

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

University of Central Florida

Environmental Health and Safety Department



UNIVERSITY OF
CENTRAL FLORIDA

Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Seguridad
Laboral e Higiene Ambiental

**Propuesta de mejora para la estrategia de recolección y almacenamiento de residuos
químicos generados en el Campus Tecnológico Central del Instituto Tecnológico de
Costa Rica a partir de la experiencia desarrollada por la University of Central Florida**

Realizado por:

Álvaro José Montero Murillo

Daniel José Montero Murillo

Profesor asesor:

Dr. Isaac Fabián Céspedes Camacho

Asesor Industrial:

Dr. José Vázquez Pérez.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Constancia de Defensa Pública

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con grado de licenciatura.

Miembros del tribunal



Dr. Isaac Fabián Céspedes Camacho
Profesor Académico



Ing. Mónica Carpio Chaves
En representación de la Dirección EISLHA
Lectora 1



Javier Francisco Montero Jiménez, Regente Químico
Lector 2

Constancia de Defensa Pública

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con grado de licenciatura.

Miembros del tribunal

Dr. Isaac Fabián Céspedes Camacho

Profesor Académico

Ing. Mónica Carpio Chaves

En representación de la Dirección EISLHA

Lectora 1

Javier Francisco Montero Jiménez, Regente Químico

Lector 2

Dedicatorias

Dedicatoria Daniel:

A toda mi familia, pero en especial a mi hermana por ser mi motivación durante toda esta etapa.

Dedicatoria Álvaro:

A mis amigos, a todos mis compañeros, profesores y a mi familia por inspirarme, impulsarme y, en algunas ocasiones, obligarme a sacar lo mejor de mí, en especial en los momentos más difíciles.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestra mamá y papá por todo el apoyo recibido durante todos estos años, por entender nuestros errores y comprender nuestras dificultades sin excepción. Por sacrificar parte de sus vidas para formarnos y educarnos. Por último, por animarnos y respaldarnos para cumplir nuestra meta de ser ingenieros y poder realizar una pasantía fuera del país.

Al Instituto Tecnológico de Costa Rica, por darnos una educación de primer mundo y por darnos tantas oportunidades de desarrollarnos académica y profesionalmente. Igualmente, a Vicerrectoría de Vida Estudiantil, a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión y a la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental por las becas otorgadas para la realización de esta pasantía.

A los miembros del departamento de EHS de UCF por recibirnos y ayudarnos en este proceso, en especial al Dr. José Vázquez y a Aaron Young, por todo el seguimiento, apoyo y compartir sus conocimientos. A Mónica Marangunic y a Franco del Pino. También, al Prof. Isaac Céspedes por guiarnos y animarnos a salir de nuestra zona de confort e impulsarnos a tomar esta pasantía.

“We are who we are for a lot of reasons. And maybe we’ll never know most of them. But even if we don’t have the power to choose where we come from, we can still choose where we go from there”

Stephen Chbosky (The Perks of Being a Wallflower).

Lista de abreviaturas

ACS	American Chemical Society
AAS	Área de almacenamiento satélite
CEQIATEC	Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos
CIPA	Centro de Investigación en Protección Ambiental
CSO	Consejo de Salud Ocupacional
CWML	Chemical Waste Management Laboratory
CWMP	Chemical Waste Management Program
DOT	Department of Transportation of the United States of America
EH&S	Environmental Health and Safety
EPA	Environmental Protection Agency
EPP	Equipo de protección personal
GASEL	Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral
GRQP	Guía de Residuos Químicos Peligrosos
INPER	Instituto Nacional de Perinatología de México
INSST	Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
NFPA	National Fire Protection Association
MINAE	Ministerio del Ambiente y Energía
NIOSH	National Institute for Occupational Safety & Health
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act
SGA	Sistema Globalmente Armonizado
SIGREP	Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos
TEC	Instituto Tecnológico de Costa Rica

UCF	University of Central Florida
UCR	Universidad de Costa Rica
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNED	Universidad Estatal a Distancia

1. Resumen

Desechar los residuos químicos producidos por cualquier institución académica es un problema que conlleva una logística importante e indispensable, ya que la mayoría de estos residuos suelen ser contaminantes y peligrosos para el medio ambiente y los seres humanos. Por esto, el presente proyecto tiene como objetivo proponer una estrategia de mejora para el proceso de recolección y almacenamiento de los residuos químicos producidos en el Campus Tecnológico Central del TEC, tomando como principal insumo la experiencia desarrollada por la University of Central Florida (UCF). El proyecto se ha desarrollado a partir de la información recolectada en la Escuela de Química del TEC, así como de los centros de investigación adscritos a esta, y con el apoyo de la Regencia Química de la institución.

Los resultados y soluciones expuestos en el proyecto se han a partir de la aplicación de listas de verificación basadas en normativas nacionales e internacionales vigentes, entrevistas abiertas a los encargados del proceso, visitas de campo, así como observación *in situ* en los lugares bajo estudio. Luego de aplicadas las herramientas de análisis correspondientes, es claro que el modelo actual de almacenamiento y recolección de residuos químicos del TEC carece de criterios técnicos actualizados, lo que implica que la probabilidad de un accidente sea muy alta.

Por lo tanto, y luego de analizadas las distintas alternativas de solución, se propone que la más pertinente es la construcción de un centro de almacenamiento de residuos peligrosos en el que pueda darse un almacenamiento apropiado a los residuos químicos generados en el Campus Tecnológico Central. Igualmente, se plantea una mejora de todos los procesos relacionados a la recolección de estos residuos, de manera que el TEC disponga de un proceso integral que disminuya los riesgos relacionados a esta problemática.

Palabras claves: Residuos químicos, Almacenamiento, Recolección, Segregación, Seguridad química.

Keywords: Chemical Waste Disposal, Storage, Hazardous Waste Management, Segregation, Chemical Security

Índice.

Dedicatorias	I
Agradecimientos	II
Lista de abreviaturas	IV
1. Resumen	VI
I. Introducción	1
1. Identificación de la empresa	1
2. Misión y visión del TEC	1
3. Antecedentes/historia de le empresa	2
4. Ubicación geográfica.....	4
5. Organigrama de la organización	5
6. Cantidad de empleados.....	7
7. Mercado.....	7
8. Proceso productivo y productos.....	7
2. Planteamiento del problema.....	8
3. Justificación del proyecto	9
4. Objetivos del Proyecto de Graduación	11
5. Alcances y Limitaciones del Trabajo.....	12
II. Marco teórico	14
III. Metodología	22
IV. Análisis de la situación actual.	32
A. Descripción General de los laboratorios de la Escuela de Química.	32
B. Zonas de almacenamiento en los Laboratorios de la Escuela de Química.....	34
C. Cantidad de desechos producidas en los Laboratorios de la Escuela de Química.....	35
D. Porcentaje de cumplimiento de los aspectos evaluados.....	37

E.	Entrevistas a involucrados en el proceso de recolección de residuos químicos.....	43
F.	Descripción General de los laboratorios de UCF.	46
G.	Porcentaje de cumplimiento de los aspectos evaluados en UCF.	47
H.	Análisis FODA	52
I.	Conclusiones.....	53
J.	Recomendaciones	55
V.	Alternativas de solución.....	57
	Alternativa de solución 1.....	57
	Alternativa de solución 2.....	66
	Alternativa de solución 3.....	71
VI.	Comparativa de las alternativas.....	77
VII.	Alternativa de solución elegida.....	78
	1. Justificación de la elección:	78
VIII.	Procedimientos para la recolección y el almacenamiento de los residuos químicos producidos en el Tecnológico de Costa Rica	83
	Procedimiento de Gestión Ambiental en Laboratorios Químicos	84
	Procedimiento de etiquetado de los contenedores de residuos químicos	89
	Procedimiento para la recolección y el almacenamiento de los residuos químicos.....	96
	Guía de control de derrames químicos.	106
IX.	Conclusiones.	107
X.	Recomendaciones.....	108
XI.	Referencias.....	109
XII.	Apéndices.....	113
XIII.	Anexos.....	130

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del TEC Fuente: (Google Maps, 2022).....	4
Figura 2. Ubicación geográfica de UCF. Fuente: (Google Maps, 2022).....	4
Figura 3. Organigrama del TEC (Adaptación del original).....	5
Figura 4. Organigrama del Environmental Health and Safety Department en UCF (Adaptación del original).....	6
Figura 5. Esquema del Plan de Análisis para los objetivos específicos.	30
Figura 6. Drenaje presente en el laboratorio de cromatografía de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).....	33
Figura 7. Kit antiderrame presente en el laboratorio de aguas residuales de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).	33
Figura 8. Panorámica del almacenamiento de los residuos químicos generados en el laboratorio de cromatografía de la Escuela de Química del TEC (Foto tomada por los autores).....	34
Figura 9. Porcentaje de cumplimiento de la lista de verificación basada en la norma NFPA 101 aplicada a los laboratorios de cromatografía, aguas residuales y académicos de la Escuela de Química.....	39
Figura 10. Porcentaje de Cumplimiento de la Guía de Inspección General de las Condiciones de Salud Ocupacional de la CSO, aplicadas en los laboratorios de cromatografía, aguas residuales y académicos de la Escuela de Química.	39
Figura 11. Resultados de la lista de verificación basada en la T12:2016 aplicada en los laboratorios de cromatografía, aguas residuales y académicos de la Escuela de Química del TEC.....	41
Figura 12. Zona de almacenamiento del laboratorio de cromatografía de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).	42
Figura 13. Zona de almacenamiento del laboratorio de Aguas Residuales de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).	43
Figura 14. Almacenamiento en laboratorio de cromatografía de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).....	44
Figura 15. Contenedor de vidrio para almacenamiento en laboratorio académico de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).	45
Figura 16. Área de acumulación satélite en laboratorio de investigación de UCF (Foto tomada por los autores).	46
Figura 17. Residuos químicos almacenados en un laboratorio de investigación de UCF, segregados según su incompatibilidad química (Foto tomada por los autores).	47
Figura 18. Residuos químicos almacenados en bandejas contenedoras sin segregar en un laboratorio de investigación de UCF (Foto tomada por los autores).....	47

Figura 19. Porcentaje de cumplimiento de la lista de verificación basada en la norma NFPA 30 y NFPA 704 aplicada los laboratorios químicos de docencia y de investigación de UCF.....	48
Figura 20. Interior del Centro de Almacenamiento de residuos químicos de UCF. Habitación 1: sustancias ácidas, Habitación 2: sustancias básicas y no reguladas y Habitación 3: sustancias inflamables (Foto tomada por los autores).....	49
Figura 21. Porcentaje de cumplimiento de la lista de verificación basada en la norma NFPA 30 y NFPA 704 aplicada en el centro de almacenamiento del departamento de EHS en UCF.	49
Figura 22. Estantes del centro de almacenamiento de residuos químicos (Foto tomada por los autores).	50
Figura 23. Pared con resistencias al fuego por 2 horas del centro de almacenamiento de UCF (Foto tomada por los autores).....	51
Figura 24. Pared con resistencia al fuego por 1 horas del centro de almacenamiento de UCF	51
Figura 25. Capillas de extracción de gases del centro de almacenamiento de UCF (Foto tomada por los autores).....	51
Figura 26. Ubicación para la construcción del centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC (Google maps).	58
Figura 27. Propuesta de distribución para el Centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC. Habitación 1 Básicos, Habitación 2 inflamables, Habitación 3 ácidos, Habitación 4 bodega y Habitación 5 capilla de humo (Diseño realizado por los autores).59	59
Figura 28. Piso epóxico para el centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC. (Exterior Coating).....	61
Figura 29. Ejemplo de señalización para la entrada al centro de almacenamiento de los residuos químicos del TEC, así como a las habitaciones de almacenamiento (Foto tomada por los autores).	62
Figura 30. Ejemplo de capilla de humo para el trasvase de los residuos químicos dentro del centro de almacenamiento (Fisher).	63
Figura 31. Localización donde se colocarían los contenedores para el almacenamiento de los residuos químicos (Google maps).	67
Figura 32. Estante para el almacenamiento de contenedores de residuos químicos (EPA). 68	68
Figura 33. Ejemplo de ventilación en los contenedores de almacenamiento de residuos químicos (Gemapro).....	68
Figura 34. Contenedor para el almacenamiento temporal de residuos químicos de la empresa Ecostandard.	69
Figura 35. Bodega propuesta para almacenar los residuos químicos producidos en el TEC. (Foto tomada por los autores).....	71

Figura 36. Ubicación espacial de la bodega a remodelar para el almacenamiento de los residuos químicos (Google maps).	72
Figura 37. Ejemplo de vigas revestidas con el mortero ignífugo resistentes al fuego (Mercor Tecresa). 73	
Figura 38. Ejemplo de la aplicación de mortero ignífugo (Mercor Tecresa).	74
Figura 39. Puertas resistentes al fuego para los accesos a la bodega de almacenamiento y los cuartos (COARPE)	75
Figura 40. Ejemplo de la señalización exterior para el contenedor de almacenamiento. Señalización utilizada en UCF (Foto tomada por los autores).	75
Figura 41. Distribución de la señalización en el centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC (Diseño realizado por los autores).	81
Figura 42. Distribución para el centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC (Diseño realizado por los autores).	81
Figura 43. Propuesta de etiqueta para los contenedores de residuos químicos del TEC.....	90
Figura 44. Cartel con números de identificación de los peligros de las sustancias (DOT)..	92
Figura 45. Señalización de los peligros de las sustancias (DOT).....	93
Figura 46. Ejemplo de cartel numerado del DOT (DOT).....	94
Figura 47. Carteles en camión de transporte de sustancias peligrosas	94
Figura 48. Carteles en camión utilizado en UCF.....	94
Figura 49. Área de Almacenamiento Satélite UCF (Foto tomada por los autores).....	97
Figura 50. Ejemplo de carrito para transporte AAS-vehículo-centro de almacenamiento (webstaurantstore).	98
Figura 51. Ejemplo de vehículo con plataforma para el transporte de los residuos químicos hasta el centro de almacenamiento (Foto tomada por los autores).	99
Figura 52. Ejemplo de estante para el almacenamiento de los contenedores de residuos químicos (Safelabor).....	100
Figura 53. Contenedores de plástico de 10 y 5 litros (Empacor)	101
Figura 54. Contenedores de plástico para pequeñas cantidades de residuos (Empacor)....	101
Figura 55. Contenedores de vidrio ámbar (Empacor)	102
Figura 56. Contenedor de 30 galones (Empacor).....	102
Figura 57. Contenedor de 55 galones (Empacor).	102
Figura 58. Opción de bandeja para repisa de estante (New Pig).....	103
Figura 59. Opción de bandeja para repisa (New Pig).....	103
Figura 60. Bandeja para derrame de contenedores de 30 y 55 galones (New Pig).	103

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Población y muestra por herramienta.	24
Cuadro 2. Operacionalización de variables para el objetivo específico 1.	25
Cuadro 3. Operacionalización de variables para el objetivo específico 2	26
Cuadro 4. Operacionalización de variables para el objetivo específico 3	27
Cuadro 5. Tipo y cantidad de residuos producido por el CEQIATEC y el CIPA durante el primer semestre del 2022.....	36
Cuadro 6. Análisis Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.	52
Cuadro 7. Presupuesto de los materiales para la construcción del centro de almacenamiento de los residuos químicos.....	64
Cuadro 8. Presupuesto de los materiales necesarios para la contención de derrames químicos en el centro de almacenamiento.....	64
Cuadro 9. Presupuesto de los accesorios para el centro de almacenamiento del TEC.....	65
Cuadro 10. Presupuesto total para la construcción del centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC.	65
Cuadro 11. Presupuesto para la instalación de 3 contenedores de almacenamiento para el TEC.....	69
Cuadro 12. Presupuesto para los materiales necesarios para la remodelación de la bodega existente en el TEC.....	76
Cuadro 13. Presupuesto final de la alternativa 3	76
Cuadro 14. Análisis comparativo de los componentes de cada alternativa de solución para la recolección y almacenamiento de los residuos químicos generados en el Campus Tecnológico Central del TEC.	77

I. Introducción

1. Identificación de la empresa

El Tecnológico de Costa Rica (TEC) es una institución nacional autónoma de educación superior universitaria, dedicada a la docencia, la investigación y la extensión de la tecnología y las ciencias conexas para el desarrollo de Costa Rica. Fue creado mediante ley No. 4777 del 10 de junio de 1971 (Ley N°4777).

2. Misión y visión del TEC

A continuación, se presentan la misión y la visión del TEC.

1.1. Misión

“Contribuir al desarrollo integral del país, mediante formación del recurso humano, la investigación y la extensión; manteniendo el liderazgo científico, tecnológico y técnico, la excelencia académica y el estricto apego a las normas éticas, humanísticas y ambientales, desde una perspectiva universitaria estatal de calidad y competitividad a nivel nacional e internacional” (TEC, 2017).

1.2. Visión

“El Instituto Tecnológico de Costa Rica seguirá contribuyendo mediante la sólida formación del talento humano, el desarrollo de la investigación, la extensión, la acción social y la innovación científico-tecnológica pertinente, la iniciativa emprendedora y la estrecha vinculación con los diferentes actores sociales a la edificación de una sociedad más solidaria e inclusiva; comprometida con la búsqueda de la justicia social, el respeto de los derechos humanos y del ambiente” (TEC, 2017).

1.3. Misión y visión del Environmental Health and Safety Department de la University of Central Florida (UCF)

A continuación, se presentan la misión del Departamento de Salud y Seguridad Ambiental (EHS, por sus siglas en inglés) de UCF, la cual es una traducción propia del texto original.

1.3.1. Misión

“Nuestra misión es promover operaciones saludables y seguras en el campus, que protegerán a los profesores, estudiantes, personal, visitantes y nuestro medio ambiente. Apoyamos a los profesores, el personal y los estudiantes para que puedan completar su investigación de manera segura, y lo que garantiza que las personas y UCF cumplan con las regulaciones locales, estatales y federales. Nuestro personal brinda supervisión, consulta, capacitación y otros servicios especializados a diario para crear una cultura de seguridad, administración ambiental y para apoyar los objetivos estratégicos de la universidad” (Environmental Health and Safety Department ,2021).

3. Antecedentes/historia de le empresa

Instituto Tecnológico de Costa Rica:

El TEC es una universidad pública de Costa Rica, fundada el 10 de junio de 1971, que se dedica a la dedicada a la docencia, la investigación y la extensión de la tecnología y las ciencias conexas para el desarrollo de Costa Rica.

Actualmente el TEC tiene tres campus tecnológicos y dos centros académicos. El Campus Tecnológico Central de Cartago, Campus Tecnológico Local de San Carlos, Campus Tecnológico Local de San José, Centro Académico de Alajuela, Centro Académico de Limón y Centro de Transferencia Tecnológica, ubicado en Zapote, San José.

University of Central Florida:

UCF es una universidad pública del estado de Florida, fundada el 10 de junio de 1963. Es la universidad pública con más estudiantes matriculados de Estados Unidos, además de ser la tercera más grande de dicho país.

En el aspecto académico, UCF cuenta con carreras de bachillerato, maestrías y doctorados en diferentes áreas como ingenierías, carreras artísticas, medicina, ciencias exactas, entre otras (UCF, *s.f.*).

4. Ubicación geográfica.

Instituto Tecnológico de Costa Rica:

El campus central del TEC, se ubica en la provincia de Cartago, específicamente en Calle 15, Avenida 14. (Ver figura 1)



Figura 1. Ubicación geográfica del TEC Fuente: (Google Maps, 2022).

University of Central Florida:

El campus central de UCF, se ubica en Orlando, específicamente en 4000 Central Florida Blvd, Orlando, FL 32816, Estados Unidos. Cuenta con 12 campus satélite en todo el estado de la Florida (Ver figura 2).

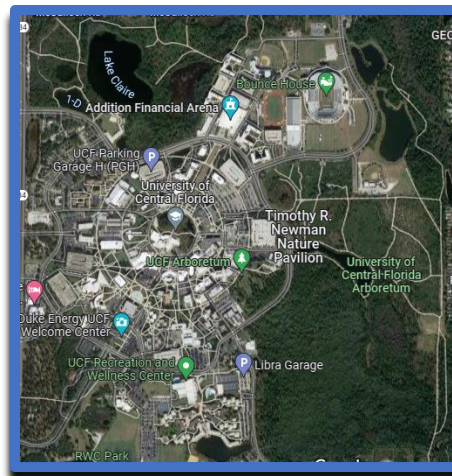


Figura 2. Ubicación geográfica de UCF. Fuente: (Google Maps, 2022).

