la vulnerabilidad con relación al CELEQ sea más elevada.



Imagen 5. Almacenamiento de los productos químicos presentes en el laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina utilizados para el embalsamado de cadáveres.

Finalmente, se realizó un análisis de factores externos que pudiesen incidir en el almacenamiento de los productos químicos y generar una posible emergencia, entre los cuales se puede destacar:

En espacios como el Laboratorio de la Morgue, debido a que carece de una bodega de almacenamiento de productos químicos, en caso de que lleven a cabo procesos que involucren productos químicos inflamables como el trasvase de líquidos, se podrían generar cargas electrostáticas que al contacto con el desprendimiento de vapores inflamables generen una posible explosión o incendio. Por lo cual es importante que se cuente con un adecuado control de atmósferas inflamables y se realice la conexión a tierra de los recipientes metálicos que almacenan líquidos inflamables.

Otro escenario que podría producir un incendio o explosión, es el desprendimiento de vapores inflamables debido al mal estado de los recipientes que se almacenan en el CELEQ, debido a que durante la visita se observaron diversos productos químicos con tapas en mal estado y con oxidación en los recipientes, tal y como se puede apreciar en la Imagen 3. En caso de que se genere alguna chispa producto de las instalaciones eléctricas o las conexiones de los equipos esta podría entrar en contacto con los vapores inflamables que se desprenden de los recipientes en mal estado y generar una emergencia. Por lo cual, las instalaciones eléctricas donde se genera el almacenamiento o uso de sustancias inflamables, deben ser a prueba de explosión, para dicha clasificación se pueden tomar como bases normativas tales como la NFPA 497 y la NFPA 499, en las cuales se establecen recomendaciones para clasificar las áreas peligrosas en Clase (I, II, III), División (1 o 2) y Grupo (A, B, C, D, E, F o G), ya que algunas atmósferas químicas pueden tener características que requieren mayores precauciones. En caso de que los recipientes se encuentren bien cerrados y provea una ventilación adecuada las protecciones eléctricas se pueden obviar.

Las reacciones exotérmicas se destacan como otro factor externo que podría influenciar en la generación de una emergencia como un incendio o una explosión en un lugar donde haya presencia de líquidos inflamables, ya que este tipo de reacciones genera el desprendimiento de calor. Este tipo de procedimientos se debe evitar especialmente en el Laboratorio de la Morgue, dado que los recipientes o los procedimientos en los cuales se utilizan las sustancias inflamables podrían presentar liberación de vapores. Es por esto que se hace importante el correcto almacenamiento de los productos químicos presentes, para que no haya problemas de incompatibilidades químicas donde se den dichas reacciones.

La propia manipulación de los recipientes que almacenan sustancias inflamables podría ser un factor que puede provocar una emergencia. Por ejemplo, los recipientes metálicos al recibir golpes o roces podrían generar chispas las cuales, en contacto con los vapores inflamables podrían a su vez provocar una explosión o incendio, por lo cual es recomendable que para el almacenamiento de líquidos inflamables se utilicen recipientes de seguridad, los cuales cuenten con sistemas de auto cierre, sistemas de alivio de presión, sistemas de sujeción o asas lo cual facilite su uso o transporte de forma segura.

Cerca de la bodega de almacenamiento del CELEQ, se identificó un sistema de gas licuado de petróleo (GLP), el cual está conformado por un recipiente de 25 libras, el mismo es utilizado para análisis de puntos de inflamación de ciertos combustibles, este se encuentra al exterior a unos 20 m de distancia de la bodega. Dichas condiciones no representan un riesgo que pueda desencadenar una eventual emergencia con respecto a la ubicación de la bodega de almacenamiento de productos químicos del CELEQ, sin embargo, en caso de que se determine realizar un aumento de capacidad en el recipiente de GLP se debe realizar un análisis con el fin de determinar los riesgos que se podrían generar.

De acuerdo con la NFPA 51B (2021), el riesgo en los trabajos en caliente es mucho más alto debido a que se introduce una fuente de ignición. De acuerdo con lo anterior, lo ideal es evitar los trabajos en caliente en atmósferas donde hay

presencia de líquidos inflamables con el fin de disminuir el riesgo de generar un incendio o explosión. A pesar de que en el Laboratorio de la Morgue como en el CELEQ no hay presencia de trabajos en caliente, es de gran importancia capacitar tanto al personal que labora en el centro como al personal que se encarga de realizar mantenimientos a los edificios de la UCR.

Es importante también recalcar la cobertura de los sistemas de protección activa en cada uno de los lugares de estudio, en la UCR, la Unidad de Salud Ocupacional y Ambiental (USOA) es la instancia técnica que se encarga de gestionar la prevención y el control de riesgo de las sedes, recintos, centros de investigación y estaciones experimentales. Dicha instancia se encarga de la inspección y mantenimiento de los diferentes elementos de seguridad humana y protección contra incendios. Además, se encarga de los programas de capacitación en estos temas.

Con respecto al tema de la capacitación de los aspectos de seguridad humana y protección contra incendio, la USOA cuenta con un programa anual de cursos o capacitaciones, sin embargo, este es de forma voluntaria, ya que esta Unidad envía un cronograma con la información de las fechas en las cuáles se llevarán a cabo las capacitaciones para que los encargados de las diferentes sedes o centros de investigación involucren a los funcionarios que laboran en las mismas.

En el momento en que se realizó la visita al CELEQ, se observó solamente un extintor de polvo químico de 4,5 kg dentro de la bodega de productos químicos, tal y como se muestra en la Imagen 6, dado esto es de gran relevancia la verificación de la compatibilidad del mismo con respecto a todos los productos químicos almacenados, ya que un uso incorrecto de los extintores podría agravar la situación o emergencia que se está presentando debido a que estos pueden reaccionar con ciertos materiales.



Imagen 6. Extintor de polvo químico presente en la bodega de almacenamiento de productos químicos del CELEQ.

Una situación similar se presentó a la hora de realizar la visita en el Laboratorio de la Morgue, tal y como se observa en la Imagen 7, al momento de realizar la visita solo se encontraba instalado un extintor de agua de 9 L, este tipo de extintor solamente es aplicable a la extinción de los fuegos clase A. Es importante recalcar que se carecía de la cobertura de extintores de dióxido de carbono o de polvo químico los cuales brindarían cobertura en caso de que se produjese un fuego clase B o C.

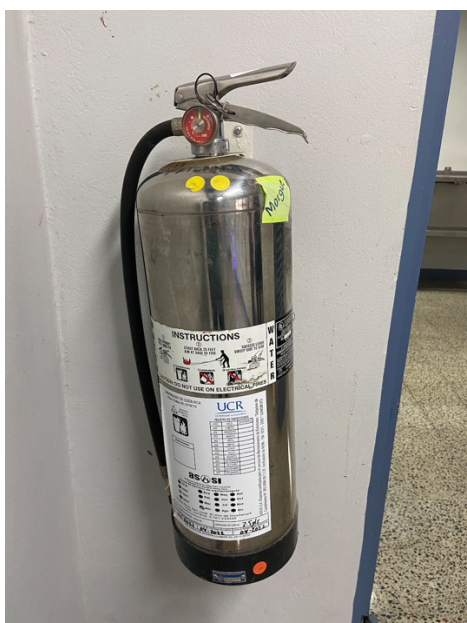


Imagen 7. Extintor de agua presente en la bodega de almacenamiento de productos químicos del CELEQ.

Con relación al sistema de detección y alarma de incendio, solo el CELEQ cuenta con un sistema de completo en todo el edificio, sin embargo, la bodega de almacenamiento de productos químicos carecía de cobertura.

4.3 Análisis del riesgo

De acuerdo con lo expuesto en el análisis de amenazas y el análisis de vulnerabilidad, y mediante la aplicación de la metodología de INRS, se determinó que, debido a la cantidad y tipo de productos almacenados en ambos lugares de estudio, el nivel de riesgo de incendio es importante, lo cual se puede incrementar por factores tanto internos y externos que pueden influenciar de forma directa en la generación de un accidente que involucre este tipo de productos.

El almacenamiento de los productos químicos en el laboratorio de la Morgue se encuentra directamente en el área donde se realiza el embalsamado de los cuerpos, debido a esto se puede provocar el desprendimiento de vapores inflamables durante su almacenamiento o cuando se llevan a cabo procedimientos en los cuales estos productos son utilizados, estos vapores pueden entrar en contacto con cargas electrostáticas, temperatura liberada de diferentes reacciones o la falla de los circuitos eléctricos, incrementando así el riesgo de que se produzca una emergencia.

En el laboratorio de la Morgue es importante recalcar que dicho espacio físico se encuentra en la parte posterior del primer nivel de la Escuela de Medicina, lo cual en caso de que se genere una posible explosión o incendio, se podría generar la afectación de los medios de egreso con los cuales cuenta este edificio, dificultando la evacuación del personal que labora en este centro, la docencia y el estudiantado, debido a que los niveles superiores descargan directamente al interior del edificio en el primer nivel.

Si bien es cierto el CELEQ a diferencia del laboratorio de la Morgue, este centro cuenta con una bodega la cual se encuentra separada del edificio, sin embargo, al momento de realizar las visitas de campo, se observaron deficiencias en el almacenamiento de los productos químicos, situación que también podría incrementar el riesgo de incendio o explosión, debido a que se encontraron recipientes con oxidación, daños en sus tapas, derrames de diversos productos, lo cual puede provocar el desprendimiento de vapores los cuales pueden entrar en contacto con cargas electrostáticas, temperatura liberada de diferentes reacciones o la falla de los circuitos eléctricos provocando una emergencia.

Es importante recalcar también que en el CELEQ no era claro si dichos productos se encontraban separados de acuerdo a las incompatibilidades que estos podrían presentar debido a la forma en la cual se encontraban almacenados, situación que podría conllevar la generación de una eventual emergencia.

Con relación a los elementos de protección activa, el día de la visita se observó que el laboratorio de la Morgue solamente contaba con extintor de agua, generando una protección limitada debido a que no se contaba con protección en caso que se generara un incendio que involucrase fuegos clase B o C, en cambio en la bodega del CELEQ solamente se contaba con un extintor de ABC, por lo cual, también es importante realizar un análisis debido a la gran cantidad de productos almacenados, con el fin de verificar si no se genera ninguna incompatibilidad química en caso de que se genere un incendio y al realizar la aplicación del extintor de polvo químico se genere una reacción lo cual agrave la emergencia o genere una lesión en la persona que realice la aplicación.

Adicionalmente, es relevante destacar que el laboratorio de la Morgue no cuenta con un sistema de detección y alarma de incendios, el cual detecte de forma temprana la ocurrencia de un incendio con el fin de tomar acciones de forma oportuna para la extinción del mismo. En cambio, en el CELEQ, en el edificio donde se ubica la parte administrativa y los diferentes laboratorios, si se cuenta con

cobertura de este sistema, sin embargo, en la bodega se carece de la cobertura completa de este sistema, lo cual también dificultaría la detección temprana de un posible incendio.

En el CELEQ se utiliza un sistema de gas licuado de petróleo (GLP), el cual se encuentra aproximadamente a 20 m de la bodega, si bien este sistema se encuentra en cumplimiento con respecto a las distancias establecidas en la norma NFPA 58 Código de Gas Licuado de Petróleo con respecto a la bodega, es importante recalcar que en caso de que se requiera un aumento en la capacidad del recipiente de GLP, se realice una verificación de las distancias permitidas en la normativa que se encuentre vigente.

A pesar de que la regencia química cuenta con lineamientos de seguridad en temas de productos químicos, este trabajo pretende desarrollar un plan piloto en el tema de la prevención de los accidentes químicos en la UCR, con el fin de implementar estrategias que permitan la disminución de un riesgo de accidente, todo esto mediante la elaboración de una guía para la Prevención, Preparación y Respuesta a Accidentes Químicos.

Con base en lo planteado anteriormente, a continuación, se presentan las guías de prevención, preparación y respuesta tomando en consideración los resultados obtenidos en cuanto a los productos químicos que presentan un mayor riesgo en caso de presentarse una eventual emergencia tanto para el CELEQ como para el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina.

Guía de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ)

1) Introducción

El manejo y almacenamiento de productos químicos son actividades inherentes a diversas áreas de investigación, docencia y servicios que se desarrollan en el CELEQ. Sin embargo, la presencia de estas sustancias también implica riesgos potenciales en caso de derrames, fugas o cualquier incidente que ponga en peligro la seguridad de las personas y el entorno.

Este plan busca promover una cultura de seguridad química, brindando las herramientas necesarias para la identificación de riesgos, la implementación de medidas preventivas y la adecuada respuesta ante un accidente químico. Además, con la aplicación de este se establecerán protocolos de comunicación, coordinación y cooperación con las autoridades competentes, así como la capacitación del personal involucrado en el manejo de productos químicos.

El CELEQ se compromete a mantener un ambiente seguro y saludable para su comunidad universitaria y a cumplir con las normativas vigentes en materia de seguridad química. Este Plan de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos será una herramienta fundamental para minimizar los riesgos, proteger a las personas y preservar el medio ambiente en todas las actividades relacionadas con productos químicos en la universidad.

2) Justificación

Dado que el CELEQ cuenta con áreas de almacenamiento, manipulación y desecho de productos químicos, es importante la definición e implementación de un plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos, en el cual se

establezcan las directrices, lineamientos y orientaciones necesarias para la gestión del riesgo químico institucional.

3) Alcance

El ámbito de análisis de este Plan es aplicable al Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica. Es importante que, en caso de que se detecten nuevos riesgos que no fueron identificados en este documento, se actualice su contenido.

4) Política de seguridad

El Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) de la Universidad de Costa Rica, ha establecido dentro de sus actividades la implementación de un Plan de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos, con el fin de proteger tanto a los estudiantes como a los docentes de los peligros identificados, por medio de estrategias que permitan la disminución de los riesgos que puedan generar una eventual emergencia.

5) Objetivos del Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos

Objetivo General

Establecer un plan de gestión integral de la seguridad química con el fin de minimizar los accidentes químicos que se pueden generar en todas las etapas del manejo de los productos químicos en las instalaciones del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) de la Sede Rodrigo de la Universidad de Costa Rica.

Objetivos Específicos

1. Realizar y mantener actualizado un inventario de productos químicos peligrosos, identificando los riesgos asociados y estableciendo las medidas de control adecuadas.
2. Implementar los lineamientos y procedimientos establecidos relacionados con medidas de seguridad y control para prevenir fugas, derrames y liberaciones accidentales de productos químicos para garantizar una respuesta rápida y efectiva en caso de un accidente.
3. Capacitar al personal que se encuentre involucrado en el manejo de productos químicos sobre los procesos de seguridad, medidas de prevención y acciones de respuesta ante un accidente químico.
4. Establecer un plan de comunicación y notificación de emergencias químicas que incluya al personal que labora en la institución, a la comunidad estudiantil y a las autoridades competentes.
5. Evaluar continuamente el Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos mediante ejercicios de simulación, revisiones periódicas y retroalimentación del personal involucrado.
6. Fortalecer una cultura de seguridad química por medio del cumplimiento de los procedimientos, la participación de todo el personal y las buenas prácticas en el manejo de productos químicos.

6) Información general de la entidad y geo-referenciación

El Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ), se encuentra ubicado al costado este del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares (CICANUM) y al costado sur del Instituto de Investigaciones en Educación (INIE) tal y como se observa en la Imagen 8. Este edificio cuenta con 2 niveles los cuales están divididos en diversas aulas y laboratorios. El centro se dedica a la investigación en las áreas de la electroquímica y de la energía química, su producción, almacenamiento, transformación y

aplicación, también se realizan actividades de docencia y acción social relacionadas con la investigación y desarrollo. En la Imagen 9 se observa la ubicación de la bodega la cual se analizó en este este proyecto.



Imagen 8. Ubicación del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ).
Imagen tomada de Google Earth.



Imagen 9. Ubicación de la bodega del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ).