5. Organigrama de la organización

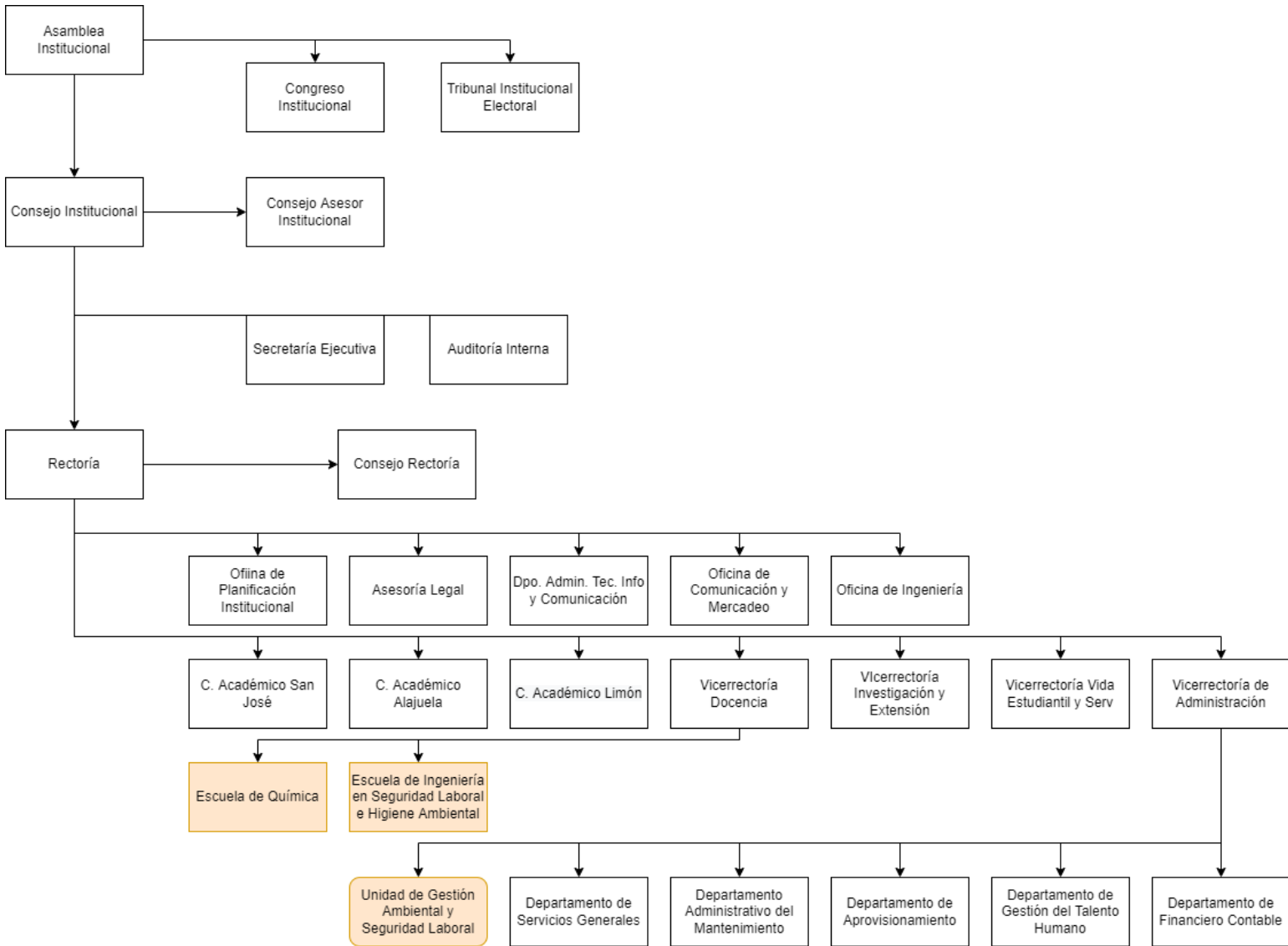


Figura 3. Organigrama del TEC (Adaptación del original)

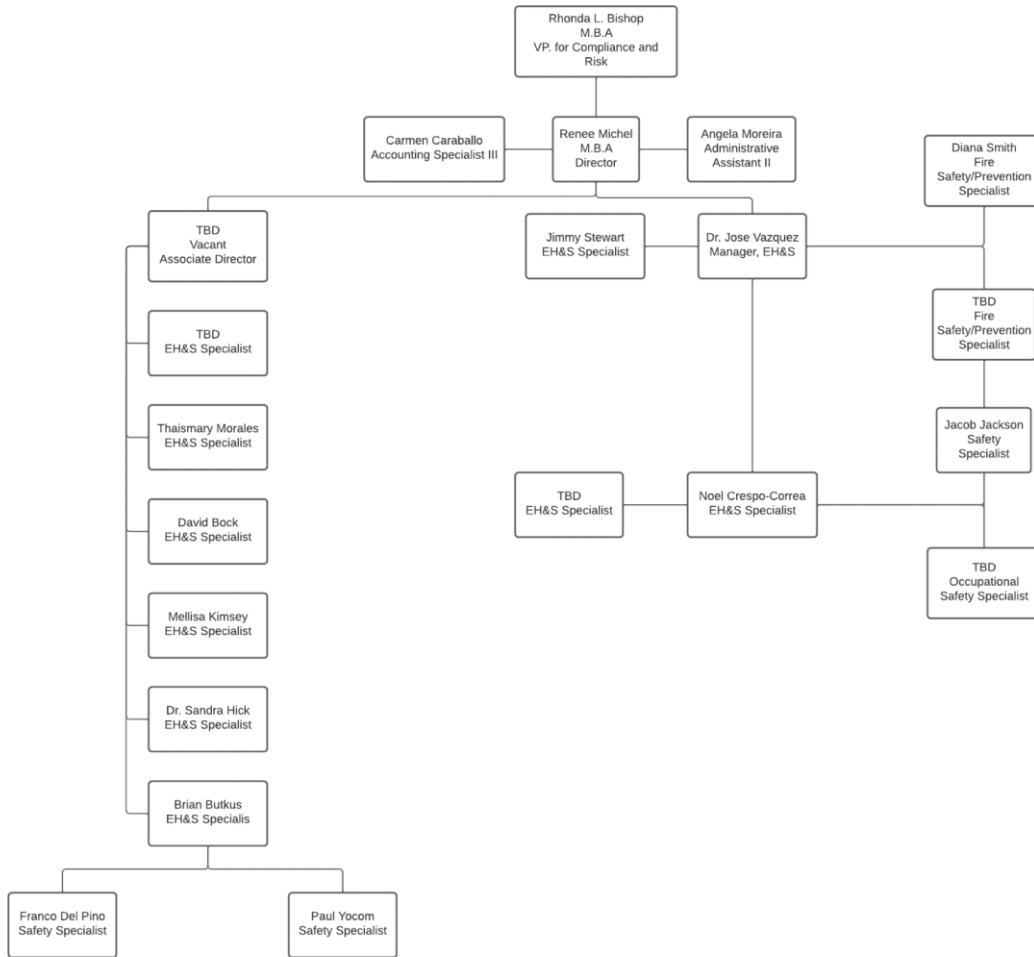


Figura 4. Organigrama del Environmental Health and Safety Department en UCF (Adaptación del original).

6. Cantidad de empleados.

Según el organigrama del EHS de UCF, el mismo cuenta con 21 trabajadores, sin tomar en cuenta la cantidad de asistentes y estudiantes que hacen pasantías.

Por su parte el TEC, cuenta con alrededor de 1459 colaboradores, los cuales se distribuyen en la parte académica, administrativa, así como en los centros de investigación presentes.

7. Mercado.

El TEC, al ser una institución de “formación del talento humano, el desarrollo de la investigación, la extensión, la acción social y la innovación científico-tecnológica pertinente” (TEC, 2017), vela por el desarrollo de Costa Rica, siendo su mercado la sociedad.

8. Proceso productivo y productos.

En este apartado se describe el proceso productivo del área bajo estudio.

La Unidad de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL) diseña e implementa programas tendientes a lograr un sistema de gestión integrado en las temáticas de Regencia Ambiental, Seguridad Laboral y Regencia Química para el TEC, y que minimicen o prevengan el impacto ambiental y el riesgo laboral (GASEL, *s.f.*).

En la parte de regencia química se ofrece: talleres y capacitaciones para toda la población de la institución, asesoría en la gestión adecuada y almacenamiento de sustancias químicas en laboratorios y bodegas, manejo y registro de indicadores de consumo de recursos, así como de generación de contaminantes, gestión de residuos químicos peligrosos de los laboratorios, con gestor autorizado por medio el Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos (SIGREP) de la Contraloría Ambiental del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), gestión de permisos para el uso de precursores químicos y, por último, apoyo para el control de asbesto en remodelaciones de la Institución.

2. Planteamiento del problema

El Regente Químico del TEC determinó que el proceso de almacenamiento y recolección de los residuos químicos producidos por los laboratorios de la Escuela de Química y sus centros de investigación (*i.e.*, CEQUIATEC, CIPA), los cuales proporcionalmente generan la mayor cantidad de dichos residuos, presentaba carencias en la organización logística y la capacitación del personal encargado de recolectar los residuos, así como en las condiciones de almacenamiento de los mismos (Entrevista Regente Químico, 2022).

El TEC genera aproximadamente más de 1000 kg de residuos al año (entrevista Regente Químico del TEC, 2022), dentro de los cuales se encuentran los ácidos, las bases, los metales alcalinos, hidrocarburos, cetonas, peróxidos, éteres, entre otros. Sus laboratorios y centros de investigación no cuentan con un lugar fijo y seguro donde colocar estos residuos, los cuales, al ser materiales peligrosos, poseen alta inflamabilidad, son corrosivos, cancerígenos, tóxicos o nocivos para la salud, generando un peligro para quienes hacen uso de estas instalaciones. Peligros como reacciones exotérmicas, intoxicación e incluso contaminación ambiental.

Las carencias encontradas al aplicar las listas de verificación y las visitas no participativas, en la organización logística y la falta de personal capacitado para la identificación del tipo de residuo han provocado que durante el proceso de recolección y almacenamiento la posibilidad de un accidente, tanto para el personal encargado como a los estudiantes, aumente de manera considerable.

3. Justificación del proyecto

La principal función del TEC es la formación académica de futuros profesionales. Para alcanzar dicho objetivo, los estudiantes deben aprobar una serie de conocimientos y habilidades en las ciencias experimentales. En los cursos de Química, y sus ciencias afines, los estudiantes requieren de la utilización de una amplia variedad de reactivos químicos durante las distintas prácticas y experimentos que realizan durante el semestre.

Los laboratorios de química del TEC son los responsables de la generación de la mayoría de los residuos químicos por año (entrevista Regente Químico del TEC, 2022). Estos residuos son almacenados en los mismos laboratorios, debajo de las pilas, donde permanecen hasta que la empresa ejecutora del tratamiento de los residuos los recoge. Dicho proceso de recolección se realiza dos veces al año, de manera semestral.

Según la Guía de Residuos Químicos Peligrosos del TEC (GRQP) (Regencia Química Industrial, 2020) los residuos se tienen que recolectar y almacenar de acuerdo con el grupo que pertenecen. La Guía menciona siete grupos y, dependiendo del grupo, el tipo y material del recipiente de almacenamiento que corresponde. Sin embargo, la correcta recolección de los residuos no siempre se realiza, ya que no hay un control adecuado a la hora de realizar esta acción. Existe un desconocimiento generalizado sobre el manejo, almacenamiento y disposición de los residuos químicos generados en los laboratorios químicos del TEC, lo que puede llegar a generar problemas importantes para la seguridad de quienes utilizan dichas instalaciones, así como pérdidas económicas para la institución.

En la Normativa de manejo de los residuos químicos peligrosos del TEC (2007) se menciona que todos los laboratorios deben disponer de la GRQP, sin embargo, dicha guía no tiene carácter de obligatoriedad, lo que representa una contradicción que puede traer graves consecuencias de seguridad al estudiantado y demás trabajadores dentro de los laboratorios. Por otra parte, y no menos importante, dicha norma no es lo suficientemente clara en el tema de interés.

Según la octava edición del Safety in Academic Chemistry Laboratories, los envases que se dedican a la recolección de los residuos químicos en los laboratorios deben de estar señalizados con el Sistema Globalmente Armonizado (SGA), en el que se indiquen las

características de los residuos que se están almacenando, ya que el mal etiquetado o la falta del mismo han provocado numerosos incidentes (Academic Chemistry Laboratories, 2017). Lo anterior es común en los laboratorios del TEC, ya que los envases que se usan en los laboratorios para recolectar los residuos de las practicas semanales no cuentan con el SGA (Safety in Academic Chemistry Laboratories, 2017).

Debido a la expansión en infraestructura del TEC, los diferentes laboratorios en los cuales se generan residuos químicos han quedado separados unos de otros, lo que ha generado que la recolección por parte de la empresa encargada del tratamiento se complique, ya que, tanto el regente como el representante de la empresa deben de ir por los diferentes laboratorios recogiendo la variedad de envases que se encuentran almacenados en los laboratorios, y estos son contrastados con un inventario proporcionado a cada laboratorio por parte de la regencia química (Entrevista Regente Químico, 2022).

Por lo tanto, parece necesario una revisión cuidadosa de los protocolos vigentes sobre el manejo y almacenamiento de los residuos químicos generados en el TEC, a la luz de las normativas vigentes y aplicadas internacionalmente. Dicha revisión, junto a la experiencia y prácticas desarrolladas por la UCF, estudiadas *in situ* por los autores de este proyecto, permitirán generar una propuesta de mejora que optimice los procesos antes mencionados.

4. Objetivos del Proyecto de Graduación

1. Objetivo General:

Proponer una estrategia de mejora para el proceso de recolección y almacenamiento de los residuos químicos generados en el Campus Tecnológico Central del Instituto Tecnológico de Costa Rica a partir de la experiencia desarrollada por la University of Central Florida.

2. Objetivos Específicos:

2.1. Evaluar las condiciones en las que se recolectan y almacenan los residuos químicos en los laboratorios de la Escuela de Química en el Campus Tecnológico Central del Instituto Tecnológico de Costa Rica a partir de las normativas y procedimientos vigentes, así como las listas de verificación correspondientes.

2.2. Evaluar los procedimientos utilizados por Environmental Health and Safety Department de la University of Central Florida para la recolección y almacenamiento de los residuos químicos a partir de los procedimientos y normativas vigentes, así como las listas de verificación correspondientes.

2.3. Diseñar una propuesta de mejora para las condiciones de almacenamiento de los residuos químicos, así como de la recolección de estos para el Campus Tecnológico Central del TEC, a partir de la comparativa de las situaciones del TEC y UCF, tomando en cuenta la normativa vigente.

5. Alcances y Limitaciones del Trabajo

1. Alcances

A partir de la propuesta de mejora planteada, se logrará alcanzar una optimización de los procesos de almacenamiento y recolección de los residuos químicos generados en el Campus Tecnológico Central del TEC, se utilizan 8 laboratorios en el edificio de la Escuela de Química. Estas mejoras podrían beneficiar a todos los laboratorios y centros de investigación que hagan uso de diversas sustancias químicas. También permitirá una simplificación de la clasificación de los residuos químicos con la implementación de SGA para el almacenamiento de estos, en el que se dispondrán según el grupo funcional, lo cual le permitirá a los estudiantes y encargados de laboratorio saber en qué recipientes disponer de los residuos generados.

Por otro lado, la propuesta propone una estrategia para el cumplimiento de los requisitos de las normativas vigentes en el país en cuanto a las condiciones del almacenamiento de sustancias peligrosas, así como tener un lugar apropiado para el almacenamiento de los mismos.

Finalmente, un manejo apropiado de los residuos químicos, así como su adecuada recolección y almacenamiento (transporte, etiquetado, rotulación de vehículos), permitirá una mayor eficiencia en el manejo de los recursos económicos de la institución.

2. Limitaciones

- Solo se trabajará 20 horas por semana por lo que el tiempo para evaluar las condiciones va a ser limitado para los evaluadores.
- Algunos laboratorios estaban restringidos lo que no permitió la evaluación de todos los laboratorios de UCF.
- No se contó con el acceso a cierta información importante para la realización del proyecto lo que complico el diseño de la solución.

II. Marco teórico

A. Residuos Químicos Peligrosos

Los residuos químicos pueden producirse de diferentes formas, ya sea durante el proceso de manufactura de productos de consumo, o bien aquellos dedicados a la investigación y la enseñanza, en áreas relacionadas a la química. La principal característica de los residuos químicos peligrosos es que pueden llegar a causar daño a la salud o generar un efecto nocivo para el ambiente debido a su mal manejo (Loayza Pérez, 2007).

De igual manera, y según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) los desechos químicos son clasificados como peligrosos si cumple con alguna de las siguientes características: reactivo, corrosivo, tóxico, explosivo, inflamable o patógeno. Estos desechos químicos deben ser aislados, almacenados, identificados y dispuestos según sus características peligrosas particulares (Environmental Protection Agency, 2022).

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos de América (OSHA, por sus siglas en inglés) define un residuo químico peligroso como cualquier elemento, compuesto o mezcla de elementos o compuestos que representa un peligro físico o un peligro para la salud humana (OSHA, 1990).

En la Ley de la República de Costa Rica No. 8839, del 24 de junio del 2010, conocida como “Ley para la Gestión Integral de Residuos”, se menciona que los residuos químicos peligrosos son: “...*aquellos que, por su reactividad química y sus características tóxicas, explosivas, corrosivas, radioactivas, biológicas, bioinfecciosas e inflamables, o que por su tiempo de exposición puedan causar daños a la salud y al ambiente*” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010).

B. Almacenamiento de los Residuos Químicos

Con respecto a la manera en la que se deben de almacenar los residuos químicos, la Guía técnica de acción para residuos químicos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), especifica el tipo y las características de cada recipiente de almacenamiento según las características químicas de cada residuo, así como el volumen recomendado. (Alcántara, 2014)

Para University of Technology Sydney, las instalaciones donde se van a almacenar los residuos químicos tienen que estar cerca del lugar donde se están produciendo, pero manteniendo una distancia de seguridad (University of Technology Sydney, *s.f.*). La información anterior concuerda con lo mencionado en la National Fire Protection Association 30 (NFPA), en la cual se indica que los edificios de almacenamiento deben de estar separados al menos 300 metros (NFPA, 2012). Además, las condiciones de las instalaciones van a depender del tipo de residuo que se esté almacenando. Dichas condiciones se determinan por la peligrosidad, clase y cantidad del residuo que se va a almacenar (INSHT, 2014).

Estas instalaciones podrían considerarse de almacenamiento temporal, ya que los residuos no se van a quedar en ese lugar para siempre. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Perinatología de la Secretaría de Salud del Gobierno de México (INPER) recomienda que no se almacenen juntos residuos que no son compatibles y dependiendo de cada tipo de residuo así deberán ser las características de las instalaciones, y deberán cumplir con lo que plantean las normas en esta área (INPER, 2011).

C. Estrategias para el almacenamiento, transporte y tratamiento de residuos químicos utilizadas a nivel mundial.

A nivel mundial los procesos que se utilizan para el tratamiento de los residuos químicos pueden llegar a variar. En University of Technology Sydney las personas que tienen contacto con los residuos químicos deben demostrar cierto nivel de competencia, por otra parte, los movimientos que estas personas hagan en el depósito en el cual se encuentran los residuos químicos quedan registrados. Así mismo, todos los envases contarán con su etiquetado respectivo según el SGA y, por último, los residuos se almacenarán en localizaciones diferentes dependiendo de su naturaleza química (University of Technology Sydney, *s.f.*).

Por su parte, la University of Washington almacena hasta 55 galones de desechos químicos cerca del lugar donde estos se producen. Una vez que se va a alcanzar dicha cifra, cada laboratorio o departamento debe de contactar al departamento de salud y seguridad ambiental (EHS, por sus siglas en inglés) para que disponga apropiadamente de los residuos.

Los EHS cuentan con la opción de que se les asigne a los residuos químicos rutinarios un número, el cual permite una recolección más expedita (University of Washington, 2019).

A su vez, el EHS de UCF es el encargado de capacitar, educar y aprobar cursos para los trabajadores que tienen contacto con los residuos. Los residuos químicos que se producen en la universidad deben ser transportados en los vehículos aprobados por el departamento (University of Central Florida, 2012). Por otra parte, en la Guía para residuos de sustancias peligrosas de UCF, basada en la NFPA 30 Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA, 2012), se indica que los envases deben de tener por lo menos tres pulgadas de espacio libre, así como contar con contenedores secundarios en los cuales se almacenen los envases dependiendo del residuo que contengan. Por último, la universidad cuenta con una página web desde la cual se pueden realizar las solicitudes para que se recojan los residuos; en dicha solicitud se debe agregar la información de la etiqueta de residuos, entre otra información de interés para el EH&SD (University of Central Florida, 2022).

Según William R. Blackburn hay prácticas que permiten que las universidades sean sustentables, entre las cuales se encuentran las compras verdes o compras ambientales preferibles (Blackburn, 2016). Dicho término se refiere a una adquisición de servicios o productos que tienen menor o reducido impacto sobre la salud de las personas y el ambiente (National Association of State Procurement Officials, *s.f.*). Sin embargo, es un método poco común, pero cabe destacar que hay universidades, como la Rutgers University en Nueva Jersey, que tienen excelentes iniciativas de compras de los productos químicos para así generar menos residuos. Por otro lado, es interesante el caso de Columbia University la cual cuenta con programas sobre inversión ética (Blackburn, 2016).

A partir de lo mencionado por William R. Blackburn sobre el concepto de las compras verdes (2016) se pueden utilizar otro tipo de técnicas o métodos para la disminución y un mejor tratamiento de los residuos químicos. Un ejemplo es la Química Verde, que según la Sociedad Estadounidense de Química (ACS, por sus siglas en inglés) consiste en el diseño de productos y procesos para reducir y eliminar el uso o la generación de sustancias peligrosas y sus respectivos residuos químicos (Kirchhoff, 2009).

Rutgers University cuenta con una iniciativa de microescala, que busca una disminución del uso de químicos mediante la realización de experimentos a pequeña escala, en los cuales se cumplan los objetivos de aprendizaje y se genere una disminución de los residuos químicos. También promueven la reutilización de los reactivos químicos (Rutgers University, 2020). Por su parte, Columbia University se basa en las recomendaciones dadas por la EPA, sin embargo, el departamento de EHS generó una guía más simple para que todos los trabajadores la puedan seguir de forma sencilla y de manera unificada (Columbia University, s.f). También cuentan con un sistema llamado 5 L's: Collect, Lid, Leaks, Locate, Label (recoger, tapar, fugas, localizar, etiquetar) (CU Environmental Health and Safety, 2018) que ha sido de gran ayuda en el proceso de tratamiento de sus residuos químicos.

D. Estrategias de almacenamiento y de tratamiento de residuos químicos utilizados en Latinoamérica.

Latinoamérica no ha sido la excepción en aplicar los principios de la Química Verde, por ejemplo, la Universidad Federal de Lavras, en Brasil, implementó en 2009 el Programa de tratamiento de desechos químicos (Chemical Waste Management Program, CWMP) y en ese mismo año creó el Laboratorio de Tratamiento de Desechos Químicos (Chemical Waste Management Laboratory, CWML) con la función de recolectar, tratar y dar destino final a los desechos producidos en esa universidad (Magriotis, Saczk, Salgado, & Rosa, 2021).

Según Magriotis *et al.* (2021) en el CWML se tratan la mayoría de los desechos producidos en enseñanza, investigación y actividades de extensión, los desechos que no pueden ser tratados en este laboratorio son enviados a empresas que sí pueden hacerse cargo de estos de una manera responsable. Dentro de los tratamientos que se utilizan por el programa se encuentran la absorción, la neutralización, precipitación, destilación y el compostaje. La destilación y la precipitación permiten reutilizar ciertas sustancias como los solventes, los cuales una vez son recuperados son enviados a los laboratorios para su uso. Gracias al CWMP implementado por el laboratorio, la universidad ha contribuido con la comunidad y el medio ambiente, ya que reduce los impactos de las actividades productoras de los desechos químicos. El programa ha permitido el correcto tratamiento de más de 70 mil kilos de desechos sólidos y líquidos (Magriotis, Saczk, Salgado, & Rosa, 2021).

En un estudio realizado en una institución pública que pertenece al Departamento de Salud de Minas Gerais, ubicada en Belo Horizonte, Brasil, se demostró que la utilización de un proceso de Intercambio de Desechos Químicos (Chemical Waste Exchange, *i.e.* reutilizar sustancias químicas expiradas para otras actividades no tan importantes como podrían ser laboratorios de enseñanza) ayuda a manejar la producción de desechos químicos y, en ocasiones, puede ser beneficioso no solo ambientalmente sino también económicamente, ya que en ciertas circunstancias puede representar ahorros para las instituciones, así como el ahorro de pagar el tratamiento de esos desechos (Lima Barbosa *et al.*, 2020).

Otros países como Colombia han desarrollado estrategias similares a las de Brasil para la recolección y el almacenamiento de los residuos químicos a nivel universitario, específicamente en los laboratorios de docencia. En la Universidad del Cauca se puso en funcionamiento un plan de Gestión de Residuos Químicos Peligrosos, el cual toma en cuenta las características de cada residuo en virtud de su toxicidad, inflamabilidad, naturaleza corrosiva y peligrosidad (Caycedo, Trujillo & Rosas, 2014).

E. Cultura de la seguridad en el proceso de recolección y almacenamiento de los residuos químicos.

La Cultura de la Seguridad está muy relacionada con el proceso de recolección y almacenamiento de los residuos químicos ya que, al recolectar y almacenar los residuos de formas deficientes puede causar incidentes dentro de los laboratorios. Como indica la ACS en su publicación *Creating Safety Culture in Academic Institutions: “Una sólida cultura de la seguridad es necesaria para proteger a los empleados, pero es especialmente importante para proteger la de los estudiantes y en el desarrollo de sus habilidades y conciencia de la seguridad”* (Creating Safety Culture in Academic Institutions, 2012). Otro aspecto que puede ayudar con la cultura de seguridad es la llamada Cultura de Seguridad Emocional, la cual permite que, mediante las emociones de las personas, se fortalezca la seguridad en los laboratorios, generando que las personas se sientan cómodas y en confianza dentro de los laboratorios y al sentirse en un ambiente amigable, la puesta en práctica de las medidas de seguridad se da de una forma más natural, y proactiva (Wang *et al.*, 2018).

La inclusión de la Cultura de Seguridad, principalmente en los laboratorios, tiene como objetivo la disminución de los incidentes y de los accidentes de forma activa por parte de los involucrados (*i.e.*, profesores, estudiantes y asistentes de laboratorio), esto se consigue mediante la puesta en práctica de programas de seguridad, en los cuales los estudiantes sepan los riesgos que tiene cada experimento y cada uno de los químicos que se utiliza para la realización de esos experimentos (Nitsche, 2018). Para lo anterior, es importante implementar un RAMP: Recognize the hazards (Reconocer los peligros), Assess the risks of the hazards (Evaluar los riesgos de los peligros), Minimize the risks of the hazards (Minimizar los riesgos de los peligros), y Prepare for the emergencies from uncontrolled hazards (Prepararse para las emergencias de los peligros incontrolables), esto le va a permitir a los estudiantes saber a lo que se van a enfrentar a la hora de realizar las prácticas de laboratorio (Guidelines for Chemical Laboratory Safety in Academic Institutions, 2016).

Por otro lado, Ann C. Kimble-Hill menciona que implementar una RAMP ayuda a generar una fuerte cultura de seguridad, así como prevenir amenazas contra la seguridad del ambiente del laboratorio. Con el método RAMP se pueden identificar las soluciones de seguridad para los riesgos identificados, se determina cuáles pueden ser eliminados, a cuáles se les puede aplicar controles ingenieriles y a cuáles controles administrativos (Kimble-Hill, 2021).

En la octava edición de *Safety in Academic Chemistry Laboratories*, la ACS menciona que cada estudiante es el encargado de recolectar de manera apropiada los residuos generados en los experimentos de laboratorios, así como conocer los posibles daños al ambiente como a ellos mismos. Una manera de conseguir esto es mediante la utilización de la seguridad química (*vide supra*). Sin embargo, no es algo único de los estudiantes, los encargados del laboratorio, así como los profesores, deben de guiar a los estudiantes para que la recolección de los residuos se realice de la mejor manera, por ejemplo, tener bien rotulados y limpios los recipientes donde se tienen que recolectar los residuos (Safety in Academic Chemistry Laboratories, 2017).

F. Proceso de recolección y almacenamiento de residuos químicos en Costa Rica.

En Costa Rica, las universidades tienen protocolos con los pasos a seguir para el almacenamiento de los residuos químicos. Por ejemplo, en la Universidad Estatal a Distancia (UNED), debido al aumento del número de laboratorios de docencia y de investigación, han tenido que crear protocolos para cumplir con la legislación nacional. (Montero y Ríos, 2020)

Actualmente la UNED cuenta con un sistema de clasificación en el que se separan los residuos peligrosos en seis categorías, según el decreto 27000 del MINAE. Adicional a esto, cuentan con protocolos para la segregación, etiquetado, disposición final, así como protocolos auxiliares que brindan medidas en caso de derrame y para su transporte. (Montero y Ríos, 2020)

La UNED utiliza un diseño para las etiquetas de acuerdo con lo recomendado por el SGA. Utilizan bitácoras de recolección de residuos y boletas de disposición final de residuos para tener un mayor control. (Montero y Ríos, 2020)

Para realizar una gestión adecuada de los residuos químicos, la Universidad de Costa Rica trata de minimizar la cantidad de residuos desde el origen, mediante la limitación de los materiales que se usan y la cantidad que se compran y, por otro lado, todo el personal usuario de los laboratorios, estudiantes como profesores, deben de estar capacitados en el plan de gestión de los residuos (Alfaro Vargas, 2015).

En el Instructivo para el Manejo de Residuos Químicos, se plantea el modelo de reducción, el cual consiste en cinco niveles, cada nivel es una acción sucesiva por realizar. Los niveles son: evitar, reducir, reciclar, tratar y eliminar (Alfaro Vargas, 2007).

En cuanto al almacenamiento de los residuos químicos en la Universidad de Costa Rica (UCR), primero se almacenan temporalmente en los laboratorios, pero posteriormente se trasladan al almacén principal en intervalos que no sean superiores a un mes. Esos residuos tienen que ser trasladados fuera de la UCR para su eliminación en intervalos no superiores a un año (Alfaro Vargas, 2015).

Una vez en el almacén principal, si los residuos se van a colocar en estantes, todos los recipientes que se destruyan con relativa facilidad que contengan líquidos combustibles, materiales comburentes y productos tóxicos tienen que estar colocados de modo que no puedan caer más de 0,4 metros (Alfaro Vargas, 2015).

G. Condiciones para el almacenamiento de residuos químicos.

Según la Nota Técnica de Prevención 725 (NTP) Seguridad en el laboratorio: almacenamiento de productos químicos, a la hora de almacenar las sustancias peligrosas, en este caso los residuos químicos, hay que considerar las incompatibilidades en el almacenamiento de estos (NTP, 2006). En la misma norma se mencionan los tamaños requeridos y las posibilidades de almacenamiento en las salas separadas o ajenas (NTP, 2006).

Por otra parte, es importante que los recipientes y/o contenedores en los que se almacenen los residuos químicos cuenten con lo establecido en la NFPA 704 para la identificación de los riesgos de materiales para la respuesta a emergencias, por lo cual, cada recipiente y/o contenedor debe de contar con la identificación de riesgos para la salud, de inflamabilidad, inestabilidad, así como la peligrosidad especial en caso de ser necesaria (NFPA, 2012).

Es importante tomar en cuenta que la NFPA 30 da recomendaciones sobre las características que deben de tener los lugares donde se van a almacenar los líquidos inflamables y combustibles, por lo que dichos lugares deben de contar con la protección pertinente para incendio, así como con apropiados sistemas de drenajes en caso de derrame, así como una ventilación adecuada (NFPA, 2012). Por otra parte, estos recintos deben contar con los espacios pertinentes para acomodar los diferentes contenedores y recipientes, de manera que no representen un peligro para los trabajadores y los estudiantes.

III. Metodología

A. Tipo de investigación.

El estudio es cualitativo y aplicado, ya que se pretende solucionar un problema relacionado con la seguridad en la recolección y el almacenamiento de los residuos químicos peligrosos y dar una solución apropiada. En este proyecto se describirán las condiciones actuales, así como las posibles soluciones, por lo que también es una investigación descriptiva (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

A. Fuentes de información

➤ Primarias:

- ◆ Protocolos internacionales: FPS 2012 EHS0005 Chemical Inventory Policy; FPS 2012 EHS0003 Hazardous Materials shipping, Receiving, and Transportation de UCF, Chemical Waste Guide for UW Facilities de UW, Safety and Wellbeing de University of Technology Sydney, Hazardous Waste Management Program de Rutgers University, Hazardous Waste Management de Columbia University.
- ◆ Documentación oficial del TEC: Normativa de Manejo de Desechos Químicos Peligrosos en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Guía de Residuos Químicos Peligrosos del TEC.
- ◆ Legislación Nacional: Ley No. 8839 del 24 de junio del 2010 “Ley para la Gestión Integral de Residuos”, Decreto Ejecutivo 37567 Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos del 04 de diciembre del 2018.
- ◆ Normas Internacionales: Almacenamiento de productos químicos. Orientaciones para la identificación de los requisitos de seguridad en el almacenamiento de productos químicos peligrosos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NFPA 30, NFPA 45*, NFPA 101, NFPA 704, NTP 725, NTP 726.

- ◆ Información suministrada por el regente químico del TEC, así como aquella suministrada por el regente químico UCR.
- ◆ Artículos Científicos: Revistas indexadas.
- No hay fuentes secundarias
- **Terciarias:**
 - Bases de datos de Web of Sciences, Scopus y ACS Publications.
 - Repositorio del Tecnológico de Costa Rica.
 - Entrevista al regente químico del TEC.
 - Entrevista al regente químico de la UCR.
 - Entrevistas a los encargados de UCF.
 - Tesis publicadas a nivel nacional e internacional.

B. Población.

Para la muestra se seleccionó un método de muestreo no probabilístico, ya que no se utilizan fórmulas de probabilidad.

Para este proyecto se toma en cuenta al Regente Químico del TEC, así como a los trabajadores del Environmental Health and Safety Department de UCF, especialmente a los encargados del proceso de recolección, almacenamiento y disposición final de los residuos químicos de UCF, así como a la persona encargada de Chemical Safety/Security para UCF.

En las herramientas diseñadas se contempló a todo el personal operativo de la Escuela de Química, encargados de los laboratorios académicos, así como los encargados de los centros de investigación adscritos a dicha dependencia.

Cuadro 1. Población y muestra por herramienta.

Herramienta	Indicador	Población	Muestra	Observaciones
Entrevista abierta al regente químico del TEC.	Procedimientos actuales en la recolección y almacenamiento de residuos químicos en el TEC.	1	Total del personal	Regente químico.
Observación no participativa del proceso de recolección de residuos.	Procedimientos actuales en la recolección y almacenamiento de residuos químicos en el TEC.	2	Total del personal	Regente químico y encargado de la empresa que se lleva los residuos.
Visita y entrevista con los encargados de la recolección y almacenamiento de residuos químicos.	Condiciones del lugar donde se almacenan los residuos químicos.	25	Total del personal	Investigadores, trabajadores de laboratorios.
Visitas de campo en compañía de los encargados de este proceso de UCF.	Requisitos para el diseño de un centro de almacenamiento para los residuos químicos, contemplando derrames, incendios, gases tóxicos, entre otros.	No se conoce el dato todavía		Encargados de Chemical Safety UCF

C. Operacionalización de variables

Objetivo 1: Evaluar las condiciones en las que se recolectan y almacenan los residuos químicos en los laboratorios de la Escuela de Química en el Campus Tecnológico Central del Instituto Tecnológico de Costa Rica, a partir de las normativas y procedimientos vigentes, así como las listas de verificación correspondientes.

Cuadro 2. Operacionalización de variables para el objetivo específico 1.

Variable	Conceptualización	Indicador	Instrumento
		% Del cumplimiento de las normas establecidas en la recolección y almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de verificación para la recolección y almacenamiento de residuos químicos, basada en la NFPA 30, NFPA 101, NFPA 704.
Condiciones de recolección y almacenamiento de residuos químicos en el TEC.	Son todas las normas y pasos para seguir en el proceso de recolección de los residuos químicos, así como las condiciones que se deben de cumplir para el almacenamiento de estos durante determinados periodos de tiempo.	Procedimientos actuales en la recolección y almacenamiento de residuos químicos en el TEC.	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista abierta al regente químico del TEC y con laboratorista de la Escuela de Química. • Observación no participativa del proceso de recolección de residuos.
		Nivel de cumplimiento de manipulación y trasiego de residuos químicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de verificación para la manipulación y el trasiego de residuos químicos basado la T12:2016.
		Cumplimiento en la seguridad de las instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de verificación del Consejo de Salud Ocupacional.

Objetivo 2: Evaluar los procedimientos utilizados por Environmental Health and Safety Department de la University of Central Florida para la recolección y almacenamiento de los residuos químicos a partir de los procedimientos y normativas vigentes, así como las listas de verificación correspondientes.

Cuadro 3. Operacionalización de variables para el objetivo específico 2

Variable	Conceptualización	Indicador	Instrumento
Procedimientos utilizados por EHSD de UCF para la recolección y almacenamiento de residuos químicos.	Todas las normas, pasos y procedimientos a seguir en el proceso de recolección de residuos químicos. Igualmente, las condiciones que se deben de cumplir para el almacenamiento de los mismos durante determinados periodos de tiempo.	<p>% Del cumplimiento de las condiciones de recolección y almacenamiento de residuos químicos.</p> <hr/> <p>Condiciones del lugar donde se almacenan los residuos químicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de verificación de las condiciones de recolección y almacenamiento para UCF, basada en la NFPA 30, NFPA 101, NFPA 704. • Visita y entrevista con los encargados de la recolección y almacenamiento de residuos químicos.

Objetivo 3: Diseñar una propuesta de mejora para las condiciones de almacenamiento de los residuos químicos, así como de la recolección de estos para el Campus Tecnológico Central del TEC, a partir de la comparativa de las situaciones del TEC y UCF, tomando en cuenta la normativa vigente.

Cuadro 4. Operacionalización de variables para el objetivo específico 3

Variable	Conceptualización	Indicador	Instrumento
Propuesta de mejora para las condiciones de almacenamiento de los residuos químicos, así como de la recolección de estos	Mejoras a los procesos actuales de recolección y en las condiciones de almacenamiento de los residuos químicos.	Requisitos para el diseño de un centro de almacenamiento para los residuos químicos, contemplando derrames, incendios, gases tóxicos, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas de campo en compañía de los encargados de este proceso de UCF. • Lista de cumplimiento basada en NFPA 30, NFPA 101, NFPA 704.
		% de requisitos que se cumplen para un programa de recolección de residuos químicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de para el diseño basada en NFPA 30, NFPA 101, NFPA 704, así como con Safety in Academic Chemistry Laboratories ACS.

D. Descripción de instrumentos o herramientas de investigación

✓ Entrevista abierta

Esta herramienta va a permitir la recolección de información por parte de los involucrados directos en el proceso de recolección y almacenamiento de los residuos químicos en el TEC. La información obtenida es del tipo cualitativa, a partir de encuestas de respuesta abierta (ver Apéndice 1).

✓ Hoja de verificación

Esta herramienta consiste en preguntas que se responden de forma binaria, y con preguntas cerradas. Las respuestas posibles son: cumple, no cumple, no aplica.