7) Diagnóstico

La bodega del CELEQ se encuentra totalmente separada del resto del edificio, con acceso limitado solamente al personal que labora en este Centro. En la bodega se almacenan un aproximado de 1055 productos químicos, de los cuales de acuerdo con el análisis de riesgo se destacaron éter etílico, etanol al 95%, y tetrahidrofurano, las cuales son los que presentan un volumen y peligrosidad mayor. En dicha bodega, los productos químicos se encuentran en estantes tal y como se observa en la Imagen 10, se trata de mantener un orden de acuerdo con la similitud de las características químicas, sin embargo, algunos envases se encuentran deteriorados con daños en sus tapas y oxidación en los recipientes que los contienen, como se muestra en las imágenes 10, 11 y 12, lo que genera que su almacenamiento no sea el adecuado. Adicionalmente, se almacenan diversas sustancias inflamables, en proporciones considerables, con recipientes que no se encuentran aterrizados. La bodega carece de un tanque para la recolección de derrames.



Imagen 10. Almacenamiento de los productos químicos en la bodega del CELEQ.



Imagen 11. Deterioro de etiquetas y envases de los productos químicos almacenadas en la bodega del CELEQ



Imagen 12. Corrosión en los envases en los que se encuentran almacenados los productos químicos de la bodega del CELEQ

8) Análisis de riesgo

Para la elaboración del Plan de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos de este laboratorio, se aplicó el método simplificado de

evaluación de riesgo químico para incendios y explosiones, para esto se realizó un inventario del tipo y la cantidad de sustancias que son utilizadas recurrentemente por el personal y estudiantes en las diversas actividades que se realizan en este y se obtuvieron un total de 1055 productos químicos, las cuales se evaluaron como se muestra en el Cuadro 14, obteniendo una puntuación de 3240, siendo está considerada como un riesgo de incendio “importante”. Cabe mencionar que entre las sustancias que presentaron una mayor puntuación son el éter etílico, el etanol al 95%, y el tetrahidrofurano. Basado en este resultado se tomarán las consideraciones necesarias para la elaboración de este Plan, priorizando las características y riesgos que podrían generar las sustancias indicadas anteriormente.

9) Estructura organizacional para la atención de emergencias

Una estructura organizacional para la atención de emergencias que involucren productos químicos conlleva la participación de los siguientes actores:

- a) **Programa de Gestión del Riesgo y Reducción de Desastres:** Este Programa conformado por representantes de diferentes áreas y facultades relevantes de la universidad, es responsable de la conformación, organización y capacitación de los Comités de Gestión del Riesgo y Atención de Emergencias. Desarrolla una cultura de gestión del riesgo en materia de reducción de desastres con el fin de minimizar la vulnerabilidad ante eventos diversos que podrían generar situaciones de emergencia. coordinación y supervisión general del plan. Establece las políticas y directrices, coordina los esfuerzos de preparación y respuesta, y realiza revisiones y actualizaciones periódicas del plan.

- b) **Coordinador de Seguridad Química:** El Regente Químico es la persona designada para liderar y supervisar todas las actividades relacionadas con la seguridad química en la universidad. Se encarga de realizar evaluaciones de

riesgos, mantener los registros y comunicarse con las autoridades externas, si es necesario.

- c) **Equipos de Respuesta a Emergencias Químicas:** Son equipos que están compuestos por miembros del personal del laboratorio y del Programa de Gestión del Riesgo y Reducción de Desastres, los cuales se encuentran capacitados en respuesta a emergencias. Dichos equipos se pueden dividir en brigadas de primeros auxilios, control de derrames, evacuación, comunicación, y gestión de materiales peligrosos. Cada equipo tiene responsabilidades específicas y se coordina con los demás equipos y con las autoridades externas en caso de emergencia.

- d) **Personal de Laboratorio y Áreas de Trabajo:** Contempla el personal que trabaja con productos químicos en el laboratorio, este debe recibir capacitación específica sobre seguridad química y su rol en la prevención y respuesta a emergencias. Se les debe asignar responsabilidades claras, como la identificación y reporte de situaciones de riesgo, el uso adecuado de equipos de protección personal, la participación en simulacros, simulaciones y prácticas de respuesta.

- e) **Apoyo Administrativo y Logístico:** Por medio de este equipo se brinda apoyo administrativo y logístico a los planes de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos, incluyendo la asignación de recursos financieros, adquisición y mantenimiento de equipos de seguridad, registro y archivo de documentación, y comunicación interna y externa.

10) Plan de evacuación

Con respecto al plan de evacuación del CELEQ, para su elaboración se debe tomar en cuenta todo lo establecido por el Programa de Gestión del Riesgo y Reducción de Desastres, en la página Web de este programa

(https://vra.ucr.ac.cr/cat_nuestro_trabajo/pgrrd/) se encuentra un documento guía que explica la forma en la que se encuentra configurado el plan de emergencias, en el cual se encuentra el plan de evacuación.

11) Programa de capacitación

El desarrollo de una cultura de prevención facilita que la población docente y estudiantil desarrolle habilidades que permita la rápida actuación en caso de que se presente una emergencia que involucre productos químicos. La capacitación es un proceso que debe promover la mejora continua de todos los procesos que se llevan a cabo en el laboratorio, con el fin de disminuir los riesgos que puedan verse asociados a estos. En dicho programa es de gran importancia incluir al personal que labora en el laboratorio, docentes y a los estudiantes que cursan diversos cursos. A continuación, se destacan algunos temas que deben incluirse en el programa de capacitación:

- a) Generación de inventarios de productos químicos:** Esta es una herramienta que facilita el reconocimiento de los riesgos que se encuentran asociados a los productos químicos y permite tomar en cuenta acciones para prevenir y actuar ante un accidente químico, ya que con este tipo de herramientas se realiza una priorización inicial para enfocar la gestión de riesgo en los productos cuya peligrosidad es considerada como elevada. Dicho inventario de productos químicos puede estar directamente vinculado a una base de fichas de datos de seguridad (FDS) las cuales brindan información específica en cuanto al almacenamiento, compatibilidad, etiquetado, manipulación y respuesta de emergencia adecuada.

- b) Almacenamiento adecuado de los productos químicos:** Es importante establecer las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento en cuanto al diseño, construcción, y distancias de seguridad basado en la peligrosidad de los productos químicos. Un aspecto esencial es garantizar que

no se están almacenando conjuntamente productos químicos incompatibles, adicionalmente, se deben tomar en cuenta las condiciones del ambiente como el calor, fuentes de ignición, luz y humedad, las cuales pueden incidir en la generación de un accidente químico.

- c) Identificación y evaluación de riesgos químicos:** Por medio de este tema, se debe capacitar al personal en la identificación de productos químicos peligrosos y evaluación de los riesgos asociados a los mismos. Se debe aplicar en los diferentes entornos de la UCR, como laboratorios, instalaciones de almacenamiento, entre otros.

- d) Procedimientos de seguridad:** Es importante capacitar al personal que labora en el Centro, docentes y comunidad estudiantil sobre las prácticas de seguridad necesarias al trabajar con productos químicos, incluyendo el uso adecuado de equipos de protección personal, manipulación segura de productos químicos y almacenamiento adecuado.

- e) Plan de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos:** El Plan debe presentarse y ser discutido con todas las personas que se ven involucradas en la puesta en marcha y cumplimiento. En este se incluyen acciones específicas a seguir en caso de un incidente químico, procedimientos para notificar a las autoridades competentes y pasos para realizar la evacuación del área afectada de manera segura.

- f) Entrenamiento en atención de emergencias:** Se debe brindar capacitación básica a las personas que se ven involucradas en la puesta en marcha y cumplimiento de los planes de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos en temas como primeros auxilios, combate de incendios, control y atención de derrames o fugas de productos químicos, con el fin de que estas personas logren responder y brindar asistencia inicial en caso de exposición a productos químicos o lesiones asociadas a un accidente químico.

12) Entidades de apoyo y socorro en la atención de emergencias

De acuerdo con el “Protocolo para la coordinación de operativos con cuerpos de socorro de la UCR” para la atención de las diversas emergencias, incluyendo las emergencias químicas fuera de control y el “Procedimiento y Protocolo Interinstitucional para la Atención de Emergencias Tecnológicas en Tierra” de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), se establece el Protocolo de coordinación interinstitucional para la respuesta ante emergencias tecnológicas o accidentes químicos en la que se establecen las acciones que deben realizar cada una de las entidades de apoyo que llegan como primera respuesta a una emergencia que involucra productos químicos tales como escapes, derrames, incendios, explosiones e intoxicaciones, entre estas instituciones y sus funciones principales se encuentran:

Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (BCBCR)

Funciones:

- La atención de este tipo de emergencias es competencia propia de esta institución.
- Establece el puesto de mando.
- Se encarga de la atención de la emergencia, estableciendo el tipo de incidente y el nivel de emergencia.
- Dependiendo del tipo de emergencia se coordina una unidad especializada en la atención de Emergencias con Materiales Peligrosos.
- Definen las Distancias de Aislamiento Inicial y Acción Protectora
- Coordina las acciones de respuesta con la brigada de emergencia de la UCR, tomando en cuenta el plan interno de emergencias.

Cruz Roja Costarricense

Funciones:

- Envía la cantidad de unidades necesarias a la escena en concordancia con el tipo de incidente y la cantidad de pacientes afectados.
- Coordina las acciones de atención de pacientes con el personal de la brigada de emergencia de la UCR, tomando en cuenta el plan interno de emergencias.
- Determina la cantidad de víctimas y lesionados.
- Desarrolla el proceso de descontaminación de pacientes.
- Traslado de los pacientes afectados a los centros hospitalarios.

Ministerio de Salud

Funciones:

- Da seguimiento a la situación.
- Brinda la información técnica que las instituciones le soliciten.
- Si lo considera necesario envía personal de la división de saneamiento ambiental.
- Asesora jurídicamente a las instituciones en cuanto al manejo de la sustancia tóxica o peligrosa.
- Fiscaliza las acciones en cuanto a la manipulación y tratamiento de las sustancias tóxicas o peligrosas.
- Desarrolla la investigación del evento y sobre la situación legal de la empresa responsable.

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE)

Funciones:

- Recibe la información sobre el accidente y lo comunica a las instituciones involucradas en el proceso de atención.
- Da seguimiento a la situación.
- Informa al coordinador del sector emergencias tecnológicas. Se evalúa el riesgo para la población aledaña al punto del accidente, en función del resultado se toman las acciones.
- Alerta al Comité Local de Emergencia correspondiente.

Seguridad pública

Funciones:

- Desplaza unidad y oficiales a la escena de emergencia.
- Colabora con las instituciones de primera respuesta en la implementación y Coordina acciones con el personal de seguridad de la instalación donde ocurre el accidente.

Policía de tránsito

Funciones:

- Desplaza las unidades necesarias para regular el tráfico vehicular en la zona.
- Controla el flujo vehicular en la zona y mantiene vías de ingreso y salida de vehículos de emergencia a la escena de emergencia.
- conservación de los perimetrajes.

Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS)

Funciones:

- Se mantiene informado y da seguimiento a la situación.
- Informa a los hospitales cercanos sobre la ocurrencia del accidente.
- Alerta y activa al personal médico de la zona.
- Activa el protocolo en los hospitales aledaños a la zona del accidente.
- Suministra a la CNE, la información sobre la capacidad de los hospitales para manejar pacientes expuestos a sustancias tóxicas o peligrosas.
- Desplaza personal médico y paramédico a la escena de emergencia, determina las acciones a seguir para la atención médica de los lesionados.

Organismo de Investigación Judicial (OIJ)

Funciones:

- Actúa según solicitud del puesto de mando.
- Envía personal técnico a la escena para el proceso de investigación.
- Coordina con el puesto de mando las acciones de aseguramiento de la escena y el proceso de investigación.
- Coordina con la medicatura forense el tema de los fallecidos.

Responsable de la energía eléctrica

Funciones:

- Mantiene un seguimiento de la situación de emergencia.
- Actúa según solicitud de las instituciones operativas.
- Envía personal técnico a la escena de emergencia cuando sea requerido por el puesto de mando.

Acueductos y Alcantarillados (AyA)

Funciones:

- Mantiene un seguimiento de la situación de emergencia.
- Actúa según solicitud de las instituciones operativas.
- Gestiona el suministro permanente de agua en la zona de emergencia.
- Determina la posibilidad de contaminación en sistemas de acueducto o mantos acuíferos.

Universidad de Costa Rica (UCR)

Funciones:

- Activa cada uno de los planes de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos para el manejo de materiales peligrosos.
- Controla la situación hasta tanto el cuerpo de bomberos y las otras instituciones se apersonen a la escena.
- Colabora con las instituciones para el manejo óptimo de la emergencia brindado consultoría técnica.
- El regente químico de la universidad:
 - Define los métodos del control de la situación en función de las características del producto,
 - Se desplaza a la escena, donde se responsabiliza por el material u objeto peligroso involucrado, colaborando con los recursos necesarios para el control efectivo de los peligros.
 - Aporta los equipos y materiales para atender la emergencia.
 - Pone a la orden del puesto de mando las brigadas con personal para el manejo de la emergencia.

13) Simulaciones

Con base en lo indicado en el documento denominado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010), se indica que las simulaciones son ejercicios de escritorio donde se simula una emergencia, durante la cual los participantes deben tomar decisiones con base en sus capacidades de acuerdo con la información que se les va brindado dentro del desarrollo del evento con el fin de resolver el incidente. Los hechos deben ir ocurriendo en un tiempo simulado (horas, días, semanas). Los eventos deben ser realistas y los participantes deben dar respuestas que también se encuentren apegadas con la realidad, todas estas basadas en procedimientos y recursos existentes.

Mediante la resolución de las situaciones que se van desarrollando en la simulación, se puede realizar la identificación de las reacciones y la evaluación de las respuestas de los participantes al resolver el escenario. Todo esto sirve como lecciones aprendidas con el fin de ajustar y mejorar el Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos.

En el Anexo 1 del presente Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos, y de acuerdo a la información brindada en la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010) se pueden tomar como base los Cuadros 1, 2, 3 y 4, con los cuales se pueden desarrollar todas las acciones que conllevan la planificación y evaluación de una simulación.

14) Simulacros

De acuerdo con la OPS (2010), los simulacros son ejercicios prácticos donde se llevan a cabo acciones operativas en los cuales se escenifica una situación de emergencia, los participantes deben poner a prueba las habilidades y técnicas que

se utilizarían en un caso real. Cuando se llevan a cabo los simulacros, se deben evaluar procedimientos, herramientas, habilidades, destrezas y capacidades tanto de forma individual como institucional, con el fin de generar una respuesta eficaz ante posibles situaciones reales de emergencia o desastre.

Los simulacros se deben realizar con distintos niveles de gravedad. Es importante que involucre a todo el personal del edificio, incluyendo a las personas que se encuentran de visita. Antes de realizar un simulacro, es de relevancia realizar sesiones informativas de los procedimientos de actuación en caso de un incidente con productos químicos, con todas las personas que tienen un rol en el edificio como profesores, laboratoristas, estudiantes, personal de seguridad (García,1999).

Durante los simulacros se debe tomar nota de los detalles mejorables, anomalías y se deben cronometrar los tiempos de evacuación. Posteriormente, se deben realizar reuniones con el personal involucrado con el fin de proporcionar una retroalimentación de lo acontecido resaltando las incidencias más notables. Finalmente, se deben realizar las correcciones oportunas al Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos.

De forma paulatina, se debe ir aumentando la dificultad de los simulacros, y se deben realizar como mínimo 1 o 2 al año. Es importante que en algún momento y dependiendo del nivel que se ha alcanzado, se realice un simulacro con ayuda exterior, involucrando los cuerpos de primera respuesta a este tipo de incidentes.

En el edificio donde se manipulen o almacenen productos químicos, se pueden realizar tres tipos de simulacros diferentes, entre los cuales se pueden destacar el escape de una sustancia química, un incendio o una explosión.

En el Anexo 2, y de acuerdo a la información brindada en la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010) se pueden tomar como base los Cuadros 5, 6, 7 y 8, con los cuales se pueden

desarrollar todas las acciones que conllevan la planificación y evaluación de un simulacro.