- i) Hoja de verificación para la recolección y almacenamiento de residuos químicos, basada en la guía de residuos químicos peligrosos del TEC, así como la NFPA 30, la NFPA 101 y la NTP 725 (ver Apéndice 2).
- ii) Hoja de verificación para la manipulación y el trasiego de residuos químicos basado en la T12:2016 (ver Apéndice 3).
- iii) Lista de verificación de las condiciones de recolección y almacenamiento para UCF tomando en cuenta los requisitos de la NFPA 30, NFPA 101 (misma que se aplicó en Costa Rica).
- iv) Lista de verificación de las condiciones de seguridad en instalaciones del Consejo de Salud Ocupacional (ver Anexo 1).

✓ Visita de campo

Este método de recolección de información consiste en ir a los lugares donde la información se genera, participando con los encargados de las tareas e interactuando activamente con ellos.

✓ Observación no participativa

Con esta herramienta se permite la observación del proceso de recolección y almacenamiento de los residuos químicos sin afectar directamente el mismo. Los desarrolladores del proyecto se limitan a observar y tomar notas de cómo se realiza la actividad.

✓ **Lista para el diseño del centro de almacenamiento.**

Lista con las condiciones mínimas con las que debe contar un centro de almacenamiento para residuos químicos. Esta lista se compone de los requerimientos indicados en las NFPA 30 y 101, así como en las condiciones aplicadas en UCF para el almacenamiento de los residuos químicos generados por los laboratorios académicos. Para esta lista también se tomará en cuenta las recomendaciones de la ACS presentes en el libro *Safety in Academic Chemistry Laboratories*.

E. Plan de análisis

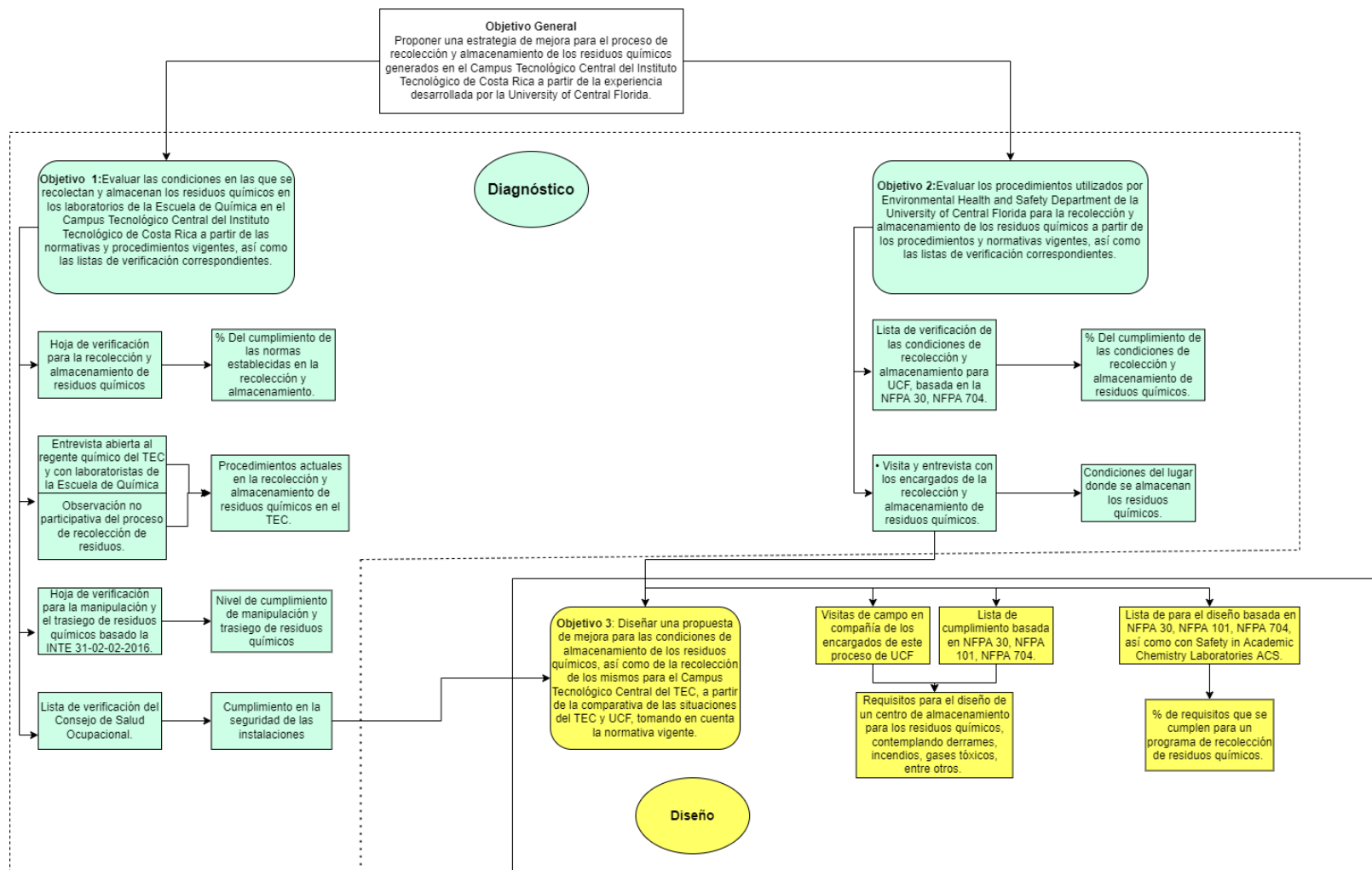


Figura 5: Esquema del Plan de Análisis para los objetivos específicos.

1. Fase de diagnóstico

Para poder realizar el diseño de las propuestas de mejora, es necesario aplicar los dos objetivos específicos del proyecto. Con el primer objetivo se identifican las carencias, así como los aspectos con los que los laboratorios de la Escuela de Química y centros de investigación afines cumplen. Para poder llegar a ese punto se utilizan listas de verificación con las que se evalúan las condiciones de almacenamiento, la segunda lista de verificación evalúa la manipulación de los residuos químicos, y, por último, la tercera lista de verificación evalúa las condiciones de seguridad en las instalaciones de los laboratorios, ya que ahí es donde se almacenan los residuos químicos.

Por otra parte, se realizan entrevistas tanto al Regente Químico del TEC, así como a los encargados de laboratorio del área docente de la Escuela de Química, buscando comprender el proceso de recolección y almacenamiento de los residuos que se aplica en dicha unidad académica del TEC.

Para el segundo objetivo se evalúan las condiciones de almacenamiento de los residuos químicos en UCF, así como el proceso que se aplica en esta institución para la recolección y el almacenamiento de los residuos químicos, para esto se aplica la lista de verificación de las condiciones de almacenamiento, y se realizan visitas de campo a los diferentes laboratorios, así como al centro de almacenamiento con el encargado del proceso.

2. Fase de diseño

Para esta fase se encuentra el objetivo 3, con el cual se realizan la propuesta de mejora para las condiciones de almacenamiento de los residuos químicos, así como de la recolección de estos para el Campus Tecnológico Central del TEC, a partir de la comparativa de las situaciones del TEC y UCF, tomando en cuenta la normativa vigente. Para este punto se utiliza la información y resultados obtenidos en los objetivos 1 y 2. Dentro de las herramientas se encuentran las visitas de campo para la determinación de las condiciones utilizadas en UCF para el almacenamiento, así como una lista de diseño que deben de tener las soluciones.

IV. Análisis de la situación actual.

Los laboratorios de la Escuela de Química del Tecnológico de Costa Rica tienen la particularidad de que los residuos químicos no tienen un lugar específico para su almacenamiento. Los laboratorios dentro de la escuela que más residuos generan son el Laboratorio de Aguas Residuales y el Laboratorio de Cromatografía, los cuales forman parte del CEQIATEC.

Además, en el TEC está vigente la normativa referente al Manejo de Desechos Peligrosos, aprobada por el Consejo Institucional en la sesión No. 2516, Artículo 11, del 14 de junio de 2007, la cual abarca temas de responsabilidades, procedimientos y sanciones; sin embargo, tanto en los procedimientos como en las sanciones, no se profundiza adecuadamente, ya que en los artículos referentes a procedimientos la información pertinente al almacenamiento es escasa y poco concisa. En cuanto a las sanciones, los artículos son muy simples y generales, dejando vacíos procedimentales que han llegado a complicar la situación existente.

A. Descripción General de los laboratorios de la Escuela de Química.

Es importante mencionar las condiciones de los laboratorios como tal, ya que en estos es donde se almacenan los residuos químicos generados—como mínimo 6 meses y como máximo un año—por lo que las condiciones de estos son esenciales para tener una visión global de la problemática sobre su apropiado almacenamiento.

En los laboratorios de la Escuela de Química, tanto los académicos, como los de CEQIATEC y CIPA, los residuos químicos son almacenados debajo de las pilas, sin importar posibles incompatibilidades entre ellos (ver anexo 2 y figura 8). Una característica importante es que los laboratorios cuentan con un piso especial, el cual está compuesto de un material resistente, este tipo de piso es llamado piso epóxico, el cual es fácil de limpiar y antideslizante, además de contar con un sistema de drenajes (Figura 6). En caso de derrames, cada laboratorio cuenta con un kit control de derrames bastante limitado, debido a que solo cuenta con una especie de barrera absorbente. (Figura 7).



Figura 6. Drenaje presente en el laboratorio de cromatografía de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).



Figura 7. Kit antiderrame presente en el laboratorio de aguas residuales de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).

En caso de incendio, los laboratorios no cuentan con rociadores, ya que pueden dañar los diferentes equipos allí presentes por lo que, para combatir un eventual incendio, se cuenta con un sistema que desplaza el oxígeno presente, para así lograr sofocar el fuego. Es importante destacar que para que se active dicho sistema de desplazamiento del oxígeno, las puertas de los laboratorios tienen que estar cerradas, de lo contrario el sistema no se activará.

Tanto las puertas como las paredes de los laboratorios cuentan con resistencia de dos horas al fuego. Además, cada laboratorio cuenta con dos medios de egresos. Los laboratorios de química localizados en el primer piso del edificio cuentan con el medio de egreso principal, el cual se encuentra en la parte interna del edificio, así como un medio de egreso al exterior del edificio, para facilitar las evacuaciones en caso de emergencia.

Los laboratorios localizados en el segundo piso también cuentan con dos medios de egreso, uno principal, y otro que lleva a una habitación, dicha habitación sirve de conexión entre dos laboratorios. Con esta conexión es posible evacuar los laboratorios por dos medios de egreso diferentes.

B. Zonas de almacenamiento en los Laboratorios de la Escuela de Química.

Con el fin de obtener un mejor panorama de la situación del TEC, se realizó una observación no participativa y se aplicó la lista de verificación basada en la NFPA 30, NFPA 101 y la NTP 725, con la que se evidenciaron las carencias con las que cuenta el TEC respecto al almacenamiento de sus residuos químicos. Los residuos químicos son almacenados debajo de las pilas de los laboratorios (ver figura 8), sin embargo, estas localidades no cuentan con las condiciones para el almacenamiento, ni cumplen con lo mencionado, tanto en la NFPA 30 como por la NTP 725, o la INTE 31-02-02:2016 (*vide infra*).



Figura 8. Panorámica del almacenamiento de los residuos químicos generados en el laboratorio de cromatografía de la Escuela de Química del TEC (Foto tomada por los autores).

Los envases que se utilizan son de vidrio ámbar y plástico; cada recipiente cuenta con la etiqueta proporcionada por el Regente Químico del TEC, en la cual se puede apreciar información importante como el tipo de residuo, descripción general, estado, información del generador del residuo, así como los correspondientes pictogramas. Sin embargo, en ocasiones el etiquetado no es el adecuado o es inexistente. Esto sucede principalmente en los laboratorios académicos.

C. Cantidad de desechos producidas en los Laboratorios de la Escuela de Química.

Según los datos brindados por el regente químico del TEC, las cantidades y los tipos de residuos químicos cambian mucho en cada instancia, centro de investigación o escuela. Actualmente, CEQIATEC y CIPA, son los dos centros de investigación del TEC que más residuos químicos producen.

Como se puede apreciar en el cuadro 5, en CEQIATEC se produjeron 233,55 L de diferentes tipos de residuos en el primer semestre del 2022. Los que más se produjeron fueron los residuos ácidos, metales pesados, desechos de Hg, solventes orgánicos no halogenados, residuos acuosos alcalinos y plaguicidas. Por otro lado, en el CIPA, se produjeron 270,1 L de residuos de los cuales, 269,1 L son disoluciones acuosas y el restante es de aceite.

Cuadro 5. Tipo y cantidad de residuos producido por el CEQIATEC y el CIPA durante el primer semestre del 2022.

Centro de investigación	Tipo/nombre del residuo	Cantidad del residuo
CEQIATEC	• Aceite	0,25 L
	• Acetato de amonio	0,3 L
	• Ácido sulfúrico con ácido bórico	1 L
	• Aluminio (EDTA, H ₂ SO ₄)	0,5 L
	• Cloroformo (SAAM)	0,2 L
	• Cloruro de calcio	0,1 L
	• Desconocido	0,3 L
	• Desechos HF	60 L
	• Desechos Hg (metales pesados)	1 L
	• Desechos Pt, Co	6,5 L
	• Disoluciones Acuosas	0,2 L
	• Disolventes no halogenados	0,1 L
	• Especiales (bisfenol y acetonitrilo)	0,3 L
	• Especiales (dibutilftalato, tolueno, AC)	4 L
	• Éter	3,7 L
	• Formazina	20 L
	• Metales pesados (residuos NT)	4 L
	• Metales pesados + ácidos	3,7 L
	• Metales pesados	15 L
	• Mezcla de residuos acuosos alcalinos	0,1 L
	• Mezcla de residuos acuosos alcalinos	9 L
	• Orgánicos halogenados	60 L
	• Plaguicidas	2 L
	• Residuos ácidos + metales pesados	2 L
	• Residuos BaSO ₄	5 L
	• Residuos peligrosos (cianuro de pota)	1 L
	• Solventes orgánicos halogenados	28 L
	• Solventes orgánicos no halogenados	1 L
	• Solventes orgánicos no halogenados	1 L
	• SPA-DNS-ácido zirconilo	0,3 L
• Trióxido de arsénico	1 L	
• Yodato de potasio	0,3 L	
CIPA	• Aceite	1 L
	• Disoluciones acuosas	269,1 L

Cabe destacar que en el cuadro 5 no se tomaron en cuenta los residuos generados por los laboratorios académicos ya que, debido a la pandemia, la cantidad de residuos generados

disminuyó significativamente. Sin embargo, con el regreso a la presencialidad, se espera un aumento considerable en la cantidad de residuos generados por estos laboratorios, llegando a alcanzar niveles prepandemia.

Debido a lo anterior, para la recolección programada para el mes de junio del 2022, los laboratorios académicos no solicitaron la recolección de los residuos debido a que la cantidad con la que contaban era muy poca, por lo que decidieron seguir almacenándolos. Es importante mencionar que, en Estados Unidos, existen tres tipos de categorías en la que se clasifican los generadores de residuos, estas categorías son: muy pequeños generadores, pequeños generadores y grandes generadores. Los pequeños generadores de residuos (categoría en la que entraría el TEC, por generar alrededor de 1000 kg/año) pueden almacenarlos durante un máximo de 180 días (EPA, 2019). Esto quiere decir que, si en Costa Rica existiera alguna regulación similar a la vigente en Estados Unidos, los laboratorios académicos estarían incumpliendo el periodo permitido para el almacenamiento de sus residuos químicos.

Es importante mencionar que una empresa/universidad se considera como pequeña generadora si por mes generan entre 100-1000kg o si en un año generan un mínimo de 1000. En el caso de los grandes generadores, estos son los que producen más de 1000 kg por mes. Para estos últimos las restricciones son más complejas y tienen menos tiempo para almacenar sus residuos en el centro de almacenamiento.

De lo anterior es importante destacar que, según el *M.Sc.* Fabián Benzo Moreira, Costa Rica no cuenta con regulación para el almacenamiento y transporte de productos químicos (Benzo, 2022), lo cual genera que no haya una guía de cumplimiento para las empresas y las universidades.

D. Porcentaje de cumplimiento de los aspectos evaluados.

Al aplicar las listas de verificación basadas en la NFPA 30 y NFPA 704 (apéndice 3), mediante observación no participativa, en los laboratorios académicos (laboratorio de química orgánica y química analítica) y en los de investigación (CEQIATEC y CIPA) de la Escuela de Química, se lograron identificar qué aspectos y porcentajes se cumplen. Se

encontró que los laboratorios de la Escuela de Química cumplen en un 50% con las listas de verificación aplicadas.

La NFPA 30 provee información referente a la reducción de los peligros asociados con el almacenamiento, manejo y uso de líquidos inflamables y combustibles. Por otro lado, la NFPA 704 explica el diamante de materiales peligrosos establecido por el organismo internacional. Los aspectos en los que no cumplen estos laboratorios con respecto a estas dos normas son el hecho de que no se cuenta con armarios adecuados para el almacenamiento *in situ*, ya que los gabinetes actuales no cuentan con aislamiento térmico. Así como el hecho de que no son resistentes al fuego por lo menos por 10 minutos. De igual forma, el material del gabinete no es el correcto, ya que el que se utiliza actualmente es de una especie de madera comprimida (combustible, sin retardo), por lo que en caso de incendio este material aumentaría su tamaño. Con respecto a las puertas de los gabinetes, estas no cuentan con 3 puntos de cerrojo, como indica la norma NFPA 704, además, los residuos se colocan directamente en el piso y no a 50 mm de altura. (Ver figura 8)

Con respecto a la aplicación de la lista de verificación para la sección referente a la norma NFPA 101 (apéndice 3), el porcentaje de cumplimiento en los aspectos evaluados fue de un 83%. Esto se puede deber a que las instalaciones de la Escuela de Química son relativamente nuevas y fueron construidas siguiendo lo indicado en dicha norma (Ver figura 9).

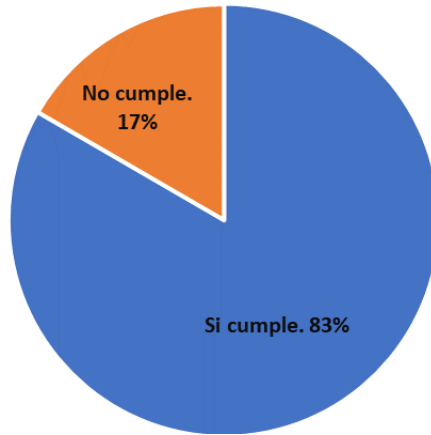


Figura 9. Porcentaje de cumplimiento de la lista de verificación basada en la norma NFPA 101 aplicada a los laboratorios de cromatografía, aguas residuales y académicos de la Escuela de Química.

En cuanto al no cumplimiento de la NFPA 101, como se aprecia en la figura 9, el valor obtenido fue de 17%, ya que en algunas instancias los pasillos estaban obstruidos, en algunos lugares de almacenamiento las salidas no son fácilmente accesibles y no se cuenta con barreras cortafuego.

Debido a que los residuos son almacenados en los mismos laboratorios donde se generan, se decidió utilizar la Guía de Inspección General de las Condiciones de Salud Ocupacional de la CSO, específicamente el bloque II, el cual se refiere a las condiciones de seguridad en el trabajo. Para la aplicación de esta guía se tomaron las condiciones de los laboratorios de CEQIATEC, así como los laboratorios de docencia de química orgánica y química analítica (ver Anexo 1 y figura 10).

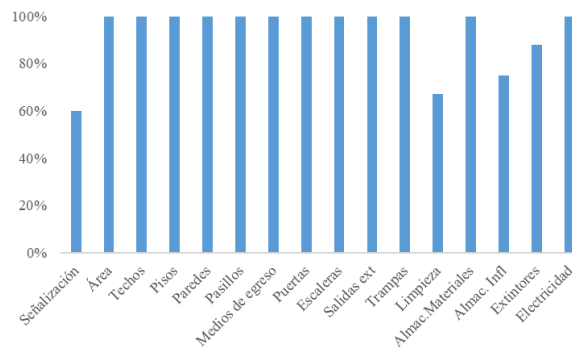


Figura 10. Porcentaje de Cumplimiento de la Guía de Inspección General de las Condiciones de Salud Ocupacional de la CSO, aplicadas en los laboratorios de cromatografía, aguas residuales y académicos de la Escuela de Química.