15) Plan de divulgación

Es responsabilidad del CELEQ la divulgación de los riesgos a los cuales puede verse expuesto el personal y la comunidad estudiantil en caso de que se genere una eventual emergencia que involucre productos químicos. Con este se pretende socializar recomendaciones básicas que se deben de llevar a cabo, tanto para disminuir el riesgo de accidentes cuando el personal se encuentre laborando o los estudiantes desarrollando algún curso como para tomar las acciones en caso de que se presente una eventual emergencia. Entre el público objetivo se destaca:

- Estudiantes de todos los niveles académicos.
- Personal docente y administrativo de la UCR.
- Investigadores y personal involucrado en el manejo de productos químicos.
- Personal administrativo y seguridad de la UCR.

Entre las estrategias que se pueden desarrollar para la divulgación de los planes de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos, se enlistan:

Creación de materiales informativos:

- Elaboración de folletos, carteles y pancartas que destaquen los puntos clave del plan de prevención y respuesta de accidentes químicos.
- Diseño de infografías y gráficos visuales para explicar de manera clara y concisa los procedimientos y medidas de seguridad que se deben de seguir para la reducción de los riesgos.
- Desarrollo de presentaciones digitales o videos explicativos que puedan ser compartidos en plataformas en línea y redes sociales.

Talleres y capacitaciones

- Organización de talleres presenciales y en línea para brindar información detallada sobre el plan de prevención y respuesta de accidentes químicos.
- Invitación de expertos en seguridad química y gestión de emergencias para impartir charlas y conferencias a la comunidad universitaria.
- Realización de simulacros de accidentes químicos para que los participantes practiquen los protocolos de respuesta en situaciones reales.

Campañas de sensibilización

- Lanzamiento de una campaña en redes sociales para difundir mensajes educativos, consejos de seguridad y recordatorios sobre la importancia de la prevención de accidentes químicos.
- Organización de eventos especiales, como ferias o stands informativos, donde se pueda interactuar directamente con los miembros de la comunidad universitaria y responder a sus preguntas o inquietudes.

Canales de comunicación

- Elaboración de un espacio en el Sitio web de la UCR, el cual se encuentre dedicado a la seguridad química, y se puedan encontrar recursos, documentos o enlaces que sean útiles y se encuentren relacionados con los planes de prevención y respuesta a accidentes que involucren productos químicos.
- Crear un buzón de sugerencias en línea donde tanto el personal que labora en la institución como la comunidad estudiantil pueda reportar cualquier preocupación o incidente relacionado a la seguridad química.
- Utilización de los medios de comunicación internos de la UCR, como boletines electrónicos, tableros de anuncios y publicaciones para difundir regularmente información actualizada sobre el plan.

Evaluación y seguimiento

Es importante que se lleve a cabo una evaluación periódica de la efectividad de las estrategias de divulgación implementadas. Se recopilarán comentarios y

retroalimentación de la comunidad universitaria para realizar ajustes y mejoras continuas en la divulgación del Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos.

16) Evaluación, revisión y actualización

- El Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos deberá ser evaluado, revisado y actualizado como mínimo 1 vez al año, se hayan o no presentado emergencias. Siguiendo los lineamientos que desarrolla la Unidad de Regencia Química Institucional y con el apoyo de las inspecciones que realiza dicha instancia. Los lineamientos se encuentran disponibles en la página <http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/>
- Si se presenta una emergencia, es importante realizar los ajustes necesarios que se presentaron al atender la situación, e incorporar todas las acciones de mejora pertinentes.
- Una vez actualizado este documento, es importante que las personas responsables den a conocer los ajustes o cambios que se realicen ante todo el Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ).
- En el caso que se produzca un accidente es importante que el centro de investigación haga el respectivo reporte a la Unidad de Regencia Química, mediante los procedimientos institucionales establecidos, para que esta realice la investigación respectiva.

17) Referencias

- Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2010) Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres. Disponible en: https://www.paho.org/disasters/dmdocuments/ER_Simulaciones.pdf
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) (Sin fecha) Procedimiento y Protocolo Interinstitucional para la Atención de Emergencias Tecnológicas en Tierra. Disponible en:

https://www.google.com/search?q=apa+sin+fecha+referencia+ejemplo&rlz=1C5CHFA_enCR919CR919&ei=8M97ZJX2FcKRwbkP4c2uqAk&ved=0ahUKEwiVrpXNo6j_AhXCSDABHeGmC5UQ4dUDCA8&uact=5&oq=apa+sin+fecha+referencia+ejemplo&gs_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcnAQA0oECEEYAFAAWABgAGgAcAB4AIABAlqBAJIBAJgBAA&sclient=gws-wiz-serp

- García, J. (1999) Plan de emergencia contra derrames y fugas de productos químicos peligrosos MAPFRE SEGURIDAD. N° 7. Disponible en: [https://www.ecosmep.com/ADR/PartesAccidentes/Plan de emergencias contra derrames y fugas de productos quimicos peligrosos.pdf](https://www.ecosmep.com/ADR/PartesAccidentes/Plan_de_emergencias_contra_derrames_y_fugas_de_productos_quimicos_peligrosos.pdf)
- Universidad de Costa Rica (UCR) (2011) Protocolo para la coordinación de operativos con cuerpos de socorro. Disponible en: <https://vra.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/06/Protocolo-para-la-coordinacio%CC%81n-de-operativos-con-cuerpos-de-socorro-1.pdf>

Anexos

Anexo 1. Cuadros de referencia para realizar una simulación

Cuadro 1. Ficha técnica para ejercicios de simulación

Tipo y nombre del ejercicio			
Instituciones involucradas			
Lugar		Fecha	
Responsable		Hora	

Aspectos	Descripción
Aspectos Generales	
Propósito	
Objetivos específicos	
Descripción del evento	
Fecha de la simulación	
Hora de la simulación (hora de inicio y culminación)	
Lugar de la simulación	
Recursos requeridos	
Recursos humanos	
Medios para la transmisión de mensajes	
Espacio y materiales	
Elementos de distracción y presión	

Recursos geográficos	
Otros recursos	
Presupuesto	
Documentos/formatos	
OBSERVACIONES:	

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 2. Cronograma para la preparación de simulaciones

Tipo y nombre del ejercicio												
Instituciones involucradas												
Lugar							Fecha					
Responsable							Hora					
Actividad	Responsable	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9		
Definición de parámetros generales												
Elaboración de presupuesto												
Coordinación interinstitucional												
Elaboración del guión y elementos relacionados												
Determinación de necesidades logísticas												

Selección de evaluadores										
Elaboración de instrumentos de evaluación										
Realización del ejercicio										
Evaluación de la organización del ejercicio										
Entrega de la sistematización del ejercicio										
Entrega de informes										
OBSERVACIONES:										

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 3. Tarjetas para mensajes en ejercicios de simulación

Número de mensaje			
Emitido por			
Dirigido a			
Lugar		Fecha	
Responsable		Hora	

MENSAJE

INCLUIR ACCIONES TOMADAS:

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 4. Formulario de evaluación para la simulación

Nombre del ejercicio					
Propósito					
Objetivos específicos					
Instituciones involucradas					
Aspectos Metodológicos					
Lugar			Fecha		
Evaluador (a)			Hora		
Ponderación	1= Deficiente (no existe el proceso,	2= Regular (se identifica elementos del proceso, pero con	3= Bueno (se identifica el proceso en su totalidad, pero	4= Muy bueno (se observa el proceso completo)	5= Excelente (se crean elementos adicionales y complementarios

	graves problemas)	deficiencias y vacíos)	se observan vacíos)		a las pautas establecidas)
Aspectos por evaluar	Calificación 1-5	Comentarios generales / observaciones			
Organización					
Establecimiento de responsabilidades					
Funcionamiento como equipo					
Distribución de roles de acuerdo con las funciones establecidas					
Manejo de la información					
Captura o recolección de datos (tiempo de captura y transmisión)					
Verificación y clasificación de datos					
Procesamiento de la información					
Actualización de la información					
Manejo de herramientas de gestión					
Uso y aplicación de planos, gráficos, entre otros					
Uso y aplicación de tablas, guías o listas de recursos					
Uso y aplicación de herramientas de captura, procesamiento y actualización de datos					
Uso y aplicación de los procedimientos establecidos en el plan de emergencia institucional					
Elaboración del informe de situación (inicial, intermedio y final)					
Toma de decisiones					

Identificación de problemas		
Establecimiento de prioridades		
Elección de cursos de acción para la respuesta operativa		
Canalización e implementación de las decisiones tomadas		
Canalización y manejo integral de la situación		
Cumplimiento de los protocolos y procedimientos establecidos		
Coordinación interinstitucional y en escena		
Equilibrio en los resultados obtenidos en los cuatro puntos anteriores		
Coherencia entre la situación y las acciones tomadas		
OBSERVACIONES:		

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Anexo 2. Cuadros de referencia para realizar un simulacro

Cuadro 5. Ficha técnica para simulacros

Tipo y nombre del ejercicio			
Instituciones involucradas			
Lugar		Fecha	
Responsable		Hora	

Aspectos	Descripción
Aspectos Generales	
Propósito	
Objetivos específicos	
Modalidad de simulacro	
Instituciones participantes	
Descripción del lugar o lugares donde se va a realizar	
Descripción breve y detallada de la situación incluyendo los eventos que se simularán y su ubicación gráfica	
Alarma de inicio del ejercicio	
Señal de finalización	
Alarma de emergencia real	
Ubicación del centro de control del ejercicio	

Ubicación del punto de encuentro para los participantes	
Ubicación del puesto de salud del simulacro	
Distribución y número de víctimas, según las categorías del triage y daños	
Tipo de cantidad de otros personajes simulados	
Plan médico y de seguridad de los participantes	
Recursos humanos	
Escenografía	
Equipos para control de incendios	
Equipos de búsqueda y rescate	
Equipos de primeros auxilios	
Equipos de comunicación y frecuencias a utilizar	
Elementos para asegurar áreas	
Equipos de comunicaciones internas y externas	
Presupuesto	
Otros recursos	

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 6. Verificación de condiciones necesarias para preparar un simulacro

Aspectos por verificar	<input checked="" type="checkbox"/>
Existencia y funcionamiento regular de una instancia responsable de la preparación y respuesta ante emergencias y desastres	<input type="checkbox"/>
Existencia de un plan de respuesta ante emergencias y desastres	<input type="checkbox"/>

Existencia y aplicación de mecanismos de difusión del plan de respuesta ante emergencias y desastres	<input type="checkbox"/>
Existencia de un inventario actualizado de recursos humanos y materiales	<input type="checkbox"/>
Existencia de protocolos y procedimientos de acuerdo a responsabilidades de los actores	<input type="checkbox"/>
Existencia de una evaluación reciente de las amenazas y vulnerabilidad que permitan definir las condiciones de riesgo del sistema que se pretende poner a prueba a través del ejercicio	<input type="checkbox"/>
Existencia de un adecuado nivel de coordinación con las instituciones relacionadas con la atención de emergencias y desastres, de acuerdo con sus roles y responsabilidades en el proceso de respuesta	<input type="checkbox"/>
Resultados de simulacros previos, con el fin de detectar áreas críticas y dificultades	<input type="checkbox"/>
Observaciones:	

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 7. Cronograma para la preparación de simulacros

Tipo y nombre del ejercicio												
Instituciones involucradas												
Lugar							Fecha					
Responsable							Hora					
Actividad	Responsable	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9		
Recopilar la información previa requerida												
Definir los objetivos del simulacro												
Diseñar el ejercicio en función de los objetivos y el alcance												
Determinar los parámetros a evaluar en función al propósito, objetivos y el alcance del simulacro												
Definir los participantes y asignarles las funciones específicas												
Redactar el guión del ejercicio y definir la escenografía												
Definir la metodología e instrumentos de evaluación												
Identificar el sitio para la construcción o desarrollo de la escenografía. Visitas de campo												
Identificación de necesidades administrativas y logísticas y búsquedas de recursos												
Construcción de la escenografía y preparación de área de trabajo												
Verificación de avance de los preparativos												
Desarrollo del plan de emergencia para el simulacro												
Redacción del documento del ejercicio												
Difusión y publicidad sobre el ejercicio												

Preparación de simuladores y otras personas que colaboran										
Verificación general de los preparativos										
Ejecución del simulacro										
Evaluación de desempeño de los participantes										
Evaluación de la organización general del simulacro										
Entrega de informe final del ejercicio										

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 8. Formulario de evaluación para el simulacro

Nombre del ejercicio					
Propósito					
Objetivos específicos					
Instituciones involucradas					
Lugar			Fecha		
Evaluador (a)			Hora		
Ponderación	1= Deficiente (no existe el proceso, graves problemas)	2= Regular (se identifica elementos del proceso, pero con deficiencias y vacíos)	3= Bueno (se identifica el proceso en su totalidad, pero se observan vacíos)	4= Muy bueno (se observa el proceso completo)	5= Excelente (se crean elementos adicionales y complementarios a las pautas establecidas)
Aspectos por evaluar	Calificación 1-5	Comentarios generales / observaciones			
Respuesta al evento					

Búsqueda y rescate		
Extinción de incendios		
Primeros auxilios		
Atención a víctimas en masa		
Tiempo de respuesta		
Entre el evento y la alarma		
Entre la alarma y llegada		
Entre llegada e inicio de operaciones		
Inicio de operaciones y fin de operaciones		
Organización de la respuesta		
Liderazgo		
Coordinación interna		
Coordinación externa		
Distribución de responsabilidades		
Funcionamiento como equipo		
Disciplina		
Desarrollo de las operaciones		
Aplicación de los planes, protocolos y procedimientos existentes		
Medidas de seguridad		
Técnica de intervención aplicada		
Establecimiento de prioridades		
Solución de imprevistos		
Uso adecuado de equipos, insumos y herramientas		

Componente hospitalario		
Preparación del servicio de emergencia		
Sistema de triage hospitalario		
Estabilización de pacientes		
Atención quirúrgica y médica de los lesionados		
Servicios de apoyo a la atención como diagnóstico y terapia		
Comunicación y coordinación interna y externa		
Coordinación y activación del plan de emergencia		
Disponibilidad y difusión de tarjetas de acción		
Personal disponible y con conocimiento de sus tareas		
Disponibilidad de suministros		
Administración de los recursos		
Transporte		
Personal		
Finanzas		
Instalaciones		
Otros		
Cierre de operaciones		
Evaluación del control de la situación		
Aplicación de protocolo de cierre de operaciones		
Desactivación de alerta o indicación de escena controlada		

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Guía de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos del Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo Facio

1) Introducción

El manejo y almacenamiento de productos químicos son actividades inherentes a diversas áreas de investigación, docencia y servicios que se desarrollan en el Laboratorio de la Morgue. Sin embargo, la presencia de estas sustancias también implica riesgos potenciales en caso de derrames, fugas o cualquier incidente que ponga en peligro la seguridad de las personas y el entorno.

Este plan busca promover una cultura de seguridad química, brindando las herramientas necesarias para la identificación de riesgos, la implementación de medidas preventivas y la adecuada respuesta ante un accidente químico. Además, con la aplicación de este se establecerán protocolos de comunicación, coordinación y cooperación con las autoridades competentes, así como la capacitación del personal involucrado en el manejo de productos químicos.

El Laboratorio de la Morgue se compromete a mantener un ambiente seguro y saludable para su comunidad universitaria y a cumplir con las normativas vigentes en materia de seguridad química. Este Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos será una herramienta fundamental para minimizar los riesgos, proteger a las personas y preservar el medio ambiente en todas las actividades relacionadas con productos químicos en la universidad.

2) Justificación

Dado que el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo cuenta con áreas de almacenamiento, manipulación y desecho de productos químicos, es importante la definición e implementación de un plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos, en el cual se establezcan las

directrices, lineamientos y orientaciones necesarias para la gestión del riesgo químico institucional.

3) Alcance

El ámbito de análisis de este Plan es aplicable al Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo de la Universidad de Costa Rica. Es importante que en caso de que se detecten nuevos riesgos que no fueron identificados en este documento, se actualice su contenido.

4) Política de seguridad

El Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina, ha establecido dentro de sus actividades la implementación de un Plan de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos, con el fin de proteger tanto a los estudiantes como a los docentes de los peligros identificados por medio de estrategias que permitan la disminución de los riesgos que puedan generar una eventual emergencia.