Al realizar la evaluación respectiva, se evidencia que en la mayoría de las secciones del bloque II, la Escuela de Química cumple con el 100% de los aspectos evaluados. Las secciones en las que no se cumple en su totalidad son las de señalización, limpieza, extintores y almacenamiento de sustancias inflamables y corrosivas.

La señalización cumple en un 60% debido a que dos de los cinco aspectos (*i.e.*, apartado 2.1.4 referente a la señalización de máquinas y el apartado 2.1.5 referente a la señalización para peatones y vehículos) no son aplicables para las actividades que realiza el laboratorio, sin embargo, cabe destacar que los aspectos que se evalúan en esta lista de verificación se refieren a la señalización de riesgos físicos u objetos, por lo que, dentro de esta sección no se consideraron las señalizaciones de las áreas de almacenamiento ni las necesarias para los contenedores de residuos químicos.

Algo similar ocurre con el apartado de la limpieza, ya que dos de sus ítems se refieren a la limpieza de maquinaria industrial, por lo que estos ítems no aplican.

En el caso de los extintores el porcentaje de cumplimiento es de 88%, debido a que uno de los aspectos evaluados se marcó como “no se sabe”, y esto es debido a que a la persona que se le preguntó dijo desconocer el proceso de reparación y mantenimiento de los extintores.

En cuanto a la sección referente al almacenamiento de sustancias inflamables y combustibles, los laboratorios evaluados cumplen en un 75%, pero los aspectos que evalúa no son muy detallados ni profundizan mucho en las condiciones adecuadas para el almacenamiento de los residuos químicos.

Con la ayuda de esta guía se puede determinar que, en lo referente a las condiciones de seguridad en el trabajo, la Escuela de Química cumple satisfactoriamente, ya que es un edificio nuevo, construido en el 2016 y tomando en cuenta los aspectos de seguridad pertinentes; sin embargo, debido a la manera superficial en que la guía aborda el apartado referente al almacenamiento de residuos químicos, no es posible brindar una opinión objetiva de dicha situación en el lugar de estudio. Por esa razón, se decidió aplicar la lista de verificación basada en la T12:2016 (ver apéndice 4), T12:2016 en la cual se evaluaron aspectos tales como los requisitos de empleados, requisitos del empleador, centros de trabajo,

señalización y almacenamiento de residuos químicos. La información obtenida gracias a esta lista de verificación sirvió para demostrar que las condiciones de almacenamiento en la Escuela de Química del TEC no son las idóneas. Los principales resultados pueden visualizarse en la Figura 11.

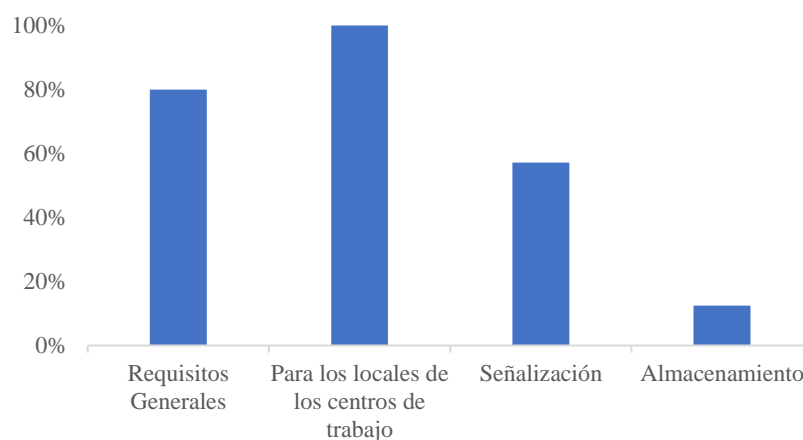


Figura 11. Resultados de la lista de verificación basada en la T12:2016 aplicada en los laboratorios de cromatografía, aguas residuales y académicos de la Escuela de Química del TEC.

Como se aprecia en la figura 11, los apartados referentes a requisitos generales y los locales de los centros de trabajo se cumplen de forma satisfactoria. El cumplimiento por parte de la señalización es de 57,14%, y esto es debido a que hay dos aspectos que no aplican a las condiciones del almacenamiento de residuos químicos (referentes a la señalización de tanques de residuos), y hay un aspecto que no cumple (no hay señalización que indique los peligros físicos asociados en los lugares de almacenamiento). Cabe destacar que el aspecto de señalización mencionado en la T12:2016 no evalúa el etiquetado de los contenedores.

Dentro de los avisos que deben aparecer en las zonas de almacenamiento están: peligros físicos-químicos, peligros para la salud humana, así como contar con sus respectivos pictogramas para una mejor comprensión. Sin embargo, en los laboratorios de la Escuela de Química, la única señal que se encuentra es la que identifica la zona de almacenamiento, como lo evidencia la figura 12.



Figura 12. Zona de almacenamiento del laboratorio de cromatografía de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).

En cuanto a la señalización presente en los contenedores, en la gran mayoría están presentes; no obstante, algunos no presentan dichas etiquetas, sino que hasta que el contenedor se cierra se procede a etiquetarlos.

De igual manera, como se puede apreciar en la figura 11, los apartados de requisitos generales—con un cumplimiento del 80%— y el referente a los locales de los centros de trabajo—con un 100% de cumplimiento— confirman los resultados de las otras listas de verificación (*vide supra*), por lo que es posible asegurar que en estas áreas el TEC ha desarrollado una buena labor, y que la mejora que se debe hacer en ellas es mínima.

Sin embargo, en el cumplimiento de lo referente a almacenamiento, el resultado obtenido es muy bajo, ya que solo el 12,5% de los aspectos evaluados cumple con lo mencionado en la T12:2016. Dentro de los aspectos que se incumplen, el que más llama la atención es el referente a la ausencia de diques, drenajes o bandejas que impidan el derrame accidental dentro de las zonas de almacenaje y, como se pudo apreciar en las visitas de campo a los laboratorios de la Escuela de Química, dentro de las zonas de almacenamiento se acumulan residuos en el piso, los cuales no son limpiados (ver figura 13).



Figura 13. Zona de almacenamiento del laboratorio de Aguas Residuales de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).

Además, las zonas de almacenamiento no respetan las incompatibilidades que los residuos químicos puedan tener entre sí, esto quiere decir que los contenedores son almacenados unos a la par de otros sin importar su contenido. Lo mencionado por las listas de incompatibilidades no es respetado por ninguna de las zonas de almacenamiento de la Escuela de Química del TEC.

E. Entrevistas a involucrados en el proceso de recolección de residuos químicos

El Regente Químico del TEC mencionó, en la entrevista que se le realizó, que los residuos que más se generan en la Escuela de Química son los ácidos (ver Cuadro 5). Además, el funcionario indicó que, aunque la institución no cuenta con un lugar apropiado para el almacenamiento de los residuos químicos generados, sí que cuenta con una bodega para el almacenamiento de los reactivos químicos, lo que resulta más que curioso, ya que ambos procesos forman parte de una misma cadena que debería estar conectada. Al no haber un espacio institucional dedicado al almacenamiento de los residuos químicos, estos se colocan donde mejor se pueda (generando la menor afectación a quienes laboran en los laboratorios), lo que ha terminado en colocarlos debajo de las pilas de los laboratorios (ver Figuras 8 y 14).



Figura 14. Almacenamiento en laboratorio de cromatografía de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).

Por otra parte, el Regente Químico comentó sobre el proceso de recolección de los residuos químicos del TEC: dicho proceso se realiza una vez durante cada semestre, cuando el Regente envía un correo electrónico a todas las instancias del TEC, ya sea que almacenen o no residuos químicos, donde les solicita que le envíen la información de los diferentes residuos que tienen almacenados. Una vez la información es recolectada, se procede a programar la recolección de los residuos, la cual es un proceso complejo, ya que el Regente tiene que ir instancia por instancia verificando que la información enviada electrónicamente en la solicitud concuerde con lo que hay en la zona de almacenamiento. Días después de esto, la empresa Greco Chemical que, desde el año 2016 mediante concurso público fue elegida para la disposición y tratamiento de los residuos químicos del TEC (TEC, 2016), programa la visita a la institución y, tanto el Regente como el encargado de la empresa, tienen que ir en el vehículo de la empresa a todas las instancias a recoger los residuos generados.

Por otro lado, en una entrevista realizada a uno de los asistentes de laboratorio de la Escuela de Química del TEC (ver apéndice 2), se mencionó que, durante el diseño del nuevo edificio de la Escuela de Química, a los laboratoristas se les consultó sobre especificaciones que ellos consideraban oportunas para ser agregadas al diseño, donde ellos hicieron hincapié en la necesidad de contar con un centro de almacenamiento que cumpliera con los requisitos de diferentes normas. Sin embargo, la propuesta no fue ejecutada.

El laboratorista también mencionó que hay sustancias que ellos separan para ser reutilizadas, y que las sustancias que no pueden ser separadas ni reutilizadas son guardadas

debajo de las pilas, hasta el final del semestre. Al igual que en los laboratorios de investigación, los laboratorios académicos utilizan contenedores de vidrio y de plástico (ver figura 15) para la recolección en el lugar de generación, sin embargo, en los laboratorios académicos, los estudiantes usualmente no prestan atención a los recipientes y a las etiquetas que indican el tipo de residuo, las cuales no cumplen con lo mencionado en las normativas sobre la señalización, como la T12:2016 o la NFPA 704 (ver apéndice 5).



Figura 15. Contenedor de vidrio para almacenamiento en laboratorio académico de la Escuela de Química (Foto tomada por los autores).

Para dar un mejor panorama de la situación que se vive en el TEC, es importante visualizar como manejan esta situación en la UCR. En una entrevista con el Máster Manrique Cubero, encargado del Laboratorio de Tratamientos comentó que la situación de esta institución es similar a la que se presenta en el TEC, ya que los residuos que se almacenan en los laboratorios son colocados debajo de las mesas o en gavetas, y al igual que en el TEC, las incompatibilidades no son respetadas (ver apéndice 6).

Una de las mayores diferencias que existen entre las dos universidades es que, en la UCR si cuentan con un lugar para el almacenamiento, el cual se ubica en el laboratorio de tratamientos, pero el espacio no es suficiente. Por esa razón, los laboratorios deben de almacenar los residuos generados, muchos de los cuales los almacenan debajo de las pilas hasta que la compañía encargada de la disposición llega a recogerlos, o cuando se libera espacio en el centro de almacenamiento.

También, otra diferencia de la UCR con respecto al TEC, es que en ese laboratorio de tratamiento se realizan procesos para la reutilización de los residuos o algunos son tratados para una adecuada eliminación.

F. Descripción General de los laboratorios de UCF.

Existen una gran cantidad de laboratorios en UCF, en los que se realizan investigaciones en diferentes áreas. La universidad cuenta con laboratorios de geología, física, biología, anatomía, ingeniería de materiales, química, entre muchos otros, que generan diferentes residuos químicos. Para efectos de este trabajo, los autores se centrarán en los laboratorios de química, tanto académicos como de investigación, con el fin de realizar una apropiada comparativa con la situación presente en el TEC (*vide supra*).

Los laboratorios de química cuentan con una zona de acumulación satélite, en la que los residuos producidos se almacenan hasta que son recogidos por el departamento de EHS y llevados al centro de almacenamiento de residuos químicos. La ubicación de estas zonas de acumulación satélite es conocida por todos aquellos que trabajan en laboratorios de investigación y docencia, de manera que sepan dónde colocar los residuos. En algunos casos, estas zonas cuentan con un señalamiento claro (ver figura 16), sin embargo, en otros casos no cuentan con ningún tipo de señalización que identifique los contenedores como residuos.



Figura 16. Área de acumulación satélite en laboratorio de investigación de UCF (Foto tomada por los autores).

También, en algunos laboratorios los residuos se encuentran segregados por incompatibilidad química (ver figura 17), según su tipo, ya sea oxidante, corrosivo, inflamable, tóxico o no reguladas. Cabe resaltar que las sustancias no reguladas no son necesariamente seguras, estas pueden ser igualmente peligrosas para el medio ambiente o para las personas. Es importante mencionar que la segregación por incompatibilidad no se hace en todos los laboratorios, por ejemplo, en uno de los laboratorios de investigación de

ciencias físicas, los residuos estaban colocados en bandejas, pero no según el tipo de sustancia (ver figura 18).



Figura 17. Residuos químicos almacenados en un laboratorio de investigación de UCF, segregados según su incompatibilidad química (Foto tomada por los autores).



Figura 18. Residuos químicos almacenados en bandejas contenedoras sin segregar en un laboratorio de investigación de UCF (Foto tomada por los autores).

G. Porcentaje de cumplimiento de los aspectos evaluados en UCF.

En UCF, se aplicaron las mismas listas de verificación utilizadas en el TEC, realizando así una comparativa referente a las normativas NFPA 101, NFPA 30 y NFPA 704. Esto se realizó mediante observación *in situ* del centro de almacenamiento de residuos en el departamento de EHS y en los laboratorios de UCF. La lista de verificación fue aplicada tanto en laboratorios como en el centro de almacenamiento debido a que en los laboratorios se encuentran las zonas de almacenamiento satélite (*vide supra*). En estas zonas de almacenamiento satélite permanecen por poco tiempo (este valor cambia según cada laboratorio) y posteriormente se almacenan en el centro de almacenamiento por un máximo de 90 días. Cabe aclarar que la lista de verificación basada en la T12:2016 no fue aplicada en UCF debido a que esta norma es válida y diseñada para Costa Rica.

Como se aprecia en la figura 19, el porcentaje de cumplimiento de los aspectos evaluados en los laboratorios de UCF fue del 75%, aplicando las listas de verificación basadas en la NFPA 30 y NFPA 704, mientras que el incumplimiento fue de un 8,3%. Esta situación se debe a que los residuos no se encuentran bajo llave ni con acceso controlado, es decir, cualquier persona puede tener acceso a estos residuos. Tampoco se encuentran segregados correctamente según sus incompatibilidades. Por último, hay un 16,7% de aspectos que no aplican al hacer la evaluación correspondiente, por ejemplo, aquellos en los que habla del material de los gabinetes y algunas características que deberían de cumplir. Con respecto a las NFPA 101, el resultado obtenido fue de un cumplimiento del 100%.

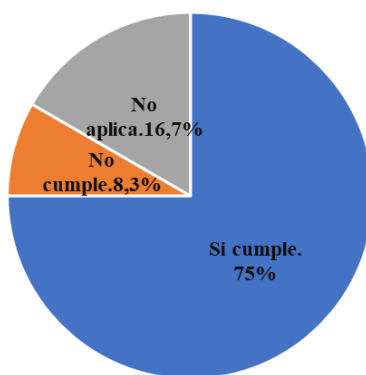


Figura 19. Porcentaje de cumplimiento de la lista de verificación basada en la norma NFPA 30 y NFPA 704 aplicada los laboratorios químicos de docencia y de investigación de UCF.

Como se mencionó anteriormente, donde mayor tiempo se almacenan los residuos es en el centro de almacenamiento de residuos químicos, que se ubica en la oficina de EHS de UCF. En este centro de almacenamiento, los residuos son colocados en tres habitaciones según la clasificación y su incompatibilidad química (ver figura 20). La clasificación que se les da a las sustancias es basada en la clasificación hecha por el DOT (Department Of Transportation) de Estados Unidos.

En la primera habitación se colocan las sustancias ácidas (*i.e.*, $\text{pH} \leq 2,5$). En la segunda habitación se colocan los residuos no regulados (*e.g.*, algunos metales, sustancias tóxicas, aceites, etc.) y las sustancias básicas ($\text{pH} \geq 12,5$). Por último, en la tercera habitación se colocan las sustancias inflamables.



Figura 20. Interior del Centro de Almacenamiento de residuos químicos de UCF. **Habitación 1:** sustancias ácidas, **Habitación 2:** sustancias básicas y no reguladas y **Habitación 3:** sustancias inflamables (Foto tomada por los autores).

Al centro de almacenamiento de residuos químicos se le aplicó la lista de verificación de las normas NFPA 30 y NFPA 704, utilizadas en los laboratorios de química de UCF y del TEC. En este caso, el porcentaje de cumplimiento fue de un 87,5%, como se observa en la figura 21. Los aspectos en los que no cumple con lo indicado en estas normas se relacionan con la utilización de gabinetes con puertas para el almacenamiento de los residuos, ya que en el centro de almacenamiento se utilizan estantes que no cuentan con puertas (ver figura 22).

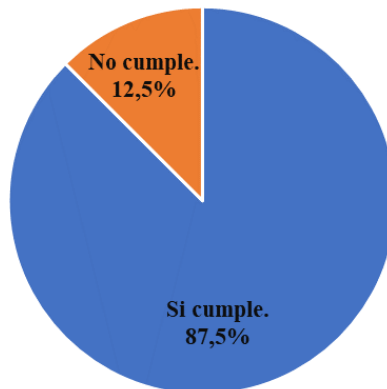


Figura 21. Porcentaje de cumplimiento de la lista de verificación basada en la norma NFPA 30 y NFPA 704 aplicada en el centro de almacenamiento del departamento de EHS en UCF.



Figura 22. Estantes del centro de almacenamiento de residuos químicos (Foto tomada por los autores).

En términos generales, el nivel de cumplimiento de UCF es muy alto, gracias al seguimiento tan riguroso de las diferentes normas mencionadas previamente. Esto les permite un mayor nivel de seguridad y en los casos de incidentes y accidentes, que los daños sean menores. Cabe resaltar que, en términos generales, en UCF existe una gran cultura de seguridad y así se refleja en los resultados obtenidos en las listas de verificación que se aplicaron. Además, la política de almacenamiento de residuos y las responsabilidades de estudiantes, profesores, investigadores y trabajadores del departamento de EHS son muy claras y son conocidas por todos, lo que reduce la probabilidad de que existan problemas referentes al manejo y almacenamiento de residuos.

Igualmente, cabe recalcar que el centro de almacenamiento de residuos de UCF, cuenta con unas características excelentes en términos de seguridad e higiene ambiental. Con paredes resistentes al fuego de dos horas para la habitación dedicada al almacenamiento de residuos inflamables (ver figura 23) y una hora para las demás habitaciones (ver figura 24). Así como un techo anti-explosiones, bandejas de contención de derrames en el centro de cada habitación, sistema de extracción de aire, dos capillas de extracción de gases (ver figura 25) y lámparas anti-explosiones.



Figura 23. Pared con resistencias al fuego por 2 horas del centro de almacenamiento de UCF (Foto tomada por los autores).



Figura 24. Pared con resistencia al fuego por 1 horas del centro de almacenamiento de UCF (Foto tomada por los autores).



Figura 25. Capillas de extracción de gases del centro de almacenamiento de UCF (Foto tomada por los autores).

H. Análisis FODA

A continuación, se presenta un análisis FODA con la información recolectada tanto en la situación actual del TEC como de UCF, donde se evidenciarán las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas con las que cuenta el TEC en la recolección y almacenamiento de los residuos químicos.

Cuadro 6. Análisis Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

<p>Internas</p> <p>Fortalezas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Compromiso institucional por el bienestar ambiental y de los colaboradores, así como de la población estudiantil. 2) Personal técnicamente especializado en protección del medio ambiente, así como con conocimientos químicos. 3) Conciencia de la peligrosidad del mal manejo de residuos químicos y sus posibles consecuencias. 3) Acceso a bases de datos relacionadas con este tema. 	<p>Debilidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) No se cuenta con un lugar apropiado para el almacenamiento de residuos químicos. 2) Poca capacitación para los colaboradores y los estudiantes, sobre cómo realizar el almacenamiento satélite. 3) No se cuenta con un procedimiento o instructivo para la manipulación de sustancias, así como para atender derrames y accidentes. 4) No se tiene registro de accidentes o derrames para su posterior investigación. 5) Regente químico tiene muchas funciones.
<p>Externas</p> <p>Oportunidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Existe conciencia en el TEC sobre la necesidad de un lugar apropiado para el almacenamiento de residuos químicos. 2) Se cuenta con varios departamentos que pueden trabajar en conjunto para el desarrollo y el funcionamiento de este centro, como GASEL, la Escuela de Química y la Escuela de Seguridad Laboral e Higiene Ambiental. 3) Contar con un centro de almacenamiento permitiría almacenar residuos químicos, así como, otro tipo de residuos peligrosos. 	<p>Amenazas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Rezago del TEC en cumplimiento de legislación y normas ambientales, tanto nacionales como internacionales. 2) Utilización de sustancias muy contaminantes y dañinas para la salud ambiental y de la población. 3) Aumento de la producción de estos residuos debido al crecimiento de la población estudiantil y de los centros de investigación. 4) Contaminación de fuentes de agua, si se dispone inapropiadamente de estos desechos.