5) Objetivos del Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos

Objetivo General

Establecer un plan de gestión integral de la seguridad química con el fin de minimizar los accidentes químicos que se pueden generar en todas las etapas del manejo de los productos químicos en las instalaciones del Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Sede Rodrigo de la Universidad de Costa Rica

Objetivos Específicos

1. Realizar y mantener actualizado un inventario de productos químicos peligrosos, identificando los riesgos asociados y estableciendo las medidas de control adecuadas.
2. Implementar los lineamientos y procedimientos establecidos relacionados con medidas de seguridad y control para prevenir fugas, derrames y liberaciones accidentales de productos químicos para garantizar una respuesta rápida y efectiva en caso de un accidente.
3. Capacitar al personal que se encuentre involucrado en el manejo de productos químicos sobre los procesos de seguridad, medidas de prevención y acciones de respuesta ante un accidente químico.
4. Establecer un plan de comunicación y notificación de emergencias químicas que incluya al personal que labora en la institución, a la comunidad estudiantil y a las autoridades competentes.
5. Evaluar continuamente el Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos mediante ejercicios de simulación, revisiones periódicas y retroalimentación del personal involucrado.
6. Fortalecer una cultura de seguridad química por medio del cumplimiento de los procedimientos, la participación de todo el personal y las buenas prácticas en el manejo de productos químicos.

6) Información general de la entidad y geo-referenciación

El edificio de Medicina de la UCR, se encuentra ubicado al costado noreste de la Biblioteca de Ciencias de la Salud y al suroeste del Auditorio Gonzalo González G. y la Facultad de Farmacia, tal y como se muestra en la Imagen 13. Este edificio cuenta con 3 niveles los cuales están divididos en diversas aulas y laboratorios en los cuales se llevan a cabo de cursos de grado, posgrado y Educación Médica Continua tal y como se observa en la Imagen 14. En la parte posterior del edificio, tal y como se ve en la Imagen 15, se encuentra el Laboratorio de la Morgue en el

cual se realizan los procedimientos de donación directa o indirecta, registro, preparación, conservación, manejo, distribución, uso ético y digno del material biológico.



Imagen 13. Ubicación geográfica del edificio de Medicina de la UCR. Imagen tomada de Google Earth.



Imagen 14. Fachada posterior del edificio de Medicina de la UCR.



Imagen 15. Ubicación de la Morgue en la fachada posterior del edificio de Medicina de la UCR.

7) Diagnóstico

El edificio de Medicina cuenta con el Laboratorio de Medicina el cual se encuentra ubicado en la parte posterior del primer nivel de este edificio, dicho laboratorio no cuenta con una bodega para el almacenamiento de aproximadamente 22 reactivos químicos que son utilizados tanto en el laboratorio de la Morgue como en los diversos laboratorios que son cursados por los estudiantes de Medicina. Todos los reactivos químicos se encuentran en el mismo lugar donde se realizan los procesos de embalsamado de los cuerpos y la preservación de piezas anatómicas tal y como se observa en la Imagen 16. La mayoría de los reactivos químicos son inflamables debido al tipo de proceso que lleva este embalsamado, estas sustancias inflamables no tienen ningún tipo de separación y no existe un contenedor en caso de derrames. Entre las sustancias que presentan un mayor volumen y peligrosidad se destacan: alcohol etílico, alcohol isopropílico grado técnico y alcohol etílico absoluto.



Imagen 16. Almacenamiento en el laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la UCR.

8) Análisis de riesgo

Para la elaboración del Plan de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos de este laboratorio, se aplicó el método simplificado de evaluación de riesgo químico para incendios y explosiones, para esto se realizó un inventario del tipo y la cantidad de sustancias que son utilizadas recurrentemente por el personal y estudiantes en las diversas actividades que se realizan en este y se obtuvieron un total de 22 productos químicos, las cuales se evaluaron como se muestra en el Cuadro 19, obteniendo una puntuación de 2696, siendo esta considerada como un riesgo de incendio “importante”. Cabe mencionar que entre las sustancias que presentaron una mayor puntuación se destacan: alcohol etílico, alcohol isopropílico grado técnico y alcohol etílico absoluto. Basado en este resultado se tomarán las consideraciones necesarias para la elaboración de este

Plan, priorizando las características y riesgos que podrían generar las sustancias indicadas anteriormente.

9) Estructura organizacional para la atención de emergencias

Una estructura organizacional para la atención de emergencias que involucren productos químicos, conlleva la participación de los siguientes actores:

- a) Programa de Gestión del Riesgo y Reducción de Desastres:** Este Programa conformado por representantes de diferentes áreas y facultades relevantes de la universidad, es responsable de la conformación, organización y capacitación de los Comités de Gestión del Riesgo y Atención de Emergencias. Desarrolla una cultura de gestión del riesgo en materia de reducción de desastres, con el fin de minimizar la vulnerabilidad ante eventos diversos que podrían generar situaciones de emergencia. Establece las políticas y directrices, coordina los esfuerzos de preparación y respuesta, y realiza revisiones y actualizaciones periódicas del plan.

- b) Coordinador de Seguridad Química:** El Regente Químico es la persona designada para liderar y supervisar todas las actividades relacionadas con la seguridad química en la universidad. Se encarga de realizar evaluaciones de riesgos, mantener los registros y comunicarse con las autoridades externas, si es necesario.

- c) Equipos de Respuesta a Emergencias Químicas:** Son equipos que están compuestos por miembros del personal del laboratorio y del Programa de Gestión del Riesgo y Reducción de Desastres, los cuales se encuentran capacitados en respuesta a emergencias. Dichos equipos se pueden dividir en brigadas de primeros auxilios, control de derrames, evacuación, comunicación, y gestión de materiales peligrosos. Cada equipo tiene responsabilidades específicas y se coordina con los demás equipos y con las autoridades externas en caso de emergencia.

- d) Personal de Laboratorio y Áreas de Trabajo:** Contempla el personal que trabaja con productos químicos en el laboratorio, este debe recibir capacitación específica sobre seguridad química y su rol en la prevención y respuesta a emergencias. Se les debe asignar responsabilidades claras, como la identificación y reporte de situaciones de riesgo, el uso adecuado de equipos de protección personal, la participación en simulacros, simulaciones y prácticas de respuesta.
- e) Apoyo Administrativo y Logístico:** Por medio de este equipo se brinda apoyo administrativo y logístico a los planes de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos, incluyendo la asignación de recursos financieros, adquisición y mantenimiento de equipos de seguridad, registro y archivo de documentación, y comunicación interna y externa.

10) Plan de evacuación

Con relación a los planes de evacuación de la Escuela de Medicina, es importante destacar que en la página web de la Facultad de Medicina (<https://fmedicina.ucr.ac.cr/>), en la sección de Recursos se encuentran los videos de evacuación desde diversos espacios que se encuentran en este edificio, entre estos se destaca la ruta de evacuación de la morgue y estos pueden servir de guía para realizar la evacuación en el caso de que se presente alguna emergencia.

11) Programa de capacitación

El desarrollo de una cultura de prevención facilita que la población docente y estudiantil desarrolle habilidades que permita la rápida actuación en caso de que se presente una emergencia que involucre productos químicos. La capacitación es un proceso que debe promover la mejora continua de todos los procesos que se llevan a cabo en el laboratorio, con el fin de disminuir los riesgos que puedan verse

asociados a estos. En dicho programa es de gran importancia incluir al personal que labora en el laboratorio, docentes y a los estudiantes que cursan diversos cursos. A continuación, se destacan algunos temas que deben incluirse en el programa de capacitación:

- a) **Generación de inventarios de productos químicos:** Esta es una herramienta que facilita el reconocimiento de los riesgos que se encuentran asociados a los productos químicos y permite tomar en cuenta acciones para prevenir y actuar ante un accidente químico, ya que con este tipo de herramientas se realiza una priorización inicial para enfocar la gestión de riesgo en los productos cuya peligrosidad es considerada como elevada. Dicho inventario de productos químicos puede estar directamente vinculado a una base de fichas de datos de seguridad (FDS) las cuales brindan información específica en cuanto al almacenamiento, compatibilidad, etiquetado, manipulación y respuesta de emergencia adecuada.

- b) **Almacenamiento adecuado de los productos químicos:** Es importante establecer las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento en cuanto al diseño, construcción, y distancias de seguridad basado en la peligrosidad de los productos químicos. Un aspecto esencial es garantizar que no se están almacenando conjuntamente productos químicos incompatibles, adicionalmente, se deben tomar en cuenta las condiciones del ambiente como el calor, fuentes de ignición, luz y humedad, las cuales pueden incidir en la generación de un accidente químico.

- c) **Identificación y evaluación de riesgos químicos:** Por medio de este tema, se debe capacitar al personal en la identificación de productos químicos peligrosos y evaluación de los riesgos asociados a las mismas. Se debe aplicar en los diferentes entornos de la UCR, como laboratorios, instalaciones de almacenamiento, entre otros.

- d) Procedimientos de seguridad:** Es importante capacitar al personal que labora en el Centro, docentes y comunidad estudiantil sobre las prácticas de seguridad necesarias al trabajar con productos químicos, incluyendo el uso adecuado de equipos de protección personal, manipulación segura de productos químicos y almacenamiento adecuado.
- e) Plan de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos:** El Plan debe presentarse y ser discutido con todas las personas que se ven involucradas en la puesta en marcha y cumplimiento. En este se incluyen acciones específicas a seguir en caso de un incidente químico, procedimientos para notificar a las autoridades competentes y pasos para realizar la evacuación del área afectada de manera segura.
- f) Entrenamiento en atención de emergencias:** Se debe brindar capacitación básica a las personas que se ven involucradas en la puesta en marcha y cumplimiento de los planes de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos en temas como primeros auxilios, combate de incendios, control y atención de derrames o fugas de productos químicos, con el fin de que estas personas logren responder y brindar asistencia inicial en caso de exposición a productos químicos o lesiones asociadas a un accidente químico.

12) Entidades de apoyo y socorro en la atención de emergencias

De acuerdo con el “Protocolo para la coordinación de operativos con cuerpos de socorro de la UCR” para la atención de las diversas emergencias, incluyendo las emergencias químicas fuera de control y el “Procedimiento y Protocolo Interinstitucional para la Atención de Emergencias Tecnológicas en Tierra” de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), se establece el Protocolo de coordinación interinstitucional para la respuesta ante emergencias tecnológicas o accidentes químicos en la que se establecen las acciones que deben realizar cada una de las entidades de apoyo que llegan como

primera respuesta a una emergencia que involucra productos químicos tales como escapes, derrames, incendios, explosiones e intoxicaciones, entre estas instituciones y sus funciones principales se encuentran:

Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (BCBCR)

Funciones:

- La atención de este tipo de emergencias es competencia propia de esta institución.
- Establece el puesto de mando.
- Se encarga de la atención de la emergencia, estableciendo el tipo de incidente y el nivel de emergencia.
- Dependiendo del tipo de emergencia se coordina una unidad especializada en la atención de Emergencias con Materiales Peligrosos.
- Definen las Distancias de Aislamiento Inicial y Acción Protectora
- Coordina las acciones de respuesta con la brigada de emergencia de la UCR, tomando en cuenta el plan interno de emergencias.

Cruz Roja Costarricense

Funciones:

- Envía la cantidad de unidades necesarias a la escena en concordancia con el tipo de incidente y la cantidad de pacientes afectados.
- Coordina las acciones de atención de pacientes con el personal de la brigada de emergencia de la UCR, tomando en cuenta el plan interno de emergencias.
- Determina la cantidad de víctimas y lesionados.
- Desarrolla el proceso de descontaminación de pacientes.
- Traslado de los pacientes afectados a los centros hospitalarios.

Ministerio de Salud

Funciones:

- Da seguimiento a la situación.
- Brinda la información técnica que las instituciones le soliciten.
- Si lo considera necesario envía personal de la división de saneamiento ambiental.
- Asesora jurídicamente a las instituciones en cuanto al manejo de la sustancia tóxica o peligrosa.
- Fiscaliza las acciones en cuanto a la manipulación y tratamiento de las sustancias tóxicas o peligrosas.
- Desarrolla la investigación del evento y sobre la situación legal de la empresa responsable.

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE)

Funciones:

- Recibe la información sobre el accidente y lo comunica a las instituciones involucradas en el proceso de atención.
- Da seguimiento a la situación.
- Informa al coordinador del sector emergencias tecnológicas. Se evalúa el riesgo para la población aledaña al punto del accidente, en función del resultado se toman las acciones.
- Alerta al Comité Local de Emergencia correspondiente.

Seguridad pública

Funciones:

- Desplaza unidad y oficiales a la escena de emergencia.

- Colabora con las instituciones de primera respuesta en la implementación y conservación de los perimetrajes.
- Coordina acciones con el personal de seguridad de la instalación donde ocurre el accidente.

Policía de tránsito

Funciones:

- Desplaza las unidades necesarias para regular el tráfico vehicular en la zona.
- Controla el flujo vehicular en la zona y mantiene vías de ingreso y salida de vehículos de emergencia a la escena de emergencia.

Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS)

Funciones:

- Se mantiene informado y da seguimiento a la situación.
- Informa a los hospitales cercanos sobre la ocurrencia del accidente.
- Alerta y activa al personal médico de la zona.
- Activa el protocolo en los hospitales aledaños a la zona del accidente.
- Suministra a la CNE, la información sobre la capacidad de los hospitales para manejar pacientes expuestos a sustancias tóxicas o peligrosas.
- Desplaza personal médico y paramédico a la escena de emergencia, determina las acciones a seguir para la atención médica de los lesionados.

Organismo de Investigación Judicial (OIJ)

Funciones:

- Actúa según solicitud del puesto de mando.
- Envía personal técnico a la escena para el proceso de investigación.
- Coordina con el puesto de mando las acciones de aseguramiento de la escena y el proceso de investigación.

- Coordina con la medicatura forense el tema de los fallecidos.

Responsable de la energía eléctrica

Funciones:

- Mantiene un seguimiento de la situación de emergencia.
- Actúa según solicitud de las instituciones operativas.
- Envía personal técnico a la escena de emergencia cuando sea requerido por el puesto de mando.

Acueductos y Alcantarillados (AyA)

Funciones:

- Mantiene un seguimiento de la situación de emergencia.
- Actúa según solicitud de las instituciones operativas.
- Gestiona el suministro permanente de agua en la zona de emergencia.
- Determina la posibilidad de contaminación en sistemas de acueducto o mantos acuíferos.

Universidad de Costa Rica (UCR)

Funciones:

- Activa cada uno de los planes de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos para el manejo de materiales peligrosos.
- Controla la situación hasta tanto el cuerpo de bomberos y las otras instituciones se apersonen a la escena.
- Colabora con las instituciones para el manejo óptimo de la emergencia brindando consultoría técnica.
- El regente químico de la universidad:
 - Define los métodos del control de la situación en función de las características del producto.

- Se desplaza a la escena, donde se responsabiliza por el material u objeto peligroso involucrado, colaborando con los recursos necesarios para el control efectivo de los peligros.
- Aporta los equipos y materiales para atender la emergencia.
- Pone a la orden del puesto de mando las brigadas con personal para el manejo de la emergencia.

13) Simulaciones

Con base en lo indicado en el documento denominado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010), se indica que las simulaciones son ejercicios de escritorio donde se simula una emergencia, durante la cual los participantes deberán tomar decisiones con base en sus capacidades de acuerdo con la información que se les va brindado dentro del desarrollo del evento con el fin de resolver el incidente. Los hechos deben ir ocurriendo en un tiempo simulado (horas, días, semanas). Los eventos deben ser realistas y los participantes deben dar respuestas que también se encuentren apegadas con la realidad, todas estas basadas en procedimientos y recursos existentes.

Mediante la resolución de las situaciones que se van desarrollando en la simulación, se puede realizar la identificación de las reacciones y la evaluación de las respuestas de los participantes al resolver el escenario. Todo esto sirve como lecciones aprendidas con el fin de ajustar y mejorar el Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos.

En el Anexo 1 del presente Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos, y de acuerdo a la información brindada en la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010) se pueden tomar como base los Cuadros 1, 2, 3 y 4, con los cuales se pueden

desarrollar todas las acciones que conlleven la planificación y evaluación de una simulación.