I. Conclusiones

- El TEC carece de un lugar apropiado para el almacenamiento de los residuos químicos.
- En la práctica, los laboratorios de la Escuela de Química del TEC, tanto los de docencia como los de investigación, no cumplen correctamente con lo mencionado en la normativa de manejo de desechos peligrosos y en la guía de residuos químicos peligrosos.
- El proceso de solicitud de recolección de residuos químicos aplicado en el TEC es anticuado y requiere de una revisión que permita una mayor eficiencia en este proceso.
- Es necesaria una mejora en el proceso de etiquetado de los residuos químicos generados en el TEC, ya que en la actualidad el proceso o no se aplica del todo, o se aplica de manera incorrecta. La normativa vigente para el manejo de desechos peligrosos presenta un alcance limitado, es vaga en sus apartados y, visto lo expuesto, ha quedado obsoleta a la realidad que tiene la institución, lo que ha generado que los contenedores no estén correctamente etiquetados ni segregados.
- Las condiciones de almacenamiento de los residuos químicos en la Escuela de Química del TEC no cumplen con lo estipulado en las respectivas normativas nacionales e internacionales, lo que aumenta el riesgo de accidentes, por lo que es necesario un análisis del caso y una propuesta de mejora.
- Las condiciones de los laboratorios de la Escuela de Química del TEC, tanto de docencia como de investigación, cumplen con los requerimientos mínimos presentes en las normativas nacionales e internacionales relacionadas a las condiciones de seguridad en el trabajo (seguridad en instalaciones). Por tanto, los laboratorios tienen las condiciones para almacenar los residuos en áreas satélites por tiempo limitado.

- UCF cuenta con un lugar apropiado en el cual almacenar los residuos producidos en todo el campus, que cumple al 100% con la norma NFPA 101. Además, cumple de manera sobresaliente con las normas NFPA 30 y NFPA 704. Por lo que es importante contar con un espacio en el TEC para el correcto y seguro almacenamiento de los residuos químicos.
- Con respecto a la manera en la que almacenan los residuos en los laboratorios, en algunos laboratorios de UCF el porcentaje de cumplimiento es menor, sin embargo, la manera en la que se almacena es correcta.

J. Recomendaciones

- Se deben realizar acciones correctivas en las zonas de almacenamiento de los residuos químicos de los laboratorios de la Escuela de Química del TEC, específicamente en los lugares de almacenamiento satélite, aplicando la normativa correspondiente como la NFPA 1, NFPA 30, NFPA 45, NTP 725, y buscando las mejoras del caso con una perspectiva global e integral.
- El proceso de solicitud de recolección de residuos químicos del TEC debe ser digital, donde cada instancia generadora sea la encargada de solicitar la recolección mediante un sistema en línea. Además, dicho sistema permitiría obtener información detallada sobre los residuos generados, lo que ayudaría a tomar decisiones más expeditas, con el consecuente ahorro de tiempo, dinero y posibles accidentes.
- Se recomienda la utilización de un vehículo especializado y diseñado para el transporte de los residuos químicos.
- En las zonas de almacenamiento satélite, se deben de colocar los recipientes de los residuos en bandejas contenedoras de derrames que tengan la capacidad de almacenar el 110% del contenido dentro de los recipientes.
- Actualizar la normativa de manejo de desechos peligrosos, de manera que cuente con procedimientos y referencias actualizadas, para el manejo adecuado de los residuos químicos, así como modificar el apartado de sanciones, agregando de forma clara aquellas que correspondan a las personas que incumplan con lo mencionado en la normativa.
- Estandarizar el proceso de etiquetado para los contenedores de los residuos químicos utilizados en toda la institución.
- Capacitar al personal de los laboratorios del TEC en la forma correcta de recolección, almacenamiento y manejo de los residuos químicos.
- Utilizar las clasificaciones utilizadas por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América (DOT, por sus siglas en inglés), así como la clasificación

RCRA (Resource Conservation and Recovery Act), para la identificación de los riesgos dentro del TEC.

- Crear un laboratorio centralizado para el almacenamiento de los residuos químicos de las diferentes instancias del TEC.
- Utilización de la iniciativa de microescala en los laboratorios académicos, así como las compras verdes en nuevos reactivos químicos. Además, se debe de mantener un contacto constante entre los laboratorios académicos y de investigación de química y la regencia química para capacitaciones periódicas sobre el almacenamiento.

V. Alternativas de solución

A continuación, se describen las propuestas de solución para el manejo apropiado de la recolección y almacenamiento de los residuos químicos en el Campus Tecnológico Central del TEC.

Alternativa de solución 1.

Se propone construir un centro de almacenamiento donde todos los residuos químicos producidos por las diferentes instancias del TEC puedan colocarse por un máximo de seis meses. Todos los residuos químicos van a ser segregados de acuerdo con sus incompatibilidades para su correcto almacenamiento.

Dicho centro de almacenamiento debe de cumplir con las especificaciones de la NFPA 1 Código de Incendios, NFPA 30 Código de líquidos inflamables y combustibles, NFPA 101 Código de Seguridad Humana, NFPA 5000 Código de seguridad y construcción de edificios, la T12:2016 Condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento y la NTP 725 Almacenamiento de productos químicos.

A. Ubicación

La ubicación del centro de almacenamiento sería al oeste de la planta de tratamiento de aguas residuales del TEC, como se aprecia en la figura 26. Se utiliza esta ubicación ya que está alejado de los puntos más poblados del TEC. A su vez, según la NFPA 30, se recomienda que los lugares de almacenamiento no estén cerca de lugares con afluencia de personas particulares.



Figura 26. Ubicación para la construcción del centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC (Google maps).

B. Características del diseño.

El centro de almacenamiento tendrá unas dimensiones de $7\text{ m} \times 7\text{ m}$ mientras que la altura será de $4,5\text{ m}$ (*vide infra*). Por otra parte, contará con tres habitaciones para el almacenamiento de residuos químicos, tal y como se muestra en la figura 27. A su vez contará con otras dos habitaciones. A continuación, se describen las dimensiones de las cinco habitaciones:

- Habitación 1 Básicos: $3\text{ m} \times 2,15\text{ m}$
- Habitación 2 Inflamables: $3\text{ m} \times 2,21\text{ m}$
- Habitación 3 Ácidos: $3\text{ m} \times 2,16\text{ m}$
- Habitación 4 Bodega: $2\text{ m} \times 1,36\text{ m}$
- Habitación 5 Capilla de humo: $2\text{ m} \times 1,36\text{ m}$

Para la correcta segregación de los residuos químicos, estos serán almacenados de acuerdo con sus incompatibilidades, según indica la NTP 725. Por lo tanto, una habitación será exclusiva para los residuos inflamables, otra será utilizada para los residuos ácidos y en la tercera se colocarán los residuos básicos y los no regulados. Por otro lado, las dos habitaciones extras pueden ser usadas como bodegas y en el futuro—de ser necesario—se pueden utilizar para almacenar más residuos químicos.

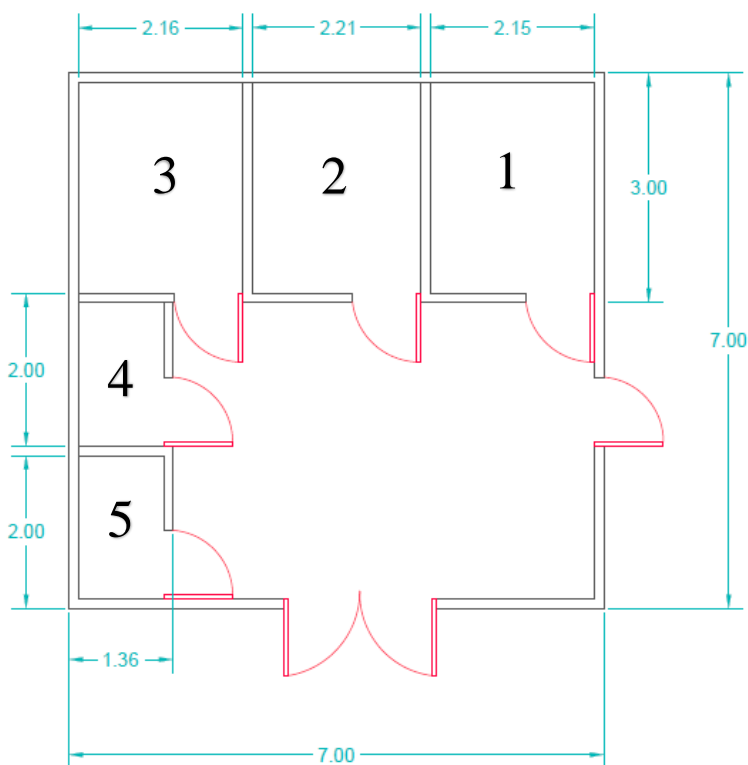


Figura 27. Propuesta de distribución para el Centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC. **Habitación 1** Básicos, **Habitación 2** inflamables, **Habitación 3** ácidos, **Habitación 4** bodega y **Habitación 5** capilla de humo (Diseño realizado por los autores).

Los componentes del centro de almacenamiento de residuos químicos deben de cumplir con requerimientos establecidos en las normativas aplicables. Por lo que a continuación se describen las especificaciones de esos componentes:

- Muros:

Los muros, exteriores e interiores, deben de ser resistentes al fuego por, al menos, dos horas, según lo mencionado en la NFPA 30 apartado 9.9, tabla 9.9.1.

El material de las paredes será concreto, ya que este es resistente al fuego, tal y como se menciona en la NFPA 5000. El grosor de las paredes debe ser de, al menos, 8cm.

- Ventilación:

Según la NFPA 30, en el apartado 18.6.6, el sistema de ventilación debe de proveer una extracción de aire de $0,3 \text{ m}^3$ por minuto por cada metro cuadrado. Por lo que la extracción de aire en el centro de almacenamiento debe ser igual a $14,7 \text{ m}^3/\text{minuto}$, ya que el área del centro de almacenamiento es de 49 m^2 .

- Techo:

Al igual que los aspectos anteriores, el techo debe de ser resistente al fuego y liviano, por lo que el techo del centro será de concreto, pero se colocará un cielorraso resistente al fuego. Además, el mismo debe ser anti-explosiones, de manera que en caso de explosión el techo se libere y así se reduzca la presión en la habitación.

Entre el techo del edificio y el cielorraso es necesario colocar aislante térmico, para mantener la temperatura del centro de almacenamiento a temperaturas menores del punto de inflamabilidad de las sustancias almacenadas.

- Puertas:

Las puertas deben ser resistentes al fuego, como mínimo a hora y media, como se menciona en la tabla 9.9.3 de la NFPA 30.

Se deben de instalar seis puertas de una hoja y una puerta de hoja doble, la cual será utilizada en la entrada del centro de almacenamiento.

- Piso:

El material del piso debe ser no combustible, por lo que el mismo será de concreto y lavable. Sobre el piso de concreto se colocará piso epóxico, para que en caso de derrame sea fácil de limpiar, es resistente a la oxidación y porque este material es resistente al fuego. (ver figura 28).



Figura 28. Piso epóxico para el centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC.
(Exterior Coating)

- Señalización:

En la entrada del centro de almacenamiento se debe colocar la señalización que indique el tipo de Equipos de Protección Personal (EPP) para el área central (ver figura 29).

En cada una de las habitaciones se deberán colocar señalización con el EPP, así como los peligros presentes por el tipo de sustancias que se están almacenando.

Se debe de identificar el lugar donde se ubican los extintores de incendios, así como los kits de derrame.

Los accesos a las salidas deben de estar bien señalizados.

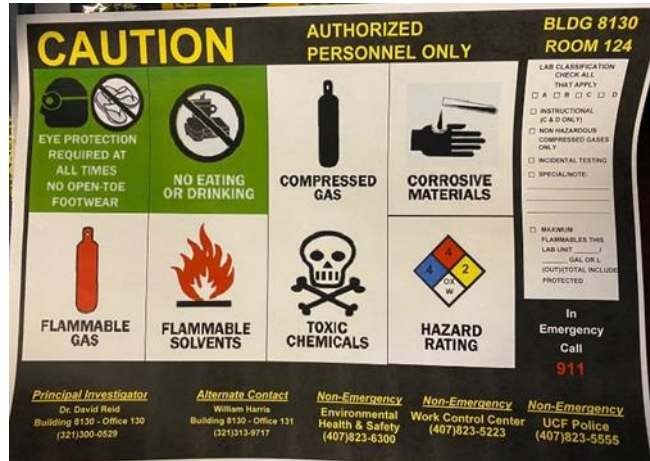


Figura 29. Ejemplo de señalización para la entrada al centro de almacenamiento de los residuos químicos del TEC, así como a las habitaciones de almacenamiento (Foto tomada por los autores).

- Equipos adicionales del centro de almacenamiento:

Debe contar con extintores de polvo químico ABC, así como extintores de clase D. Los extintores deben de cumplir con lo requerido en la NFPA 10.

Debe contar con kits para derrames químicos. En cada habitación debe de haber un kit para derrames.

Debe contar con ducha y lavaojos, los cuales deben de ser revisados una vez cada quince días, para comprobar su correcto funcionamiento.

Se debe de instalar una capilla de humo en caso de que se ocupe realizar alguna identificación de residuos (*i.e.*, comprobar el pH de la sustancia o si es oxidante o no), como se muestra en la figura 30.

Debe contar con un sistema de ventilación que permita el ingreso adecuado de aire, así como la extracción de este.

En la zona central debe de contar con mesas y estantes para el almacenamiento de herramientas, etiquetas y EPP.

Debe de contar con estantes adecuados para la colocación de los contenedores de residuos químicos, así como su adecuado contenedor secundario. Los contenedores deben de estar a la altura de los ojos.



Figura 30. Ejemplo de capilla de humo para el trasvase de los residuos químicos dentro del centro de almacenamiento (Fisher).

C. Costos de la alternativa de solución.

Para la construcción del centro de almacenamiento se requiere de la compra de varios materiales. En el cuadro 7 se presentan los materiales, cantidades y precios para la construcción del centro.

Cuadro 7. Presupuesto de los materiales para la construcción del centro de almacenamiento de los residuos químicos.

Componentes de la alternativa	Cantidad	Precio (en \$)
Block ¹	2520 unidades	3 070
Cielorraso ²		1 515
Puertas ³	6 unidades	4 870
Piso ⁴	6 galones	540
Varilla ⁵	120 unidades	2 000
Cemento ⁶	100 unidades	4 040
Fume Hood ⁷	1 unidad	10 225
Total		26 260

Fuente: Mercasa¹, Kanopi², COARPE³, Exterior Coating⁴, Coopeagri⁵, EPA⁶, Fisher⁷

Como se aprecia en el cuadro 6, se está considerando unos 630 blocks para cada una de las paredes. En el apartado del cielorraso se contemplan todos los accesorios necesarios para la instalación.

Para la prevención y la contención de derrames se requieren de ciertos materiales, sus precios son especificados en el cuadro 8.

Cuadro 8. Presupuesto de los materiales necesarios para la contención de derrames químicos en el centro de almacenamiento.

Elemento	Cantidad	Precio (en \$)	Precio Total (en \$)
Almohadilla absorbente ¹	6	89	534
Almohadilla absorbente aceite ¹	3	91	273
Caletín absorbente de productos químicos ¹	9	172	1 548
Kit control de derrames ¹	6	350	2 100
Bandeja contención de derrame ¹	55	50	2 750
Guantes de Nitrilo ²	20	19	380
Total			\$ 7 585

Fuente: New Pig¹ (USA), EPA².

Cabe destacar que en el caso de los calcetines absorbentes cada caja viene con 12 unidades, por lo que el total de este elemento sería de 108 calcetines. Los kits de control de derrames deben de ser colocados en cada una de las habitaciones del centro de almacenamiento, al igual que en la zona central. Las bandejas de contención de derrames serán colocadas en los estantes en las habitaciones de almacenamiento.

El presupuesto de los estantes, la mesa central, las señales y el mueble de almacenamiento de los EPP se describe en el cuadro 9.

Cuadro 9. Presupuesto de los accesorios para el centro de almacenamiento del TEC.

Elemento	Cantidad	Precio (en \$)	Precio Total (en \$)
Estantes ¹	6	255	1 530
Mesa de acero inoxidable ¹	1	222	222
Ducha con lavajos ²	1	720	720
Señales ¹	16	6	100
Mesa de almacenamiento ¹	1	200	200
Total			\$ 2 772

Fuente: EPA¹, Afalpi Costa Rica².

Dentro de las señales se incluyen la señalización de los extintores, de los kits de derrames, de los peligros físicos, así como los de las salidas. Además, se agrega a la señalización un cartel de *Prohibido fumar* y de *Solo personal autorizado*. En cuanto a los estantes, en principio se contempla la compra de seis: dos para cada habitación. En el futuro—y de ser necesario—se pueden adquirir más, ya que en cada una de las habitaciones está el espacio contemplado para 3 estantes. El costo de esta alternativa se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Presupuesto total para la construcción del centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC.

Elemento	Precio (en \$)
Construcción	26 260
Contención de derrames	7 585
Accesorios	2 772
Total	\$ 36 617

El costo final del centro de almacenamiento, considerando los aspectos ingenieriles mencionados en las correspondientes normativas es de \$35 897, 00.

Alternativa de solución 2.

Se pretende la instalación de contenedores especiales para el almacenamiento de todos los residuos químicos generados en el TEC, en el cual se respete la segregación según las incompatibilidades. Los residuos serán almacenados por un máximo de seis meses. Posterior a este tiempo, la empresa encargada de la disposición se llevaría los residuos generados por el TEC.

Para poder realizar la segregación según las incompatibilidades es necesario la utilización de, por lo menos, tres contenedores de almacenamiento. En un contenedor se deben de almacenar los residuos inflamables, en otro los ácidos, y en el tercero las sustancias básicas junto a sustancias que no entran en las otras dos categorías.

Cada uno de los contenedores de almacenamiento deben de cumplir con los requisitos de la NFPA 1 Código de Incendios, específicamente lo mencionado en los capítulos 60, 63, 64, 66, 67 y 70; NFPA 30 Código de líquidos inflamables y combustibles, así como con la T12:2016 Condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento y la NTP 725 Almacenamiento de productos químicos.

A. Ubicación.

Estos contenedores de almacenamiento deben ser colocados al sur de la Escuela de Química, como se aprecia en la figura 31, de tal manera que esté alejado de las zonas más transitadas del TEC, tanto de estudiantes como de trabajadores. La zona ideal para esta instalación es al frente de la planta de tratamiento de aguas, ya que en caso de un accidente no hay ningún edificio cercano que se pueda ver afectado. La NFPA 30 brinda recomendaciones para la ubicación de las zonas de almacenajes, en este caso recomiendan almacenar los residuos en lugares alejados de las zonas más pobladas.