14) Simulacros

De acuerdo con la OPS (2010), los simulacros son ejercicios prácticos donde se llevan a cabo acciones operativas en los cuales se escenifica una situación de emergencia, los participantes deben poner a prueba las habilidades y técnicas que se utilizarían en un caso real. Cuando se llevan a cabo los simulacros, se deben evaluar procedimientos, herramientas, habilidades, destrezas y capacidades tanto de forma individual como institucional, con el fin de generar una respuesta eficaz ante posibles situaciones reales de emergencia o desastre.

Los simulacros deben realizarse con distintos niveles de gravedad. Es importante que involucre a todo el personal del edificio, incluyendo a las personas que se encuentran de visita. Antes de realizar un simulacro, es de relevancia realizar sesiones informativas de los procedimientos de actuación en caso de un incidente con productos químicos, con todas las personas que tienen un rol en el edificio como profesores, laboratoristas, estudiantes, personal de seguridad (García, 1999).

Durante los simulacros se debe tomar nota de los detalles mejorables, anomalías y se deben cronometrar los tiempos de evacuación. Posteriormente, se deben realizar reuniones con el personal involucrado con el fin de proporcionar una retroalimentación de lo acontecido resaltando las incidencias más notables. Finalmente, se deben realizar las correcciones oportunas al Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos.

De forma paulatina, se debe ir aumentando la dificultad de los simulacros, y se deben realizar como mínimo 1 o 2 al año. Es importante que en algún momento y dependiendo del nivel que se ha alcanzado, se realice un simulacro con ayuda exterior, involucrando los cuerpos de primera respuesta a este tipo de incidentes.

En el edificio donde se manipulen o almacenen productos químicos, se pueden realizar tres tipos de simulacros diferentes, entre los cuales se pueden destacar el escape de una sustancia química, un incendio o una explosión.

En el Anexo 2, y de acuerdo a la información brindada en la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010) se pueden tomar como base los Cuadros 5, 6, 7 y 8, con los cuales se pueden desarrollar todas las acciones que conllevan la planificación y evaluación de un simulacro.

15) Plan de divulgación

Es responsabilidad del personal del Laboratorio de la Morgue, la divulgación de los riesgos a los cuales puede verse expuesto el personal y la comunidad estudiantil en caso de que se genere una eventual emergencia que involucre productos químicos. Con este se pretende socializar recomendaciones básicas que se deben de llevar a cabo, tanto para disminuir el riesgo de accidentes cuando el personal se encuentre laborando o los estudiantes desarrollando algún curso como para tomar las acciones en caso de que se presente una eventual emergencia. Entre el público objetivo se destaca:

- Estudiantes de todos los niveles académicos.
- Personal docente y administrativo de la UCR.
- Investigadores y personal involucrado en el manejo de productos químicos.
- Personal administrativo y seguridad de la UCR.

Entre las estrategias que se pueden desarrollar para la divulgación de los planes de Prevención, Preparación y Respuesta ante Accidentes Químicos, se enlistan:

Creación de materiales informativos:

- Elaboración de folletos, carteles y pancartas que destaquen los puntos clave del plan de prevención y respuesta de accidentes químicos.
- Diseño de infografías y gráficos visuales para explicar de manera clara y concisa los procedimientos y medidas de seguridad.
- Desarrollo de presentaciones digitales o videos explicativos que puedan ser compartidos en plataformas en línea y redes sociales.

Talleres y capacitaciones

- Organización de talleres presenciales y en línea para brindar información detallada sobre el plan de prevención y respuesta de accidentes químicos.
- Invitación de expertos en seguridad química y gestión de emergencias para impartir charlas y conferencias a la comunidad universitaria.
- Realización de simulacros de accidentes químicos para que los participantes practiquen los protocolos de respuesta en situaciones reales.

Campañas de sensibilización

- Lanzamiento de una campaña en redes sociales para difundir mensajes educativos, consejos de seguridad y recordatorios sobre la importancia de la prevención de accidentes químicos.
- Organización de eventos especiales, como ferias o stands informativos, donde se pueda interactuar directamente con los miembros de la comunidad universitaria y responder a sus preguntas o inquietudes.

Canales de comunicación

- Elaboración de un espacio en el Sitio web de la UCR, el cual se encuentre dedicado a la seguridad química, y se puedan encontrar recursos, documentos o enlaces que sean útiles y se encuentren relacionados con los planes de prevención y respuesta a accidentes que involucren productos químicos.

- Crear un buzón de sugerencias en línea donde tanto el personal que labora en la institución como la comunidad estudiantil pueda reportar cualquier preocupación o incidente relacionado a la seguridad química.
- Utilización de los medios de comunicación internos de la UCR, como boletines electrónicos, tabloneros de anuncios y publicaciones para difundir regularmente información actualizada sobre el plan.

Evaluación y seguimiento

Es importante que se lleve a cabo una evaluación periódica de la efectividad de las estrategias de divulgación implementadas. Se recopilarán comentarios y retroalimentación de la comunidad universitaria para realizar ajustes y mejoras continuas en la divulgación del Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos.

16) Evaluación, revisión y actualización

- El Plan de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos deberá ser evaluado, revisado y actualizado como mínimo 1 vez al año, se hayan o no presentado emergencias. Siguiendo los lineamientos que desarrolla la Unidad de Regencia Institucional y con el apoyo de las inspecciones que realiza dicha instancia. Los lineamientos se encuentran disponibles en la página <http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/>
- Si se presenta una emergencia, es importante realizar los ajustes necesarios que se presentaron al atender la situación, e incorporar todas las acciones de mejora pertinentes.
- Una vez actualizado este documento, es importante que las personas responsables den a conocer los ajustes o cambios que se realicen ante todo el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina.
- En el caso que se produzca un accidente es importante que el centro de investigación haga el respectivo reporte a la Unidad de Regencia Química,

mediante los procedimientos institucionales establecidos, para que esta realice la investigación respectiva.

17) Referencias

- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) (Sin fecha) Procedimiento y Protocolo Interinstitucional para la Atención de Emergencias Tecnológicas en Tierra. Disponible en: https://www.google.com/search?q=apa+sin+fecha+referencia+ejemplo&rlz=1C5CHFA_enCR919CR919&ei=8M97ZJX2FcKRwbkP4c2uqAk&ved=0ahUKEwiVrpXNo6j_AhXCSDABHeGmC5UQ4dUDCA8&uact=5&oq=apa+sin+fecha+referencia+ejemplo&gs_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcnAQA0oECEEYAFAAWABgAGgAcAB4AIABAlgBAJIBAJgBAA&sclient=gws-wiz-serp
- García, J. (1999) Plan de emergencia contra derrames y fugas de productos químicos peligrosos MAPFRE SEGURIDAD. N° 7. Disponible en: https://www.ecosmep.com/ADR/PartesAccidentes/Plan_de_emergencias_contr_a_derrames_y_fugas_de_productos_quimicos_peligrosos.pdf
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2010) Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres. Disponible en: https://www.paho.org/disasters/dmdocuments/ER_Simulaciones.pdf

Anexos

Anexo 1. Cuadros de referencia para realizar una simulación

Cuadro 1. Ficha técnica para ejercicios de simulación

Tipo y nombre del ejercicio			
Instituciones involucradas			
Lugar		Fecha	
Responsable		Hora	

Aspectos	Descripción
Aspectos Generales	
Propósito	
Objetivos específicos	
Descripción del evento	
Fecha de la simulación	
Hora de la simulación (hora de inicio y culminación)	
Lugar de la simulación	
Recursos requeridos	
Recursos humanos	
Medios para la transmisión de mensajes	
Espacio y materiales	
Elementos de distracción y presión	

Recursos geográficos	
Otros recursos	
Presupuesto	
Documentos/formatos	
OBSERVACIONES:	

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 2. Cronograma para la preparación de simulaciones

Tipo y nombre del ejercicio												
Instituciones involucradas												
Lugar							Fecha					
Responsable							Hora					
Actividad		Responsable	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	
Definición de parámetros generales												
Elaboración de presupuesto												
Coordinación interinstitucional												
Elaboración del guión y elementos relacionados												
Determinación de necesidades logísticas												

Selección de evaluadores										
Elaboración de instrumentos de evaluación										
Realización del ejercicio										
Evaluación de la organización del ejercicio										
Entrega de la sistematización del ejercicio										
Entrega de informes										
OBSERVACIONES:										

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 3. Tarjetas para mensajes en ejercicios de simulación

Número de mensaje			
Emitido por			
Dirigido a			
Lugar		Fecha	
Responsable		Hora	

MENSAJE

INCLUIR ACCIONES TOMADAS:

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 4. Formulario de evaluación para la simulación

Nombre del ejercicio					
Propósito					
Objetivos específicos					
Instituciones involucradas					
Aspectos Metodológicos					
Lugar			Fecha		
Evaluador (a)			Hora		
Ponderación	1= Deficiente (no existe el proceso,	2= Regular (se identifica elementos del proceso, pero con	3= Bueno (se identifica el proceso en su totalidad, pero	4= Muy bueno (se observa el proceso completo)	5=Excelente (se crean elementos adicionales y complementarios

	graves problemas)	deficiencias y vacíos)	se observan vacíos)		a las pautas establecidas)
Aspectos por evaluar	Calificación 1-5	Comentarios generales / observaciones			
Organización					
Establecimiento de responsabilidades					
Funcionamiento como equipo					
Distribución de roles de acuerdo con las funciones establecidas					
Manejo de la información					
Captura o recolección de datos (tiempo de captura y transmisión)					
Verificación y clasificación de datos					
Procesamiento de la información					
Actualización de la información					
Manejo de herramientas de gestión					
Uso y aplicación de planos, gráficos, entre otros					
Uso y aplicación de tablas, guías o listas de recursos					
Uso y aplicación de herramientas de captura, procesamiento y actualización de datos					
Uso y aplicación de los procedimientos establecidos en el plan de emergencia institucional					
Elaboración del informe de situación (inicial, intermedio y final)					
Toma de decisiones					

Identificación de problemas		
Establecimiento de prioridades		
Elección de cursos de acción para la respuesta operativa		
Canalización e implementación de las decisiones tomadas		
Canalización y manejo integral de la situación		
Cumplimiento de los protocolos y procedimientos establecidos		
Coordinación interinstitucional y en escena		
Equilibrio en los resultados obtenidos en los cuatro puntos anteriores		
Coherencia entre la situación y las acciones tomadas		
OBSERVACIONES:		

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Anexo 2. Cuadros de referencia para realizar un simulacro

Cuadro 5. Ficha técnica para simulacros

Tipo y nombre del ejercicio			
Instituciones involucradas			
Lugar		Fecha	
Responsable		Hora	

Aspectos	Descripción
Aspectos Generales	
Propósito	
Objetivos específicos	
Modalidad de simulacro	
Instituciones participantes	
Descripción del lugar o lugares donde se va a realizar	
Descripción breve y detallada de la situación incluyendo los eventos que se simularán y su ubicación gráfica	
Alarma de inicio del ejercicio	
Señal de finalización	
Alarma de emergencia real	
Ubicación del centro de control del ejercicio	
Ubicación del punto de encuentro para los participantes	

Ubicación del puesto de salud del simulacro	
Distribución y número de víctimas, según las categorías del triage y daños	
Tipo de cantidad de otros personajes simulados	
Plan médico y de seguridad de los participantes	
Recursos humanos	
Escenografía	
Equipos para control de incendios	
Equipos de búsqueda y rescate	
Equipos de primeros auxilios	
Equipos de comunicación y frecuencias a utilizar	
Elementos para asegurar áreas	
Equipos de comunicaciones internas y externas	
Presupuesto	
Otros recursos	

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 6. Verificación de condiciones necesarias para preparar un simulacro

Aspectos por verificar	<input checked="" type="checkbox"/>
Existencia y funcionamiento regular de una instancia responsable de la preparación y respuesta ante emergencias y desastres	<input type="checkbox"/>
Existencia de un plan de respuesta ante emergencias y desastres	<input type="checkbox"/>
Existencia y aplicación de mecanismos de difusión del plan de respuesta ante emergencias y desastres	<input type="checkbox"/>

Existencia de un inventario actualizado de recursos humanos y materiales	<input type="checkbox"/>
Existencia de protocolos y procedimientos de acuerdo a responsabilidades de los actores	<input type="checkbox"/>
Existencia de una evaluación reciente de las amenazas y vulnerabilidad que permitan definir las condiciones de riesgo del sistema que se pretende poner a prueba a través del ejercicio	<input type="checkbox"/>
Existencia de un adecuado nivel de coordinación con las instituciones relacionadas con la atención de emergencias y desastres, de acuerdo con sus roles y responsabilidades en el proceso de respuesta	<input type="checkbox"/>
Resultados de simulacros previos, con el fin de detectar áreas críticas y dificultades	<input type="checkbox"/>
Observaciones:	

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 7. Cronograma para la preparación de simulacros

Tipo y nombre del ejercicio												
Instituciones involucradas												
Lugar							Fecha					
Responsable							Hora					
Actividad	Responsable	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9		
Recopilar la información previa requerida												
Definir los objetivos del simulacro												
Diseñar el ejercicio en función de los objetivos y el alcance												
Determinar los parámetros a evaluar en función al propósito, objetivos y el alcance del simulacro												
Definir los participantes y asignarles las funciones específicas												
Redactar el guión del ejercicio y definir la escenografía												
Definir la metodología e instrumentos de evaluación												
Identificar el sitio para la construcción o desarrollo de la escenografía. Visitas de campo												
Identificación de necesidades administrativas y logísticas y búsquedas de recursos												
Construcción de la escenografía y preparación de área de trabajo												
Verificación de avance de los preparativos												
Desarrollo del plan de emergencia para el simulacro												
Redacción del documento del ejercicio												
Difusión y publicidad sobre el ejercicio												

Preparación de simuladores y otras personas que colaboran										
Verificación general de los preparativos										
Ejecución del simulacro										
Evaluación de desempeño de los participantes										
Evaluación de la organización general del simulacro										
Entrega de informe final del ejercicio										

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

Cuadro 8. Formulario de evaluación para el simulacro

Nombre del ejercicio						
Propósito						
Objetivos específicos						
Instituciones involucradas						
Lugar				Fecha		
Evaluador (a)				Hora		
Ponderación	1= Deficiente (no existe el proceso, graves problemas)	2= Regular (se identifica elementos del proceso, pero con deficiencias y vacíos)	3= Bueno (se identifica el proceso en su totalidad, pero se observan vacíos)	4= Muy bueno (se observa el proceso completo)	5=Excelente (se crean elementos adicionales y complementarios a las pautas establecidas)	
Aspectos por evaluar	Calificación 1-5	Comentarios generales / observaciones				
Respuesta al evento						

Búsqueda y rescate		
Extinción de incendios		
Primeros auxilios		
Atención a víctimas en masa		
Tiempo de respuesta		
Entre el evento y la alarma		
Entre la alarma y llegada		
Entre llegada e inicio de operaciones		
Inicio de operaciones y fin de operaciones		
Organización de la respuesta		
Liderazgo		
Coordinación interna		
Coordinación externa		
Distribución de responsabilidades		
Funcionamiento como equipo		
Disciplina		
Desarrollo de las operaciones		
Aplicación de los planes, protocolos y procedimientos existentes		
Medidas de seguridad		
Técnica de intervención aplicada		
Establecimiento de prioridades		
Solución de imprevistos		
Uso adecuado de equipos, insumos y herramientas		

Componente hospitalario		
Preparación del servicio de emergencia		
Sistema de triage hospitalario		
Estabilización de pacientes		
Atención quirúrgica y médica de los lesionados		
Servicios de apoyo a la atención como diagnóstico y terapia		
Comunicación y coordinación interna y externa		
Coordinación y activación del plan de emergencia		
Disponibilidad y difusión de tarjetas de acción		
Personal disponible y con conocimiento de sus tareas		
Disponibilidad de suministros		
Administración de los recursos		
Transporte		
Personal		
Finanzas		
Instalaciones		
Otros		
Cierre de operaciones		
Evaluación del control de la situación		
Aplicación de protocolo de cierre de operaciones		
Desactivación de alerta o indicación de escena controlada		

Cuadro tomado de la Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres de la OPS (2010).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Mediante la aplicación de la metodología del INRS, los productos químicos que representan más riesgo de incendio presentes en el CELEQ son el éter etílico, el etanol al 95%, y el tetrahidrofurano y para el Laboratorio de la Morgue son el alcohol etílico, el alcohol isopropílico grado técnico y el alcohol etílico absoluto.