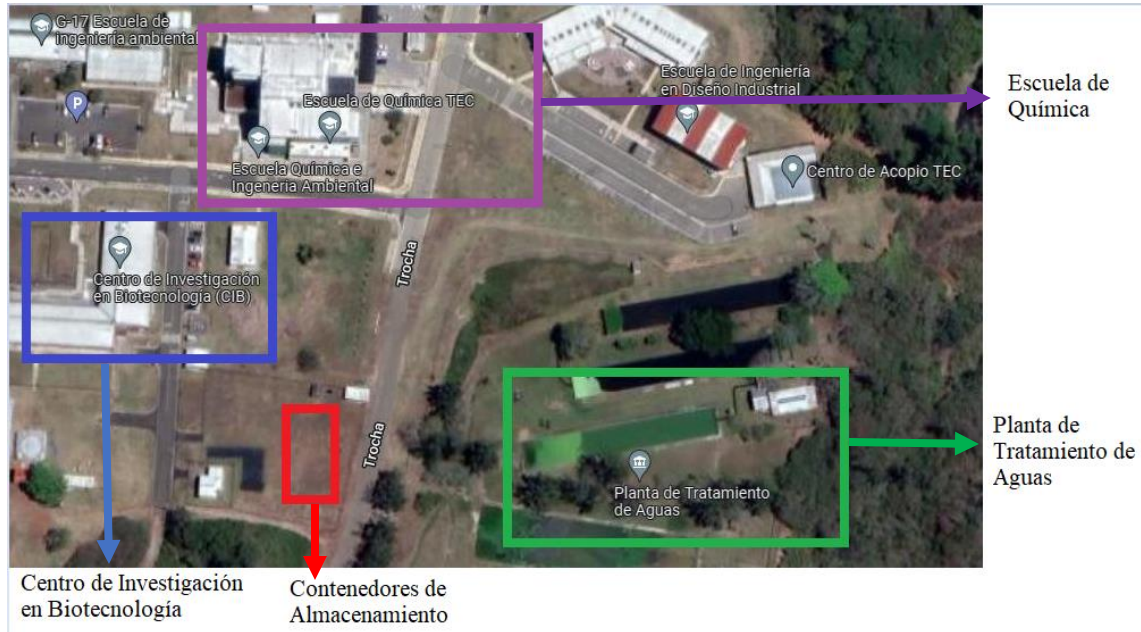


Figura 31. Localización donde se colocarían los contenedores para el almacenamiento de los residuos químicos (Google maps).

B. Características de los contenedores de almacenamiento

Los contenedores son de chapa galvanizada y lacada resistente a la corrosión y al fuego, característica que presentan la mayoría de las opciones en el mercado. Por otra parte, son aptos para el almacenamiento de sustancias inflamables, corrosivas, tóxicas o contaminantes.

El contenedor de almacenamiento de residuos químicos cuenta con las especificaciones generales mostradas a continuación:

- 4,20 m de frente, 2,70 m de fondo y 2,46 m de alto
- Área útil para el almacenamiento es de 10 m²
- kit antiderrame, un extintor con gabinete, detector de humo, bomba de extracción, buzón HD5 (para guardar papeles) y señaléticas
- La capacidad es de 24 tambos (*i.e.* contenedores) de 200 L

De acuerdo con las especificaciones mencionadas en la NFPA 1 y en la NFPA 30, los contenedores de almacenamiento deben de cumplir con:

- Ser resistentes al fuego, como mínimo dos horas, tanto las paredes externas como las internas, así como las puertas de acceso y el piso.
- Contar con un sistema de contención de derrame.
- Los estantes en los que se deben de colocar los contenedores de residuos deben ser de metal resistentes a la corrosión y al fuego (ver figura 32).
- Los contenedores deben de ser colocados a la altura de la vista.
- Debe de contar con ventilación natural (ver figura 33).
- En la parte exterior debe de contar con la señalización de los peligros relacionados con los residuos almacenados, así como EPP.
- Contar con una ducha de emergencia, la cual debe de contar con lavajos.
- Los extintores tienen que ser los adecuados para cada uno de los residuos que se están almacenando (*e.g.*, extintores a base de agua, de polvo químico, de espuma).



Figura 32. Estante para el almacenamiento de contenedores de residuos químicos (EPA)

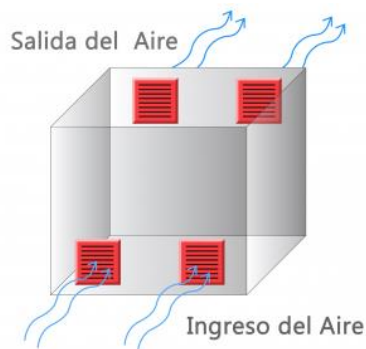


Figura 33. Ejemplo de ventilación en los contenedores de almacenamiento de residuos químicos (Gemapro)

Cada uno de los contenedores de almacenamiento tiene un precio de \$8 270 (ver anexo 3), por lo que el costo total por los tres contenedores necesarios sería de \$27 500 más el envío desde Chile (ver figura 34).



Figura 34. Contenedor para el almacenamiento temporal de residuos químicos de la empresa Ecostandard.

C. Costo de la alternativa de solución.

Para esta alternativa no se requiere la construcción de ninguna estructura, pero sí requiere de la compra de como mínimo tres contenedores de almacenamiento, la compra de estantes para la colocación de los contenedores, señalización, contención de derrames, así como algunos EPP básicos. El costo de lo anterior se detalla en el cuadro 11.

Cuadro 11. Presupuesto para la instalación de 3 contenedores de almacenamiento para el TEC.

Elemento	Cantidad	Precio (en \$)	Precio Total (en \$)
Almohadilla absorbente ¹	6	89	534
Almohadilla absorbente aceite ¹	3	91	273
Calcetín absorbente de productos químicos ¹	9	172	1 548
Kit control de derrames ¹	6	350	2 100
Bandeja contención de derrame ¹	55	50	2 750
Guantes de Nitrilo ²	20	19	380
Estantes ²	6	255	1 530
Señales ²	16	6	100
Ducha con lavajos ³	1	720	720
Contenedores de almacenamiento ¹	3	8 270	24 810
Embalaje de los contenedores ¹	3	897	2 691
Total			\$ 37 436

Fuente: New Pig¹, EPA², Afalpi³.

El costo final de esta alternativa es de \$37 436 sin contemplar el movimiento de tierra necesario para la colocación de los contenedores.

Alternativa de solución 3.

Como última alternativa de solución se propone una remodelación de la bodega ubicada al sur de la Escuela de Agronegocios del TEC, en el Campus Tecnológico Central, para que esta cumpla con los requisitos necesarios para poder almacenar residuos químicos (ver figura 35). Con dicha remodelación, se espera que la bodega cumpla con NFPA 1 Código de Incendios, NFPA 30 Código de líquidos inflamables y combustibles, NFPA 101 Código de Seguridad Humana, NFPA 5000 Código de seguridad y construcción de edificios, la T12:2016 Condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento y la NTP 725 Almacenamiento de productos químicos.

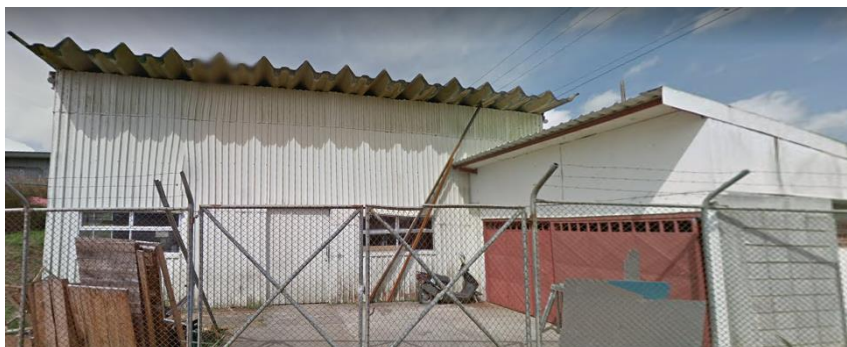


Figura 35. Bodega propuesta para almacenar los residuos químicos producidos en el TEC.
(Foto tomada por los autores)

A. Ubicación

Como se mencionó anteriormente, esta bodega está ubicada al sur de la Escuela de Agronegocios del TEC, en el Campus Tecnológico Central, frente al Vivero forestal del TEC (ver figura 36).

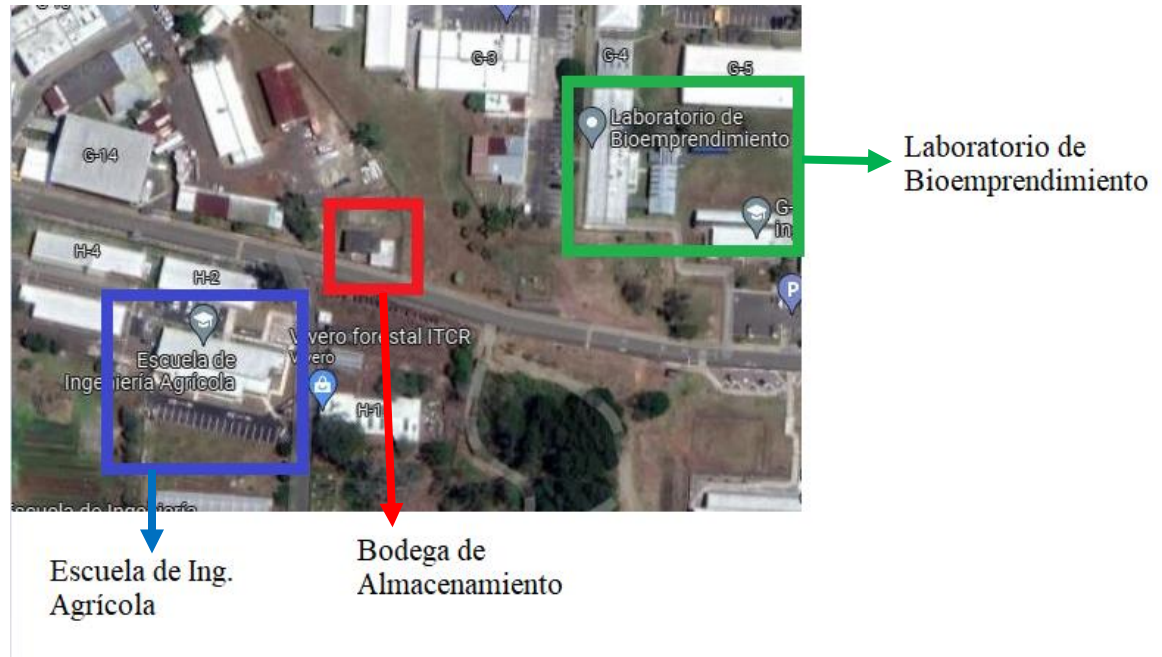


Figura 36. Ubicación espacial de la bodega a remodelar para el almacenamiento de los residuos químicos (Google maps).

B. Características del Diseño

Esta bodega cuenta con un área de alrededor de 72 m², que podría ser utilizada para el almacenamiento de los residuos químicos, área suficiente para realizar la correcta segregación por incompatibilidades. En la actualidad esta bodega se utiliza especialmente para el almacenamiento de residuos ordinarios.

Esta alternativa presenta la ventaja de que parte de la infraestructura ya existe, lo que permitiría tenerla habilitada a corto plazo. Es importante tomar en cuenta las normativas aplicables a la hora de realizar las remodelaciones necesarias. La bodega debe de cumplir con los capítulos 60, 63, 64, 66, 67 y 70 de la NFPA 1, con especial enfoque en la sección 60.3 que habla de la clasificación de los materiales, así como lo mencionado en la NFPA 30. También, es importante que se tome en cuenta lo mencionado en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios.

A continuación, se describen las remodelaciones o características necesarias para cumplir con las normativas correspondientes.

- Paredes:

Las paredes de esta bodega son de un tipo de chapa perfilada trapezoidal de acero galvanizado, al igual que el techo, por lo que, para que cumpla con la resistencia al fuego necesaria para almacenar residuos químicos es necesario la utilización de un mortero ignífugo. Dicho material está compuesto de lana de roca y cemento, para así cumplir con lo mencionado por la NFPA 1 y NFPA 30. Para conseguir que la resistencia al fuego sea de más de dos horas, como se estipula en la normativa NFPA 1, el mortero necesario para cubrir las paredes sería de 15 unidades de 20 kilogramos. Estas unidades tendrían un costo de \$260. Es necesario que el espesor de mortero ignífugo sea de al menos 26,8 mm, lo cual brindaría 129 min de resistencia a 350°C, esto según lo mencionado por la compañía Diaterm (Diaterm, 2022)

En el interior de la bodega, se debe tener paredes resistentes al fuego para la construcción de las diferentes habitaciones necesarias para la segregación de los residuos químicos. Por las características de la bodega, la mejor alternativa para las paredes internas es la construcción de paredes con vigas de acero y, tanto las paredes como las vigas (ver figura 37), deben ser revestidas con el mortero ignífugo mencionado previamente y deben de contar con el mismo espesor que las paredes exteriores para garantizar la resistencia de dos horas al fuego.

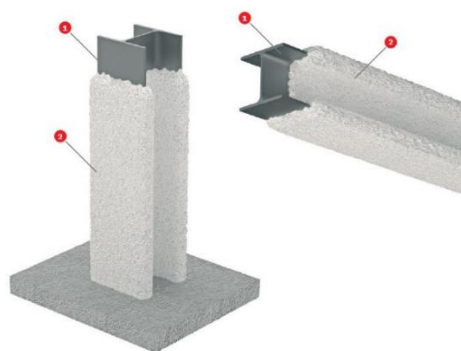


Figura 37. Ejemplo de vigas revestidas con el mortero ignífugo resistentes al fuego (Mercor Tecresa).

- Techo:

Con respecto al techo, se debe de cubrir con mortero ignífugo (ver figura 38), al igual que las paredes. Para este caso se requeriría un total aproximado de 5 unidades de 20 kilogramos, con un costo de \$260 (Diaterm, 2022). También se debe de colocar un cielorraso el cual sea resistente al fuego, por lo que se propone utilizar un PRELUDE XL 15/16" - Fire Guard, el cual tiene la resistencia al fuego necesaria, con un costo de instalación de \$1116 (Kanopi by Armstrong Ceilings, 2022).



Figura 38. Ejemplo de la aplicación de mortero ignífugo (Mercor Tecresa).

- Puertas:

Según la NFPA 30, tabla 9.9.3, se debe de utilizar puertas resistentes al fuego en el acceso al inmueble y en las salidas de emergencia y de los cuartos. Según la empresa COARPE, el costo de las puertas de acceso es de \$1,810.00 (ver figura 39). Por otro lado, las puertas de los cuartos y la de salida de emergencia tienen un costo de \$765 cada una. En total el costo final sería de \$3,060.00. Es importante recalcar que todas las puertas presentan una resistencia de 2 horas al fuego (COARPE, 2022).



Figura 39. Puertas resistentes al fuego para los accesos a la bodega de almacenamiento y los cuartos (COARPE)

- Ventilación:

La ventilación en la bodega debe ser natural, según lo mencionado en la NTP 725 seguridad en el laboratorio: almacenamiento de productos químicos, por lo que en las paredes se deben de colocar celosías en la parte inferior, mientras que las de extracción se deben de colocar en la parte superior del lado opuesto.

- Señalización:

En la entrada principal a la bodega se deben colocar los EPP correspondientes, así como los peligros que existen. Igualmente, en cada una de las entradas de los cuartos de almacenamiento, se debe de colocar un cartel en el que se indique los EPP, y los peligros físicos de los residuos que ahí se almacenan. (Ver figura 40)

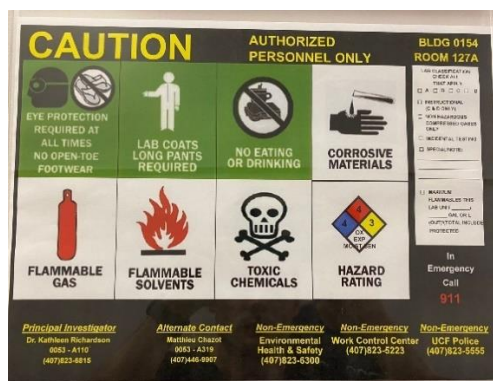


Figura 40. Ejemplo de la señalización exterior para el contenedor de almacenamiento. Señalización utilizada en UCF (Foto tomada por los autores).

Los cuartos de almacenamiento deben de contar con estantes en los cuales se van a poner los contenedores con los residuos químicos, así como bandejas de contención en caso de derrame.

C. Costo de la alternativa.

Para la remodelación de la bodega, es necesario la inversión en la compra de varios materiales para poder cumplir con lo que las normas requieren. El monto de los materiales necesarios se describe en el cuadro 12.

Cuadro 12. Presupuesto para los materiales necesarios para la remodelación de la bodega existente en el TEC.

Elemento	Cantidad	Precio (en \$)	Precio Total (en \$)
Mortero Ignífugo ¹	20	17,33	346,60
Cielorraso ⁵	1	1 116	1 116
Cemento ²	40	40	1 600
Puertas individuales ⁴	5	765	3 825
Puerta de entrada ⁴	1	1 810	1 810
Señalización ²	16	6,25	100
Estantes ²	6	255	1 530
Capilla de humo ⁶	1	10 225	10 225
Ducha con lavajos ³	1	720	720
Total			\$ 21 272,60

Fuente: Diaterm¹ (Barcelona), EPA², Afalpi Costa Rica³, COARPE⁴ (España), Kanopi⁵ (USA), Fisher⁶ (USA).

Por lo que, sumando los dos aspectos, en el Cuadro 13 se especifican los costos totales de la remodelación, junto con los materiales de contención de derrame.

Cuadro 13. Presupuesto final de la alternativa 3

Elemento	Precio (en \$)
Construcción	21 273
Contención de derrames	7 585
Total	\$ 28 858

Como se aprecia en el cuadro, esta alternativa representa un menor costo en comparación con las alternativas antes descritas.

VI. Comparativa de las alternativas

A continuación, se presenta una comparativa de las alternativas de solución propuestas (*vide supra*) para resolver el problema de la recolección y almacenamiento de los residuos químicos del TEC. Se realiza un análisis de los componentes económicos, ambientales, salud, seguridad, culturales, sociales, equidad y ética.

Cuadro 14. Análisis comparativo de los componentes de cada alternativa de solución para la recolección y almacenamiento de los residuos químicos generados en el Campus Tecnológico Central del TEC.

Propuesta	Económico (Costo total)	Ambiental	Seguridad y Salud	Cultural y Social	Ética y Equidad
Centro de Almacenamiento de Residuos Químicos	Realizar la compra y la construcción del centro de almacenamiento implica un costo de \$36 617	Movimientos de tierra considerables para preparar el terreno. Contaminación acústica por la construcción y generación de polvo.	Presentaría niveles mayores de seguridad, tanto para las personas que trabajarían ahí, como para un buen almacenamiento de los residuos químicos. Con esta alternativa se disminuye el riesgo de afectación en caso de un accidente. Durante la construcción del centro existe riesgo para los trabajadores de la construcción.	Demostraría el compromiso que tiene el TEC con la seguridad e higiene de sus trabajadores, estudiantes, así como con el medio ambiente. Esto gracias al correcto almacenamiento y disposición de los residuos químicos.	Puesta en práctica de normativas y procedimientos empleados a nivel mundial. Correcto manejo de los residuos químicos. Disminución de la disposición incorrecta de los residuos químicos.
Contenedores de Almacenamiento de Residuos Químicos	Para la adquisición de los contenedores y los materiales necesarios la inversión sería de \$37 436	Movimientos de tierra para nivelar la tierra donde se colocarán los contenedores.	La instalación de estos contenedores tiene asociado un riesgo menor en términos de seguridad y salud. En especial si se compara con el riesgo asociado a una construcción o una remodelación. Sin embargo, durante su funcionamiento, el riesgo es mayor debido al espacio limitado que posee.		
Remodelación de la Bodega para el Almacenamiento de Residuos Químicos	Para remodelar la bodega existente el costo sería de \$28 858	Contaminación mínima durante la remodelación de la bodega.	Contar con esta bodega reduciría el riesgo para los trabajadores de los laboratorios y los estudiantes. Sin embargo, debido a su ubicación, presenta un riesgo mayor. Durante la remodelación existe riesgo para los trabajadores encargados de realizarla.		

VII. Alternativa de solución elegida.

De acuerdo con el análisis realizado en el cuadro 13, la primera alternativa responde de manera integral a la problemática del almacenamiento de los residuos químicos del TEC. La misma cumple con los requerimientos establecidos en las normativas aplicables en Costa Rica en seguridad y salud, como lo son la NFPA 1 (especialmente los capítulos 60, 63, 64, 66, 67 y 70), NFPA 30 (apartados 9.9 y 18.6.6), NFPA 101 (principalmente capítulos 7, 9, 42), NFPA 704, NFPA 5000 (capítulos 37, 38, 40) NTP 725 y la T12:2016. Además, esta alternativa representa una solución a largo plazo para la institución en el tema del almacenamiento de los residuos químicos generados. Por las características del local y el cumplimiento de las normativas, esta alternativa presenta la mejor relación costo/beneficio para el TEC.