En la evaluación del INRS, en el CELEQ se obtuvo una puntuación de 3249 y el Laboratorio de la Morgue una puntuación de 2696, ambas asociadas a las frases H224, H225 y H226. Los valores obtenidos son considerados como un riesgo de incendio “importante”.

En la bodega del CELEQ, se evidenciaron deficiencias en el almacenamiento de los productos químicos, entre los cuales se pueden destacar etiquetado incorrecto e ilegible, uso de recipientes inadecuados para contener dichos productos, deterioro de los recipientes que contienen los productos químicos y evidencia de derrames en la estantería de la bodega.

La vulnerabilidad en el Laboratorio de la Morgue es mucho mayor que en la bodega del CELEQ debido a que el almacenamiento de los productos químicos se da en el interior de este sin ninguna separación o control de acceso. Adicionalmente, dicha condición se hace mayor, debido a la cantidad de personas que transitan en el Edificio de la Escuela de Medicina durante el periodo lectivo entre los estudiantes, los docentes y los colaboradores de la Universidad.

Factores como la generación de cargas electrostáticas generadas por la manipulación y el transporte de recipientes o la exposición a fuentes de ignición generadas por reacciones espontáneas en ambientes donde se vean involucradas sustancias inflamables, podría ser uno de los factores que desencadene una emergencia por incendio o explosión dado que no se cuenta con un

almacenamiento, ni control de atmósferas inflamables adecuado tanto en el CELEQ como en el Laboratorio de la Morgue.

La instalación de conexiones eléctricas a prueba de explosión donde se realiza el almacenamiento o la manipulación de sustancias inflamables puede disminuir el riesgo de una posible emergencia, sin embargo, ninguno de los dos lugares en estudio cuenta con este tipo de protecciones.

Factores como la cercanía a fuentes de ignición o trabajos en caliente son los factores menos propensos a la generación de un incendio o explosión, debido a que existen normativas nacionales e institucionales que los prohíbe, establecen distancias de seguridad o recomendaciones con el fin de evitar una posible emergencia.

Es de gran importancia establecer una bodega para el almacenamiento de los productos químicos que se encuentran distribuidos en el Laboratorio de la Morgue, que cumpla con todas las condiciones establecidas por la normativa vigente, inclusive con todo lo establecido en las normas NFPA que les apliquen como la NFPA 400, NFPA 30, entre otras.

En el CELEQ es importante que los reactivos químicos sean almacenados de acuerdo con los criterios de incompatibilidad establecidos en el Reglamento para el manejo de productos peligrosos (Nº 28930-S).

Los productos químicos del CELEQ deben de etiquetarse siguiendo lo establecido en el Reglamento técnico RTCR 481:2015 Productos Químicos. Productos Químicos Peligrosos. Etiquetado (Nº 40457-S), el cual tiene como base la aplicación del Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos.

Se elaboraron las propuestas de los planes de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos tanto para el CELEQ como para el Laboratorio de la Morgue estableciendo así las medidas preventivas para la reducción de los accidentes químicos.

RECOMENDACIONES

Se deben llevar a cabo talleres de capacitación que fortalezcan la experiencia y el conocimiento del personal que se encuentre involucrado en la puesta en práctica de las guías de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos facilitando el apoyo a las entidades de respuesta en caso de que se genere una emergencia.

Se debe velar porque los recipientes en los cuales se almacenan productos químicos se encuentren en perfecto estado y bien cerrados, con el fin de evitar que se generen derrames o liberación de vapores que puedan generar la contaminación del ambiente o puedan inflamarse en caso de encontrarse próximos a un foco de ignición.

Es importante que los planes de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos sean compartidos con los entes de primera respuesta, con el fin de facilitar una eficiente respuesta en caso de que se presente una emergencia que involucre productos químicos.

Se requiere la implementación de un procedimiento o lineamiento para la investigación de accidentes o emergencias que involucren productos químicos que permitan determinar las causas que lo generaron y faciliten la identificación de aspectos o problemas que permitan la incorporación de medidas que no se hayan tomado en cuenta en la reducción de riesgos.

Para que la aplicación de los planes de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos sea efectiva es necesario que todas las personas que se vean involucradas en los mismos sean informados y capacitados sobre las responsabilidades que deben llevar a cabo.

La elaboración de simulaciones y simulacros permite conocer la eficiencia de los planes de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos,

además de identificar la capacidad de respuesta de los laboratorios o la institución en el caso de que se presente una emergencia.

Cuando se llevan a cabo simulacros para poner en práctica las guías de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos, se debe involucrar a todo el personal de la universidad que podría verse afectado, además se debe hacer partícipe a los entes de emergencia que puedan relacionarse con dichos eventos.

Se deben realizar actualizaciones a los planes de Prevención, Preparación y Respuesta Ante Accidentes Químicos de forma anual o cada vez que se realicen modificaciones o ampliaciones del contenido con el fin de que los mismos se encuentren vigentes y acorde con la normativa nacional y los lineamientos establecidos en la Universidad de Costa Rica.

CAPÍTULO VI. ANEXOS

ANEXO 1

Datos obtenidos del inventario realizado los días 23 de noviembre, 7 de diciembre y 14 de diciembre del año 2021 en la bodega de almacenamiento del CELEQ.

Cuadro 2. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Toxicidad Aguda H1 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

H1 Toxicidad Aguda			
Productos químicos	Clasificación Frases H	Categoría	Cantidad (g)
Cloruro de titanio (IV)	H330	1	1297,50
Acetato de mercurio (II)	H310	1	725,00
Tiocianato de mercurio	H310	1	25,00
Yoduro de mercurio (II)	H310	1	2000,00
Yoduro de mercurio(I)	H310	1	100,00
Cloruro de cadmio	H330	1	1550,00
Óxido de mercurio (II)	H310	1	3100,00
Nitrato de mercurio (II)	H310	1	100,00
Azida de sodio	H310	1	760,00
Nitrato de mercurio(I) dihidrato	H310	1	100,00
Cianuro de potasio	H300	1	1500,00
Fósforo blanco	H300	1	100,00
	H330	1	100,00
Nitrato de titanio	H330	1	400,00
Nitrato de mercurio (II)	H310	1	350,00
Sulfato de mercurio (II)	H310	1	150,00
1,4-Diaminobutano	H330	1	0,09
p-Dinitrobenceno	H310	1	175,00
	H330	1	175,00
m-Dinitrobenceno	H310	1	100,00
Timerosal	H310	1	3168,00
Total			17475,60

Cuadro 3. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Toxicidad Aguda H2 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

H2 Toxicidad Aguda			
Productos químicos	Clasificación Frases H	Categoría	Cantidad (g)
Sulfato de hidracina	H331	3	20340,00
Cloruro de benzoílo	H331	3	500,00
2-metoxietanol, piridina (Reactivo de Karl Fischer)	H331	3	20340,00
Hydranal	H331	3	4600,00
Diciclopentadieno	H331	3	490,00
Pentacloruro de fósforo	H331	3	600,00
p-nitroanilina	H331	3	250,00

H2 Toxicidad Aguda			
Productos químicos	Clasificación Frases H	Categoría	Cantidad (g)
Nitroetano	H331	3	2090,00
Cloruro de tetrametilamonio	H331	3	100,00
Tetracloruro de carbono	H331	3	17,50
1,1,1-tricloro etano	H331	3	3960,00
1,2-dicloroetano	H331	3	1580,00
Ácido cloroacético	H331	3	500,00
Alilo acetato	H331	3	4510,00
Cloroformo	H331	3	17880,00
Ácido bromoacético	H331	3	675,50
Ácido arsanílico	H331	3	100,00
Ácido fórmico	H331	3	5750,00
Ácido tioglicólico	H331	3	2640,00
Cloruro de níquel (II)	H331	3	500,00
Selenito de sodio	H331	3	500,00
Cloruro de mercurio (II)	H331	3	150,00
Cloruro de arsénico (III)	H331	3	1080,00
Bromo	H331	3	500,00
Fluorosilicato de sodio	H331	3	1000,00
Dicromato de sodio dihidratado	H331	3	2500,00
Dicromato de potasio	H331	3	18760,00
Nitrato de cadmio tetrahidratado	H331	3	750,00
Óxido de cobalto	H331	3	1,00
Trióxido de arsénico	H331	3	1500,00
Hidrato de óxido de arsénico (V)	H331	3	1000,00
Óxido de cadmio	H331	3	250,00
Óxido de selenio	H331	3	50,00
Selenio en polvo	H331	3	100,00
2-Mercaptoetanol	H331	3	277,50
Fenol (ácido fénico)	H331	3	6350,00
Cadmio en polvo	H331	3	350,00
Fósforo blanco	H331	3	100,00
Ácido arsénico 75%	H331	3	1250,00
Arseniato de plomo	H331	3	500,00
Arsenito de sodio	H331	3	100,00
Diacetilo	H331	3	100,00
1-cloro-2,4-dinitrobenceno	H331	3	100,00
Dióxido de azufre acuoso	H331	3	1430,00
Sulfuro de selenio	H331	3	25,00
Sulfato de berilio tetrahidrato	H331	3	1000,00
Sulfato de cadmio	H331	3	250,00
Paraformaldehído	H331	3	1000,00
Glutaraldehído 50%	H331	3	106,00
Glutaraldehído 25%	H331	3	1060,00
Butalamina	H331	3	555,00
1-etilpiperidina	H331	3	8,60
Isopropilamina	H331	3	1035,00
Difenilamina	H331	3	100,00
Metanol	H331	3	26702,75
Ácido pícrico	H331	3	12000,00
Anilina	H331	3	2346,00
Digitonina	H331	3	25,00

H2 Toxicidad Aguda			
Productos químicos	Clasificación Frases H	Categoría	Cantidad (g)
p-bromoanilina	H331	3	275,00
Dihidrato de brucina	H331	3	25,00
Hexacloro-1,3-butadieno	H331	3	1660,00
Acetilacetona	H331	3	975,00
Fenilhidrazina	H331	3	3025,00
Hidrazina diclorhidrato	H331	3	100,00
1,4-benzoquinona	H331	3	10,00
N,N-Dimetil-1,4-fenilendiamonio dicloruro	H331	3	60,00
Clorhidrato de fenilhidracina	H331	3	750,00
Diclorhidrato de p-fenilendiamina	H331	3	250,00
o-Toluidina Clorhidrato	H331	3	100,00
Nitrobenceno	H331	3	5400,00
Ácido nítrico 65%	H331	3	15100,00
Dicromato de potasio	H331	3	100,00
Total			202659,85

Cuadro 4. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Toxicidad específica H3 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

H3 Toxicidad específica		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Hydranal	H370	4278,00
Etilenglicol monometil eter	H370	1928,00
Cloruro de tetrametilamonio	H370	100,00
Tetrametilamonio hidróxido en solución	H370	197,50
Resorcinol	H370	250,00
Metanol	H370	28702,75
Total		35456,25

Cuadro 5. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos Inflamables P5a en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

P5a Líquidos inflamables		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
2-metoxietanol, piridina (Reactivo de Karl Fischer)	H226	17352,00
Hydranal	H225	4278,00
1-metilimidazol / tetrahydrofurano	H225	900,00
Tetrazol en acetonitrilo	H225	720,00
Anhídrido acético / piridina / tetrahydrofurano	H225	360,00
Anhídrido acético / lutidina / tetrahydrofurano	H225	360,00
Diclopentadieno	H225	490,00
Ciclopentadieno	H226	393,90
Metil etil cetona	H225	1811,25
Benceno	H225	4380,00

P5a Líquidos inflamables		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Disulfuro de carbono	H225	1260,00
1-nitropropano	H226	4950,00
Terc-butil metil éter	H225	4606,50
Éter dibutílico	H226	384,00
Etilmetilcetona	H225	805,00
Éter etil tert-amílico	H225	3520,00
1,4-dioxano	H225	1030,00
Nitroetano	H226	2100,00
Éter diisopropílico	H225	2900,00
Etilenglicol monometil eter	H226	1928,00
1,4-dioxano	H225	1545,00
1-nitropropano	H226	5940,00
Acetoacetato de metilo	H225	357,00
Butirato de etilo	H226	439,50
Carbonato de dietilo	H226	487,50
1,2-dicloroetano	H225	15000,00
Tetrametilamonio hidroxido en solución	H225	197,50
Amilo acetato	H226	5256,00
Alilo acetato	H225	4410,00
Acetato de sec-butilo	H225	661,50
Butil acetato	H226	5412,00
Acetato de etilo	H226	4510,00
Acetonitrilo	H226	18471,00
Ácido acético	H226	22050,00
Ácido isobutírico	H225	16490,00
Ácido propiónico	H224	594,00
Anhídrido acético	H225	17280,00
Tetrahidrofurano	H225	110360,00
Éter dietílico	H226	12121,00
n-Hexano	H226	7860,00
1,2-dimetoxietano	H226	434,00
Isobutanol	H225	802,00
2-butanol	H225	2430,00
1-butanol	H225	1947,50
Ciclohexano	1947,50	22,00
Cloruro de acilo	H225	18816,00
Acetona	H225	3160,00
Aguarrás mineral (Petroleum spirits)	H224	19272,00
1-Propanol	H225	75,10
Ciclopentano	H225	75,10
Éter etílico	H225	20320,50
Etanol 95%	90850,00	90850,00
Diacetilo	H225	99,00
Nitrito de amilo	H225	1576,00
Acetaldehído	H226	800,00
n-butaraldehído	H225	830,00
Acetaldehído dietilacetal	H226	996,00
Paraldehído	H225	555,00
Butalamina	H225	5,25
Levotiroxina	H224	50,00

P5a Líquidos inflamables		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
3,3-dimetilbutanamina	H226	8,20
1-etilpiperidina	H225	1083,00
Isopropilamina	H226	1603,00
2,4,6-Trimetilpiridina	H226	7856,00
Piridina	H226	5297,50
Alcohol n-amílico	H225	1620,00
Alcohol isoamílico	H226	1620,00
Butanol	H225	1171,50
tert-Butanol	H226	10530,00
Alcohol n-Butílico	H226	28702,75
Metanol	H226	11228,00
Isobutanol	H225	814,00
1-hexanol	H225	482,50
2-metoxietanol	H226	250,00
Biciclo [2.2.1]-2,5-heptadieno	H225	407,50
Alcohol terc-amílico	H225	406,00
2-Pentanol	H225	35,15
n-Octano	H225	588,00
Diisobutileno	H225	1005,00
N,N-dimetilamina	H225	465,00
3-cloropropeno	H226	11397,00
Isopropanol	H225	17307,50
Etilmetilcetona	H225	980,00
Acetilacetona	H226	40,10
Metil isobutil cetona	H225	3640,50
2-pentanona	H225	237,00
Ciclohexanona	H226	4587,00
Ciclooctano	H226	2735,20
Heptano destilado	H225	2692,00
Ciclohexano	H225	7400,50
2-metilpentano	H225	860,00
n-pentano	H225	4069,00
2,3-dimetilbutano	H225	330,00
2,6-lutidina	H225	462,50
Colodión U.S.P	H224	581,25
Etilbenceno	H225	4330,00
Xileno	H226	9947,50
p-cimeno	H226	428,50
Benceno	H225	9636,00
Isobutilbenceno	H226	21,35
Clorobenceno	H226	10545,00
Nonano	H226	2692,50
Tolueno	H225	10404,00
2,2,4-trimetilpentano	H225	5520,00
n-Heptano	H225	6156,00
Queroseno	H226	2100,00
	Total	662275,80

Cuadro 6. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Espontáneos y peróxidos P6b en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

P6b Espontáneos y peróxidos		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Peróxido de benzoilo	H242	500,00
2 6-dicloroquinona-4-clorimida	H242	10,00
	Total	510,00

Cuadro 7. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos y sólidos P7 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

P7 Líquidos y sólidos pirofórico		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Zirconio metálico	H250	25,00
Hierro	H250	870,00
Fósforo blanco	H250	100,00
	Total	995,00

Cuadro 8. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos y sólidos comburente P8 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

P8 Líquidos y sólidos comburente		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Perclorato de tetrametilamonio	H272	1300,00
Acetato de plata	H272	500,00
Zinc raspado	H272	1000,00
Peryodato de potasio	H272	500,00
Yodato de plata	H272	40,00
Yodato de sodio	H272	500,00
Yodato de potasio	H272	1100,00
Bromato de potasio	H271	500,00
Permanganato de potasio	H272	1950,00
Celite 545	H272	1000,00
Clorato de potasio	H271	3500,00
Dicromato de sodio	H272	2500,00
Dicromato de potasio	H272	18760,00
Óxido de plomo (IV)	H272	5,00
Ácido fosfomolibdico	H271	2600,00
Ácido yodico	H271	250,00
Ácido peryódico	H271	10,00
Nitrato de sodio	H272	4500,00
Nitrato de estroncio	H271	750,00

P8 Líquidos y sólidos comburente		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Nitrato de potasio	H272	2365,00
Nitrato de manganeso (II) en solución 50%	H272	770,00
Persulfato de amonio	H272	495,00
Persulfato de potasio	H272	1250,00
Peróxido de sodio	H271	4500,00
Peróxido de bario	H272	250,00
Nitrato de amonio	H272	8000,00
Nitrato de zirconio	H272	100,00
Nitrato de cobre (II)	H272	1500,00
Nitrato de plata	H272	500,00
Nitrato de bismuto (III)	H272	700,00
Nitrato de bario	H272	4250,00
Nitrato de litio	H272	1000,00
Nitrato de amonio y cerio	H272	4400,00
Levotiroxina	H272	0,50
Dicloroisocianurato de sodio	H272	4200,00
Ácido nítrico 65%	H272	13900,00
Peróxido de hidrógeno 30%	H271	8880,00
Dicromato de potasio	H272	100,00
Total		98425,50

Cuadro 9. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Peligroso para el medio ambiente E1 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

E1 Peligroso para el medio ambiente		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Bromuro de hexadeciltrimetilamonio	H373, H400, H410	100,00
Sulfato de hidracina	H400, H410	1300,00
4-(Metilamino)-fenol sulfato	H373, H400, H410	800,00
Ácido tricloroacético	H400, H410	815,00
Acetato de zinc dihidratado	H400, H410	500,00
Acetato de cadmio	H400, H410	1000,00
Acetato de mercurio (II)	H373, H400, H410	725,00
Acetato de plomo	H373, H400, H410	3025,00
Acetato de plata	H400, H410	500,00
Ácido dibencilditiocarbámico, sal de zinc	H400, H410	1025,00
Alizarina	H410	200,00
Zinc raspado	H410	1000,00
Trans-Estilbena	H410	125,00
Ácido arsánico	H400, H410	100,00
Ácido dicloroacético	H373, H400, H410	1950,00
Ciclohexano	H373, H400, H410	1947,50
Tiocianato de mercurio	H373, H400, H410	25,00
Cloruro de níquel (II)	H400, H410	500,00
Cloruro de plata	H400, H410	100,00
Cloruro de mercurio (II)	H410	150,00

E1 Peligroso para el medio ambiente		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Cloruro de arsénico (III)	H400, H410	1080,00
Yoduro de mercurio (II)	H373, H400, H410	2000,00
Yoduro de mercurio (I)	H373, H400, H410	100,00
Permanganato de potasio	H373, H400, H410	1950,00
Cloruro de zinc dihidratado	H400, H410	300,00
Acetato de cobre (II)	H400, H410	500,00
Dicromato de sodio	H410	2500,00
Cromato de plomo	H373, H410	500,00
Dicromato de potasio	H400, H410	18760,00
Cloruro de cadmio	H373, H400, H410	1550,00
Cloruro de cobalto hexahidratado	H400, H410	1310,00
Nitrato de cadmio tetrahidratado	H410	750,00
Óxido de cobalto	H410	1,00
Óxido de plomo (IV)	H373, H400, H410	5,00
Óxido de zinc	H400, H410	2500,00
Trióxido de arsénico	H400, H410	1500,00
Hidrato de óxido de arsénico (V) (Óxido de arsénico(V))	H400, H410	1000,00
Óxido de cobre (II)	H400, H410	500,00
Óxido de mercurio (II)	H373, H400, H410	3100,00
Óxido de selenio	H373, H400, H410	50,00
Carbonato de cobre (II)	H410	450,00
Carbonato de plomo	H373, H400, H410	500,00
Carbonato de zinc	H400, H410	3000,00
Plomo metálico	H400, H410	255,00
Zinc metálico	H400, H410	7800,00
Mercurio	H400, H410	1660,00
Azida de sodio	H373, H400, H410	760,00
Nitrato de mercurio (I) dihidrato	H373, H400, H410	100,00
2,6-di-terc-butil-4-metilfenol	H410	250,00
3-aminofenol	H410	250,00
Cianuro de potasio	H400, H410	1500,00
Cobalto metal	H400, H410	100,00
Nitrato de plomo (II)	H400, H410	7000,00
Nitrato de cobalto (II)	H400, H410	550,00
Nitrato de cobre (II)	H400, H410	1500,00
Nitrato de plata	H400, H410	500,00
Nitrato de mercurio (II)	H373, H400, H410	350,00
Nitrato de amonio y cerio	H400, H410	4400,00
Arseniato de plomo	H373, H400, H410	500,00
Arsenito de sodio	H400, H410	100,00
1-cloro-2,4-dinitrobenceno	H373, H400, H410	100,00
Sulfato de cobalto (II)	H400, H410	1270,00
Sulfuro de plomo	H373, H410	250,00
Sulfuro de selenio	H373, H400, H410	25,00
Sulfato de cobre anhidro	H400, H410	5700,00
Sulfato de zinc heptahidrato	H400, H410	14200,00
Sulfato de mercurio	H373, H400, H410	150,00
Sulfato de cadmio	H410	250,00
Difenilamina	H373, H410	100,00
n-Octano	H400, H410	35,15
p-bromoanilina	H373, H400, H410	275,00

E1 Peligroso para el medio ambiente		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
p-Dinitrobenceno	H373, H400, H410	175,00
m-Dinitrobenceno	H373, H400, H410	100,00
Fenantrolina	H400, H410	575,00
Benzidina	H400, H410	1055,00
Cristal Violeta-indicador	H400, H410	25,00
Heptano destilado	H400, H410	2735,20
Ciclohexano	H400, H410	7400,50
Timerosal	H373, H400, H410	3168,00
Violeta de metilo	H400, H410	50,00
Hidroquinona	H400, H410	2500,00
Bifenilo	H400, H410	1000,00
Naftaleno	H400, H410	500,00
Antraceno	H400, H410	100,00
Diclorhidrato de p-fenilendiamina	H400, H410	250,00
Dicloroisocianurato de sodio	H400, H410	4200,00
Tritón X-100	H400, H410	2140,00
Nonano	H410	2692,50
2,2,4-trimetilpentano	H410	5520,00
n-Heptano	H400, H410	6156,00
Dicromato de potasio	H410	100,00
	Total	145965,85

Cuadro 10. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Peligroso para el medio ambiente E2 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

E2 Peligroso para el medio ambiente		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Diciclopentadieno	H411	490,00
Cloruro de tetrametilamonio	H411	100,00
Acetato de zinc dihidratado	H411	1500,00
Acetato de cobalto (II)	H411	250,00
Benzoato de bencilo	H411	560,00
Amoniaco concentrado	H411	13545,00
n-Hexano	H411	7860,00
Selenito de sodio	H411	500,00
Ferrocianuro de potasio	H411	500,00
Clorato de potasio	H411	3500,00
Pentacloruro de antimonio	H411	468,00
Cloruro de cromo (III)	H410, H411	2,00
Carbonato de cobre (II)	H411	450,00
2-Mercaptoetanol	H411	277,50
Aguarrás mineral (Petroleum spirits)	H411	3160,00
Ácido fosfowolfrámico hidrato	H411	7390,00
Ácido arsenioso anhidro	H411	100,00
o-Cresol	H411	1500,00
Fenol	H411	6350,00
Aleación de Devarda	H411	850,00

Nitrato de uranio	H411	900,00
Antimoniato de potasio (V)	H411	500,00
Vanadato de amonio	H411	2500,00
Glycophase 6 (controlled poro glass supports)	H411	25,00
p-clorobenzaldehído	H411	797,50
Glutaraldehído 50%	H411	106,50
Glutaraldehído 25%	H411	1060,00
Diisobutileno	H411	588,00
Anilina	H411	2346,00
Negro de eriocromo T en NaCl	H411	425,00
2-metilpentano	H411	860,00
n-pentano	H411	4069,00
2,3-dimetilbutano	H411	330,00
Auramina O	H411	550,00
o-Toluidina Clorhidrato	H411	100,00
Fluorenona	H411	100,00
Alcanfor	H411	1250,00
Tiourea	H411	7000,00
p-cimeno	H411	428,50
Clorobenceno	H411	10545,00
Total		83833,00

Cuadro 11. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Sustancias con indicación de peligro O1 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

O1 Sustancias con indicación de peligro		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Nitrato de titanio	EUH014	400,00
Total		400,00

Cuadro 12. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Sustancias con indicación de peligro O2 en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

O2 Gases inflamables		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Borohidruro de sodio	H260	400
Hidruro de sodio	H260	250
Sodio metálico	H260	1000
Zirconio metálico	H260	25
Hidruro de litio y aluminio	H260	300
Total		1975

Cuadro 13. Resultados obtenidos de la aplicación de la Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 (Seveso III) en la bodega de almacenamiento del CELEQ de la Universidad de Costa Rica.

Resultados finales de la clasificación de riesgos - CELEQ			
Categoría	Cantidad (toneladas)	Cantidad Umbral (Toneladas)	Total
H1 Toxicidad Aguda	0,17476	5	0,03495
H2 Toxicidad Aguda	0,20266	50	0,00405
H3 Toxicidad específica	0,03546	50	0,00071
P5a Líquidos inflamables	0,66228	10	0,06623
P6b Espontáneos y peróxidos	0,00051	50	0,00001
P7 Líquidos y sólidos pirofórico	0,00100	50	0,00002
P8 Líquidos y sólidos comburente	0,09843	50	0,00197
E1 Peligroso para el medio ambiente	0,14597	100	0,00146
E2 Peligroso para el medio ambiente	0,08383	200	0,00042

Cuadro 14. Resultados de la aplicación de la metodología de la Evaluación simplificada del riesgo de incendio /explosión (INRS) en los líquidos inflamables (P5a) presentes en la en la bodega de almacenamiento del CELEQ.

Productos químicos	Toneladas al año	Clase de inflamabilidad	Frecuencia de uso	Cálculo de clase de cantidad (%)	Clase de cantidad	Clase de inflamabilidad potencial	Fuente de ignición	Puntuación	%
2-metoxietanol, piridina (Reactivo de Karl Fischer)	0,01735	3	Días de la semana	2,62	2	2	1	3	0,09
Hydranal	0,00428	4	Días de la semana	0,65	1	3	1	30	0,93
1-metilimidazol / tetrahidrofurano	0,00090	4	Días de la semana	0,14	1	3	1	30	0,93
Tetrazol / acetonitrilo	0,00072	4	Días de la semana	0,11	1	3	1	30	0,93
Anhídrido acético / piridina / tetrahidrofurano	0,00036	4	Días de la semana	0,05	1	3	1	30	0,93
Anhídrido acético / lutidina / tetrahidrofurano	0,00036	4	Días de la semana	0,05	1	3	1	30	0,93
Diciclopentadieno	0,00049	4	Días de la semana	0,07	1	3	1	30	0,93
Ciclopentadieno	0,00039	3	Días de la semana	0,06	1	2	1	3	0,09
Metil etil cetona	0,00181	4	Días de la semana	0,27	1	3	1	30	0,93
Benceno	0,00438	4	Días de la semana	0,66	1	3	1	30	0,93
Disulfuro de carbono	0,00126	4	Días de la semana	0,19	1	3	1	30	0,93
1-nitropropano	0,00495	3	Días de la semana	0,75	1	2	1	3	0,09
Terc-butil metil éter	0,00461	4	Días de la semana	0,70	1	3	1	30	0,93
Éter dibutílico	0,00038	3	Días de la semana	0,06	1	2	1	3	0,09
Etilmetilcetona	0,00081	4	Días de la semana	0,12	1	3	1	30	0,93
Éter etil tert-amílico	0,00352	4	Días de la semana	0,53	1	3	1	30	0,93
1,4-dioxano	0,00103	4	Días de la semana	0,16	1	3	1	30	0,93
Nitroetano	0,00210	3	Días de la semana	0,32	1	2	1	3	0,09

Productos químicos	Toneladas al año	Clase de inflamabilidad	Frecuencia de uso	Cálculo de clase de cantidad (%)	Clase de cantidad	Clase de inflamabilidad potencial	Fuente de ignición	Puntuación	%
Éter diisopropílico	0,00290	4	Días de la semana	0,44	1	3	1	30	0,93
Etilenglicol monometil eter	0,00193	3	Días de la semana	0,29	1	2	1	3	0,09
1,4-dioxano	0,00155	4	Días de la semana	0,23	1	3	1	30	0,93
1-nitropropano	0,00594	3	Días de la semana	0,90	1	2	1	3	0,09
Acetoacetato de metilo	0,00036	4	Días de la semana	0,07	1	3	1	30	0,93
Butirato de etilo	0,00044	3	Días de la semana	0,07	1	2	1	3	0,09
Carbonato de dietilo	0,0049	3	Días de la semana	2,27	2	2	1	3	0,09
1,2-dicloroetano	0,01500	4	Días de la semana	2,27	2	3	1	30	0,93
Tetrametilamonio hidroxido en solución	0,00020	4	Días de la semana	0,03	1	3	1	30	0,93
Amilo acetato	0,00526	3	Días de la semana	0,79	1	2	1	3	0,09
Alilo acetato	0,00441	4	Días de la semana	0,67	1	3	1	30	0,93
Acetato de sec-butilo	0,00066	4	Días de la semana	0,10	1	3	1	30	0,93
Butil acetato	0,00541	3	Días de la semana	0,82	1	2	1	3	0,09
Acetato de etilo	0,00451	4	Días de la semana	0,68	1	3	1	30	0,93
Acetonitrilo	0,01847	4	Días de la semana	2,79	2	3	1	30	0,93
Ácido acético	0,02205	3	Días de la semana	3,33	2	2	1	3	0,09
Ácido isobutírico	0,01649	3	Días de la semana	2,49	2	2	1	3	0,09
Ácido propiónico	0,00059	3	Días de la semana	0,09	1	2	1	3	0,09
Anhídrido acético	0,001728	3	Días de la semana	16,67	4	3	1	30	0,93
Tetrahidrofurano	0,11036	4	Días de la semana	16,67	4	4	1	300	9,26
Éter dietílico	0,01212	5	Días de la semana	1,19	2	4	1	300	9,26

Productos químicos	Toneladas al año	Clase de inflamabilidad	Frecuencia de uso	Cálculo de clase de cantidad (%)	Clase de cantidad	Clase de inflamabilidad potencial	Fuente de ignición	Puntuación	%
n-Hexano	0,00786	4	Días de la semana	1,19	2	3	1	30	0,93
1,2-dimetoxietano	0,00043	4	Días de la semana	0,07	1	3	1	30	0,93
Isobutanol	0,00080	3	Días de la semana	0,12	1	2	1	3	0,09
2-butanol	0,00081	3	Días de la semana	0,12	1	2	1	3	0,09
1-butanol	0,00243	3	Días de la semana	0,37	1	2	1	3	0,09
Ciclohexano	0,00195	4	Días de la semana	0,29	1	3	1	30	0,93
Cloruro de acilo	0,00002	4	Días de la semana	0,00	1	3	1	30	0,93
Acetona	0,01882	4	Días de la semana	2,84	2	3	1	30	0,93
Aguarrás mineral (Petroleum spirits)	0,00316	3	Días de la semana	0,48	1	2	1	3	0,09
1-Propanol	0,01927	4	Días de la semana	2,91	2	3	1	30	0,93
Ciclopentano	0,00008	4	Días de la semana	0,01	1	3	1	30	0,93
Éter etílico	0,02032	5	Días de la semana	3,07	2	4	1	300	9,26
Etanol 95%	0,090850	4	Días de la semana	13,72	4	4	1	300	9,26
Diacetilo	0,00010	4	Días de la semana	0,01	1	3	1	30	0,93
Nitrito de amilo	0,00009	4	Días de la semana	0,01	1	3	1	30	0,93
Acetaldehído	0,00158	5	Días de la semana	0,24	1	3	1	30	0,93
n-butiraldehído	0,00080	4	Días de la semana	0,12	1	3	1	30	0,93
Acetaldehído dietilacetal	0,00083	4	Días de la semana	0,13	1	3	1	30	0,93
Paraldehído	0,00100	3	Días de la semana	0,15	1	2	1	3	0,09
Butalamina	0,00056	4	Días de la semana	0,08	1	3	1	30	0,93
Levotiroxina	0,00001	3	Días de la semana	0,00	1	2	1	3	0,09

Productos químicos	Toneladas al año	Clase de inflamabilidad	Frecuencia de uso	Cálculo de clase de cantidad (%)	Clase de cantidad	Clase de inflamabilidad potencial	Fuente de ignición	Puntuación	%
3,3-dimetilbutanamina	0,00005	4	Días de la semana	0,01	1	3	1	30	0,93
1-etilpiperidina	0,00001	4	Días de la semana	0,00	1	3	1	30	0,93
Isopropilamina	0,00108	5	Días de la semana	0,16	1	3	1	30	0,93
2,4,6-Trimetilpiridina	0,00160	3	Días de la semana	0,24	1	2	1	3	0,09
Piridina	0,00786	4	Días de la semana	1,19	2	3	1	30	0,93
Alcohol n-amílico	0,00053	3	Días de la semana	0,80	1	2	1	3	0,09
Alcohol isoamílico	0,00162	3	Días de la semana	0,24	1	2	1	3	0,09
Butanol	0,00162	3	Días de la semana	0,24	1	2	1	3	0,09
tert-Butanol	0,00117	4	Días de la semana	0,18	1	3	1	30	0,93
Alcohol n-Butílico	0,01053	3	Días de la semana	1,59	2	2	1	3	0,09
Metanol	0,02870	4	Días de la semana	4,33	2	3	1	30	0,93
Isobutanol	0,01123	3	Días de la semana	1,70	2	2	1	3	0,09
1-hexanol	0,00081	3	Días de la semana	0,12	1	2	1	3	0,09
2-metoxietanol	0,00048	3	Días de la semana	0,07	1	2	1	3	0,09
Biciclo [2.2.1] -2,5-heptadieno	0,00025	4	Días de la semana	0,04	1	3	1	30	0,93
Alcohol terc-amílico	0,00041	4	Días de la semana	0,06	1	2	1	3	0,09
2-Pentanol	0,00041	3	Días de la semana	0,06	1	2	1	3	0,09
n-Octano	0,00004	4	Días de la semana	0,01	1	3	1	30	0,93
Diisobutileno	0,00059	4	Días de la semana	0,09	1	3	1	30	0,93
N,N-dimetilamina	0,00101	4	Días de la semana	0,15	1	3	1	30	0,93
3-cloropropeno	0,00047	4	Días de la semana	0,07	1	3	1	30	0,93

Productos químicos	Toneladas al año	Clase de inflamabilidad	Frecuencia de uso	Cálculo de clase de cantidad (%)	Clase de cantidad	Clase de inflamabilidad potencial	Fuente de ignición	Puntuación	%
Isopropanol	0,01140	4	Días de la semana	1,72	2	3	1	30	0,93
Etilmetilcetona	0,01731	4	Días de la semana	2,61	2	3	1	30	0,93
Acetilacetona	0,00098	3	Días de la semana	0,15	1	2	1	3	0,09
Metil isobutil cetona	0,00004	4	Días de la semana	0,01	1	3	1	30	0,93
2-pentanona	0,00364	4	Días de la semana	0,55	1	3	1	30	0,93
Ciclohexanona	0,00024	3	Días de la semana	0,04	1	2	1	3	0,09
Ciclooctano	0,00459	3	Días de la semana	0,69	1	2	1	3	0,09
Heptano destilado	0,00274	4	Días de la semana	0,41	1	3	1	30	0,93
Ciclohexano	0,00269	4	Días de la semana	0,41	1	3	1	30	0,93
2-metilpentano	0,00740	4	Días de la semana	0,13	1	3	1	30	0,93
n-pentano	0,00086	4	Días de la semana	0,13	1	3	1	30	0,93
2,3-dimetilbutano	0,00407	4	Días de la semana	0,61	1	3	1	30	0,93
2,6-lutidina	0,00033	4	Días de la semana	0,05	1	3	1	30	0,93
Colodión U.S.P	0,00046	3	Días de la semana	0,07	1	2	1	3	0,09
Etilbenceno	0,00058	5	Días de la semana	0,09	1	3	1	30	0,93
Xileno	0,00433	4	Días de la semana	0,65	1	3	1	30	0,93
p-cimeno	0,00995	3	Días de la semana	1,50	2	2	1	3	0,09
Benceno	0,00043	3	Días de la semana	0,06	1	2	1	3	0,09
Isobutilbenceno	0,00964	4	Días de la semana	0,00	2	3	1	30	0,93
Clorobenceno	0,00002	3	Días de la semana	1,59	1	2	1	3	0,09
Nonano	0,01055	3	Días de la semana	0,41	2	2	1	3	0,09

Productos químicos	Toneladas al año	Clase de inflamabilidad	Frecuencia de uso	Cálculo de clase de cantidad (%)	Clase de cantidad	Clase de inflamabilidad potencial	Fuente de ignición	Puntuación	%
Tolueno	0,00269	3	Días de la semana	1,57	1	2	1	3	0,09
2,2,4-trimetilpentano	0,01040	4	Días de la semana	0,83	2	3	1	30	0,93
n-Heptano	0,00552	4	Días de la semana	0,93	1	3	1	30	0,93
Queroseno	0,00616	4	Días de la semana	0,32	1	3	1	30	0,93
SUMA								3240	
Potencial de riesgo de incendio importante									

ANEXO 2

Datos obtenidos del inventario realizado el día 18 de noviembre de 2021 en el Laboratorio de la Morgue.

Cuadro 15. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Toxicidad Aguda H1 en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.

H1 Toxicidad Aguda			
Productos químicos	Clasificación Frases H	Categoría	Cantidad (g)
Formalina al 37%	H331	1	380000,00
Formalina al 10% bufferizada	H331	1	53000,00
Total			468790,00

Cuadro 16. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos inflamables P5a en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.

P5a Líquidos inflamables		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Alcohol isopropílico grado técnico	H226	892267,20
Resina poliéster	H225	40800,00
Catalizador de resina para poliéster	H225	976,33
Alcohol etílico	H225	5474602,58
Alcohol triple AAA 95	H225	138000,00
Alcohol etílico absoluto al 100%	H225	391176,40
Xilol	H225	564957,45
Alcohol etílico 95	H226	15780,00
Total		7518560,00

Cuadro 17. Inventario y cantidad de las sustancias que se encuentran dentro de la categoría de Líquidos y sólidos comburentes P8 en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.

P8 Líquidos y sólidos comburentes		
Productos químicos	Clasificación Frases H	Cantidad (g)
Peróxido de hidrógeno	H271, H272	15950,00
Sal de praga	H271	50000,00
Total		65950,00

Cuadro 18. Resultados obtenidos de la aplicación de la Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 (Seveso III) en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.

Resultados finales de la clasificación de riesgos - Morgue			
Categoría	Cantidad (toneladas)	Cantidad Umbral (Toneladas)	Total
H2 Toxicidad Aguda	0,46879	50	0,00938
P5a Líquidos inflamables	7,51856	10	0,75186
P8 Líquidos y sólidos comburentes	0,06595	50	0,00132

Cuadro 19. Resultados de la aplicación de la metodología de la Evaluación simplificada del riesgo de incendio /explosión (INRS) en los líquidos inflamables (P5a) presentes en la en el Laboratorio de la Morgue de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.

Productos químicos	Toneladas al año	Clase de inflamabilidad	Frecuencia de uso	Cálculo de clase de cantidad (%)	Clase de cantidad	Clase de inflamabilidad potencial	Fuente de ignición	Puntuación	%
Alcohol isopropílico grado técnico	0,89227	4	Días de la semana	11,87	3	4	1	300	11,13
Resina poliéster	0,04080	3	Días de la semana	0,54	1	2	1	3	0,11
Catalizador de resina para poliéster	0,00098	3	Días de la semana	0,01	1	2	1	3	0,11
Alcohol etílico	5,47460	4	Días de la semana	72,81	5	5	1	2000	74,18
Alcohol triple AAA 95	0,13800	4	Días de la semana	1,84	2	3	1	30	1,11
Alcohol etílico absoluto al 100%	0,39118	4	Días de la semana	5,20	3	4	1	300	11,13
Xilol	0,56496	3	Días de la semana	7,51	3	3	1	30	1,11
Alcohol etílico 95	0,01578	4	Días de la semana	0,21	1	3	1	30	1,11
SUMA								2696	
Potencial de riesgo de incendio importante (II)									

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, A. (2010) Lineamientos para la atención de las emergencias con productos químicos., Universidad de Costa Rica, 1ª versión. Disponible en: http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/Instructivo%20de%20atenci%C3%B3n_0.pdf Consultado (20/05/2021).
- Alfaro, A. (2020) Manual de Seguridad para la Seguridad para Laboratorios de la Universidad de Costa Rica, 4ª versión. Disponible en: <http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/Manual%20de%20Seguridad%20UCR.pdf> Consultado (20/05/2021).
- Alfaro, A. Comunicación personal, 17 de mayo y 11 de junio del 2021.
- Ayana, U.; Lawrence, W.; Jalsa, N. (2017). Chemical laboratory safety awareness, attitudes, and practices of tertiary students. *Safety Science*. 96, 161-171.
- Bernaola, M; Quevedo, L. (2012) Métodos simplificados de evaluación del riesgo químico: incendios y explosiones. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo – INSST. Revista Seguridad e Higiene en el Trabajo. Disponible en: https://issuu.com/lamina/docs/sst_66?mode=embed&layout=http%3A%2F%2Fskin.issuu.com%2Fv%2Flight%2Flayout.xml&showFlipBtn=true
- Carranza, Y. 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. Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2013.
- Cetemeri, L. (2010). Seveso: el desastre y la Directiva. Open Edition Journals. Volumen 6, N°2. Disponible en: <https://journals.openedition.org/laboreal/8522>
- Clavería, J. (1998). El Riesgo de Desastre Químico como Cuestión de Salud Pública. *Rev. Esp. Salud Publica*, 72.

- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) Desastres y Emergencias Tecnológicas, Costa Rica: 1997. Disponible en: <http://www.nzdl.org/gsdlmod?e=d-00000-00---off-0paho--00-0----0-10-0--0---0direct-10---4-----0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.1&d=HASH30855d131a05b9f2c6cefd>=2#:~:text=26805%2DS%20del%2031%20de,personas%2C%20materiales%20o%20el%20medio.> Consultado (17/06/2020).
- Díaz, L. (2011). La Observación. Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf Consultado (06/07/2021).
- Díaz, L.; Torruco, U.; Martínez, M.; Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación Educ. Médica*. 2, 162-167.
- Expósito, D.; González, J. (2017). Sistematización de experiencias como método de investigación. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*. 4, 99-10.
- Ferrer, A. (2007) La aplicación de la normativa Seveso. El cumplimiento de las medidas y obligaciones que afectan a los trabajadores Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). Disponible en: <https://www.ccoo.es/400f54e0ea7b0948bed455e8233923ae000001.pdf>
- Gomez, E.; Navas, D.; Aponte, G.; Betancourt, L. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia. 81, 158-163.
- Hidalgo, S.; Villalobos, M.; Rivera, P. (2010). Programa de comunicación del riesgo químico y sus alternativas de solución. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Jahan, N.; Islam, S.; Hossain, I. (2016). Fire Hazard Risk Assessment of Mixed-Use Chemical Storage Facilities: A Case Study of Chemical

Warehouses in Old Dhaka. *Journal of Bangladesh Institute of Planners*, 9, 113-124.

- Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo N° 8488, Asamblea Legislativa, Gaceta N° 8, 11 de enero del 2006. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=56178&nValor3=0&strTipM=FN Consultado (17/06/2021).
- Lillibridge SR. (2000). Desastres industriales. Impacto de los desastres en la salud pública. Bogota: OPS.
- Molpeceres, A. (2012). Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País: Experiencias y Herramientas de aplicación a nivel regional y local. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD Chile.
- Mora, J.; Benavides, D.; Piedra, G. (2013). Gestión de reactivos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional. *UNICIENCIA*, 27, 266-283.
- Núñez, M. (2013). Elaboración de un sistema de gestión de seguridad y salud en el Laboratorio de Ingeniería Química. San José, Costa Rica.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR). (2015) Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Disponible en: https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf Consultado (17/06/2021).
- Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres (UNDRR). (2001). Marco de acción para la implementación de la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD). Disponible en: <https://eird.org/esp/acerca-eird/marco-accion-esp.htm> Consultado (16/06/2021).
- Organización Panamericana de la Salud (OPS), (2010) Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres. Disponible en: https://www.paho.org/disasters/dmdocuments/ER_Simulaciones.pdf

- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2003). Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response Guidance for Industry (including Management and Labour), Public Authorities, Communities, and other Stakeholders. OECD Environment, Health and Safety Publications.
- Pérez, S.; Granados, S.; Estupiñán, S. (2018). Lo que usted debe saber sobre riesgo tecnológico. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD): Colombia, Bogotá.
- Plakinoff, N. (2014). Desastre Ambiental (Desastre Químico en Seveso). Universidad José Antonio Páez, Facultad de Ingeniería, San Diego, Venezuela. Disponible en: https://www.academia.edu/9072534/Accidente_Ambiental_Seveso
- Política Nacional de Gestión de Riesgo 2016-2030 N° 39322-MP-MINAE-MIVAH. Poder Ejecutivo, Gaceta N° 230, 30 de noviembre del 2015. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=80654&nValor3=102417&strTipM=FN Consultado (17/06/2021).
- Programa de Gestión del Riesgo y Reducción de Desastres. (s.f). Disponible en: https://vra.ucr.ac.cr/cat_nuestro_trabajo/pgrrd/ Consultado (22/06/2021).
- Quecedo, R.; Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*. 14, 5-39.
- Rapalino, O.; Anaya, L. (2014). La política de gestión del riesgo de desastres en el contexto colombiano: Marco socio-jurídico a nivel histórico, necesidades y desarrollos actuales, 71-100.
- Rigas, F.; Sklavounos, S. (2004). Major Hazards Analysis for Populations Adjacent to Chemical Storage Facilities. *Process Safety and Environmental Protection*. 82, 341-351.
- Sánchez, M. Análisis de los accidentes químico-tecnológicos presentados en la Gran Área Metropolitana durante el período de 1998-2005. (2010). Escuela de Química, Universidad Nacional. *UNICIENCIA*. 24, 25-33.

- Solís, A. (2002). Desastres y emergencias tecnológicas. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Emergencias. Dirección de Gestión de Desastres. Pavas, Costa Rica.
- Universidad Industrial de Santander (UIS). Protocolo de Seguridad Química: Manipulación segura de Sustancias Químicas. (2012). Disponible en: https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/gestion_ambiental/protocolos/TTH.01.pdf Consultado (9/06/2021).
- University of Washington (UW). (s.f.). Accident Prevention Plan. Disponible en: <https://www.ehs.washington.edu/workplace/accident-prevention-plan> Consultado (9/06/2021).
- Vargas, J. (2018). Evaluación y propuesta sobre las condiciones de almacenamiento y manejo de las sustancias químicas líquidas peligrosas en la Sede Central del Instituto Nacional de Aprendizaje. Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José.
- Vásquez, I. (2016). Tipos de estudio y métodos de investigación. Disponible en: <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tipos-de-estudio-y-m%C3%A9todos-de-investigaci%C3%B3n.pdf> Consultado (23/06/2021).
- Vasudevan, N.; Rajaram, P. (2001). Bioremediation of soil sludge-contaminated soil. *Environment International*, 26, 409-410.