1. Justificación de la elección:

La alternativa de solución fue diseñada para que cumpla con lo establecido por las diferentes normas aplicables en el país. Por lo que, para poder cumplir con lo establecido en estas normas, y usando de guía las definiciones de la EPA de Estados Unidos, así como lo establecido por dicha agencia se concluyó que el diseño mostrado en la figura 27 es pertinente para el almacenamiento de los residuos químicos producidos en el TEC.

Como se observa en la descripción de la alternativa de solución 1 (*vide supra*), las dimensiones del centro de almacenamiento son de 7m × 7m. Se definieron esas medidas debido a que, en primer lugar, se va a contar con una zona central de 5,64 m × 4 m para la segregación segura de los residuos químicos, también se va a contar con una mesa (1,5 m x 1 m), un mueble de almacenamiento (0.70 m de profundidad), así como la ducha (1 m x 1 m). Es por eso que, para respetar lo mencionado en la NFPA 101 sobre el ancho de los medios de egreso, y contar con un tránsito seguro de las personas que trabajen en el centro, se establecieron las medidas antes mencionadas.

En segundo lugar, las dimensiones de las habitaciones de almacenamiento fueron diseñadas tomando en cuenta la cantidad de residuos químicos generados por la institución antes de la pandemia que, en el año 2019 fueron de aproximadamente 2000 kg, según lo

indicado por la Regencia Química del TEC. Es importante destacar que debido a la pandemia la generación de los residuos disminuyó significativamente (ver anexo 4). Gracias a las dimensiones de cada habitación, se puede contar con un estante grande, el cual puede almacenar 120 botellas de 4 L (*i.e.* cálculo realizado mediante una comparación de la realidad de las instalaciones de UCF con la realidad del TEC), y un estante pequeño el cual puede almacenar 40 botellas de 4 L en cada habitación. Por lo que cada habitación podría almacenar un total de 640 L, lo que daría un total de 1920 L de capacidad de almacenamiento, lo cual satisface las necesidades pre-pandemia del TEC, y brinda un margen para el almacenamiento de más residuos de ser necesario en el futuro. Las dimensiones de las habitaciones de almacenamiento se describen a continuación:

- Habitación 1 Básicos y No Regulados: 3 m × 2,15 m
- Habitación 2 Inflamables 3 m × 2,21 m
- Habitación 3 Ácidos 3 m × 2,16 m

Como se puede apreciar en la figura 27 se diseñaron dos habitaciones más, una va a ser utilizada para la colocación de la capilla de humo, la otra habitación se diseñó para ser utilizada en el futuro para almacenar más residuos o de ser necesario, los residuos de los plaguicidas pueden ser almacenados en este espacio. Las dimensiones de esas habitaciones son las siguientes:

- Habitación 4 Plaguicidas/bodega: 2 m × 1,36 m.
- Habitación 5 capilla de humo: 2 m × 1,36 m.

Como se muestra en el cuadro 13, la alternativa de solución 1 representa un costo total, sin contar mano de obra, de \$36 617, lo que la coloca como la segunda opción más cara para realizar. Sin embargo, al ser una opción que se construye desde cero, permite cumplir con lo mencionado en las normas de mejor manera, lo que resultaría en mayor seguridad para los trabajadores del centro como para la población del TEC.

Por otra parte, la ubicación es un punto a favor muy importante con la que cuenta el centro de almacenamiento, ya que en caso de accidente el centro se encontraría aislado, lo que representaría que la cantidad de personas que se podría ver afectadas es mínima, algo que no

sucede con la alternativa 3, ya que esta se ubica cerca de diferentes edificios, donde algunos son escuelas, lo que representa presencia de estudiantes y trabajadores.

Es importante destacar que, por el diseño con el que cuenta el centro de almacenamiento, el proceso de almacenamiento no se vería afectado en caso de que se presenten lluvias, lo que permitiría realizar la segregación de los residuos de forma segura ya que los residuos estarían en el interior de las instalaciones. Lo mencionado anteriormente es una de las desventajas y razones por las que se desestimó el uso de los contenedores de almacenamiento, ya que a la hora de realizar la segregación los residuos deberían permanecer en la intemperie mientras se realiza la misma, o retrasar dicho proceso por las condiciones climáticas. También es importante mencionar que en caso de ser necesario realizar una identificación de una sustancia, en el centro de almacenamiento se puede realizar en el mismo lugar, lo que representaría menos manipulación para cada residuo químico y una menor organización logística, lo que implica una mayor seguridad.

En cuanto al apartado ambiental, el centro no representa un mayor impacto, ya que lo único que se requiere hacer en la zona es la nivelación del suelo, por otro lado, no es necesario cortar árboles ni hay ríos presentes que se puedan ver afectados por las obras.

Realizar este tipo de mejoras en el proceso de almacenamiento de los residuos químicos demostraría el compromiso ambiental con el que cuenta el TEC, poniéndose al nivel de las universidades de Estados Unidos, las cuales cuentan con estrictos programas de almacenamiento y disposición de residuos químicos. A su vez, es importante que la institución promueva procesos que permitan el uso de sustancias ecológicamente sostenibles y amigables con el ambiente, cuando estos sean posibles, lo que implicará un desecho menos dañino y con menor cuidados para su manipulación y disposición.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, así como las características de la alternativa mencionadas en la descripción (*vide supra*), se proponen la distribución de la señalización en el centro de almacenamiento de residuos químicos (figura 41) y la distribución de los elementos del centro de almacenamiento de residuos químicos (figura 42).

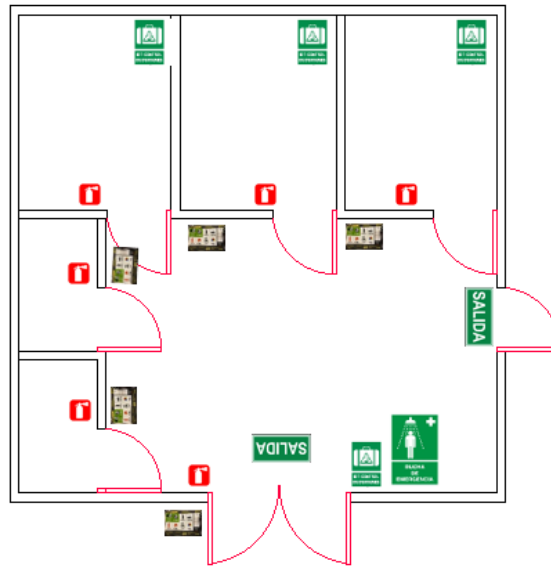


Figura 41. Distribución de la señalización en el centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC (Diseño realizado por los autores).

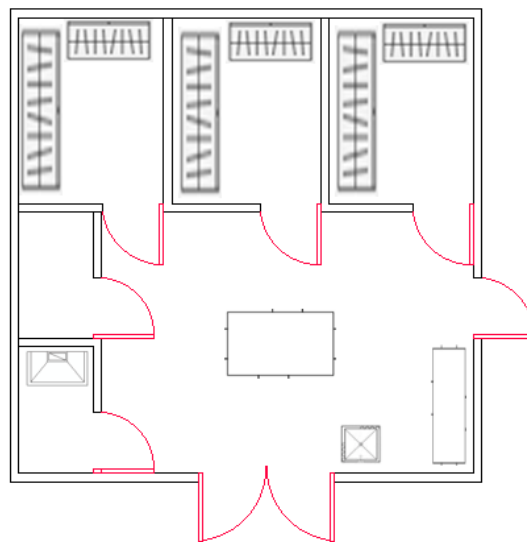


Figura 42. Distribución para el centro de almacenamiento de residuos químicos del TEC (Diseño realizado por los autores).

Para un proceso de recolección y almacenamiento integral se diseñaron los siguientes procedimientos, los cuales contemplan la gestión ambiental en los laboratorios químicos, el

etiquetado de los contenedores de residuos químicos, recolección y almacenamiento de los residuos químicos y el control de derrames químicos.

VIII. Procedimientos para la recolección y el almacenamiento de los residuos químicos producidos en el Tecnológico de Costa Rica

Procedimiento de Gestión Ambiental en Laboratorios Químicos	Fecha de aprobación	Número de procedimiento: QUIM-TEC-001
Elaborado por: Daniel Montero Murillo Alvaro Montero Murillo	Aprobado por:	

Aplicabilidad

El siguiente procedimiento es aplicable a todo el personal de laboratorio que trabaje con químicos. Los laboratorios cubiertos por este procedimiento incluyen, pero no se limitan a:

Escuela de Química: Laboratorios Académicos, laboratorios de investigación (CEQIATEC, CIPA).

Escuela de Biología: Laboratorios académicos, laboratorios de investigación (CIB)

Escuela de Ingeniería de Ciencia de los Materiales.

Escuela de Ingeniería Ambiental.

Escuela de Ingeniería en Agronegocios.

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental.

La Regencia Química es la encargada de asegurar el cumplimiento y la administración de este procedimiento.

Declaración del Procedimiento

Se tiene como finalidad de este procedimiento la reducción del impacto ambiental relacionada a la recolección y almacenamiento de los residuos químicos en los laboratorios de investigación y académicos. Así como garantizar que las operaciones de los laboratorios son compatibles con las leyes medioambientales existentes en Costa Rica.

Definiciones

Encargado de laboratorio: Persona asignada por el departamento/Escuela para velar por el cumplimiento de las reglas de los laboratorios, así como el uso correcto de los equipos de laboratorio y las medidas de protección personal. También, es el encargado de contactar con la Regencia Química para la solicitud de recolección de residuos químicos. Por último, es el encargado de velar el cumplimiento de lo dispuesto en este procedimiento.

Personal de laboratorio: Profesores, investigadores, asistentes, estudiantes, y visitantes que realicen actividades o tareas en un laboratorio del TEC.

Espacio compartido en laboratorio: Cuarto usado para múltiples investigaciones o intereses académicos.

Residuos peligrosos RCRA: Residuos que cumplen con las definiciones listadas o las características de residuos peligrosos.

Residuos de laboratorio no reguladas: Residuos que no cumplen con las definiciones de RCRA, pero siguen siendo consideradas tóxicas y no amigables con el medio ambiente.

Áreas de acumulación Satélite: Áreas en laboratorios donde los residuos son recolectados para ser removidos y llevados al centro de almacenamiento principal. Los residuos deben permanecer en laboratorio en el cual fueron generados.

Procedimiento:

1. Identificación de las actividades y responsabilidades en los laboratorios.

Cada departamento, escuela o centro de investigación debe de nombrar un encargado de laboratorio.

Cada departamento, escuela o centro de investigación cubierto bajo este procedimiento es responsable de actualizar el form de identificación de laboratorio, indicando cualquier cambio del encargado de laboratorio.

Los cambios deben de ser informados antes de usar los laboratorios.

2. Determinación de residuos.

Inicialmente la determinación de residuos deber ser desarrollada en todas las fases del residuo para determinar si se maneja como un residuo regulado o no regulado y para que sirva de guía en la segregación en el almacenamiento.

La determinación de los residuos debe ser desarrollada usando el conocimiento de los trabajadores del laboratorio, las hojas de seguridad, diagrama de flujo de determinación de residuos u otra referencia.

El personal de laboratorio es responsable de identificar todos los componentes de los residuos y desarrollar la determinación inicial.

La Regencia Química es responsable de asistir al personal de laboratorio en la determinación de residuos.

3. Requerimientos para las áreas de almacenamiento en los laboratorios

Los residuos peligrosos deben de permanecer en o cerca del punto de generación. Los laboratorios deben de designar un área en cada laboratorio donde los residuos químicos son generados para su almacenamiento. Este espacio es llamado Área de Almacenamiento Satélite (AAS).

Los laboratorios con AAS deben de ser cerrados cuando no hay personal presente.

AAS deben de tener bandejas contenedoras que puedan ser usadas para segregar las clases de peligros y contener derrames potenciales.

Evite localizar las AAS en las capillas de humo para minimizar las pérdidas de espacios y para no afectar la efectividad de las capillas de humo. Evite localizar las AAS cerca de las salidas de laboratorio. Evite localizar las AAS debajo de las pillas de los laboratorios.

4. Límite de almacenamiento en AAS.

Cada laboratorio puede almacenar temporalmente cuatro botellas de 4 litros (o 20 litros en total) durante máximo un 60 día o hasta llenar las botellas, lo que suceda primero, y sin superar la cantidad de botellas.

5. Etiquetado de los contenedores de residuos peligrosos.

Todos los residuos de los laboratorios deben de estar etiquetados con etiquetas de residuos peligrosos o residuos no regulados. La etiqueta debe de incluir el nombre del químico de todos los componentes peligrosos con un porcentaje estimado de la mezcla. No se usar formulas químicas como nombre del químico.

Si el contenedor es muy pequeño para sostener la etiqueta, la etiqueta se debe de colocar en un contenedor secundario (ex: bandeja, botella más grande, o bolsa de plástico).

Las etiquetas deben ser dadas por la Regencia Química del TEC.

Todo lo referente al etiquetado esta mencionado en el procedimiento correspondiente.

6. Requerimientos para los contenedores de residuos peligrosos.

Los residuos químicos deben de permanecer en contenedores cerrados que nos muestren señales de derrames o fugas. Derrames y residuos en el exterior deben ser limpiados de inmediato.

Los envases sellados con tapas, tapones o películas rotos o sueltos, o que no estén sellados de otra manera, están prohibidos.

Los contenedores no deben ser llenados al máximo, se recomienda dejar de 7 cm a 12 cm del cuello de la botella, esto debido a la expansión.

El material de los contenedores debe ser compatible con el tipo de residuo que se le va a agregar. Para los residuos corrosivos y solventes halogenados utilizar vidrio o plástico. Prohibido utilizar contenedores de comida y bebidas.

Los solventes halogenados deben de ser recolectados y almacenados en contenedores separados de los demás solventes.

Los contenedores deben estar cerrados en TODO momento, excepto de cuando se les está agregando residuos o se está removiendo el residuo de ese contenedor. Para los contenedores utilizados en los laboratorios académicos se recomienda la utilización de tapas con las que se facilita la apertura y el cierre de los contenedores. Los contenedores deben estar cerrados

durante las prácticas de los estudiantes. Si hay riesgo de presurización deje la tapa un poco suelta y coloque el contenedor en la capilla de humo en los que se completa la reacción. Una vez que la reacción se llevó a cabo, cierre bien la tapa y coloque el contenedor en AAS.

7. Remoción de los residuos de los laboratorios.

Los residuos están listos para la remoción cuando los laboratorios/han alcanzado el límite establecido, el laboratorio solicita la remoción o ya no se agregara más de un residuo a ese contenedor.

Revise el contenedor en busca de posibles derrames o fugas, asegúrese que el contenedor está bien cerrado.

Revise que la etiqueta esta con la información correcta y llenada correctamente.

Solicite la recolección a la Regencia Química del TEC, dicha instancia cuenta con 4 días hábiles máximo para recoger los residuos de los laboratorios/departamentos que los solicitan.

8. Transporte.

La regencia química recogerá los residuos de los laboratorios/departamentos en un máximo de 4 días hábiles desde la solicitud por parte de estos. Ningún trabajador de los laboratorios/departamentos puede ir al centro de acumulación a menos de que cuenta con la aprobación respectiva.

Referencias

University of Central Florida. (2013). Laboratory Environmental Management Procedures

Procedimiento de etiquetado de los contenedores de residuos químicos	Fecha de aprobación	Número de procedimiento: QUIM-TEC-002
Elaborado por: Daniel Montero Murillo Alvaro Montero Murillo	Aprobado por:	

Aplicabilidad

El siguiente procedimiento es aplicable a todo el personal de laboratorio que trabaje con químicos. Los laboratorios cubiertos por este procedimiento incluyen, pero no se limitan a:

Escuela de Química: Laboratorios Académicos, laboratorios de investigación (CEQIATEC, CIPA).

Escuela de Biología: Laboratorios académicos, laboratorios de investigación (CIB)

Escuela de Ingeniería de Ciencia de los Materiales.

Escuela de Ingeniería Ambiental.

Escuela de Ingeniería en Agronegocios.

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental.

La Regencia Química es la encargada de asegurar el cumplimiento y la administración de este procedimiento.

Declaración del Procedimiento

Este procedimiento tiene la finalidad de unificar todas las etiquetas para los contenedores de residuos peligrosos, como para los contenedores de residuos químicos. Así, como la estandarización de estas para una mayor facilidad para identificar los peligros asociados a cada residuo químico generado por el TEC. Por otra parte, pretende comunicar de manera clara la información pertinente sobre cada uno de los residuos químicos generados.

Responsables

El correcto llenado y colocación de la etiqueta en los contenedores es responsabilidad de los encargados de cada laboratorio/departamento generador de residuos químicos, o será responsabilidad del investigador generador de los residuos.

Se contará con inspecciones sorpresas por parte de la Regencia Química para comprobar la utilización correcta de las etiquetas.

Secciones de la etiqueta

La etiqueta cuenta con cuatro partes, las cuales son: información del generador, nombre del residuo, peligros asociados al residuo, y el contenido de cada contenedor junto con un porcentaje estimado (ver figura 43).







<input type="checkbox"/> Residuos Peligrosos	<input type="checkbox"/> Residuos Químicos			
Generador _____				
Laboratorio/Localización _____				
Nombre residuo:				
 Inflamable <input type="checkbox"/>	 Corrosivo <input type="checkbox"/> Ácido <input type="checkbox"/> Base	 Oxidante <input type="checkbox"/> Oxidante <input type="checkbox"/> Peróxidos Orgánicos	 Tóxico <input type="checkbox"/> Venenoso <input type="checkbox"/> Infeccioso	Otros:  Explosivo <input type="checkbox"/>  Irritante <input type="checkbox"/>
Contenido				% Estimado

Figura 43. Propuesta de etiqueta para los contenedores de residuos químicos del TEC.

En la sección de información del generador se tiene que marcar si el residuo que se está generando es peligroso o si es solo residuo químico. Se tiene que agregar el nombre del

encargado de laboratorio/departamento, investigador, o profesor a cargo del laboratorio donde se genera el residuo. Al igual se tiene que completar la información correspondiente al lugar donde se está generando el residuo (número de laboratorio, edificio, departamento, dependencia).

En la sección del nombre del residuo se tiene que llenar con el nombre del químico que se está desechando, no se puede poner el nombre en fórmula química.

La tercera sección correspondiente a la identificación de los peligros asociados al residuo, la persona encargada o el generador del residuo deben de marcar los diferentes peligros que están asociados al residuo que se está generando y almacenando.

Por último, se debe de identificar las diferentes sustancias que están presentes en el contenedor con su porcentaje estimado.

Rotulación para Transporte

Para el transporte tanto interno como externo de los residuos químicos, los vehículos deben de contar con la rotulación adecuada para la identificación de los residuos que transportan, es por eso por lo que se recomienda la utilización de lo mencionado por el departamento de transporte (DOT por sus siglas en inglés), según se detalla en la guía de respuesta en caso de emergencia.

Cada vehículo debe de contar con los carteles de identificación de cada sustancia que transporten (ver figura 44), los números de identificación se pueden encontrar en la guía de respuesta en caso de emergencia. También, cada vehículo debe de tener la señalización que identifique los peligros, dichas se encuentran en la misma guía.

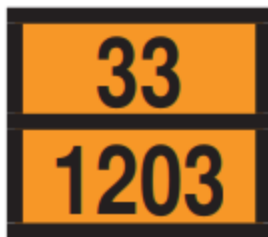


Figura 44. Cartel con números de identificación de los peligros de las sustancias (DOT).

Los números que se encuentran en la mitad superior del cartel son el número de identificación que se utilizan en las regulaciones europeas y sudamericanas, estos consisten en dos o tres números. Los números de la mitad inferior son los números de identificación de las sustancias según las naciones unidas, esta identificación consiste en cuatro números.

Los números utilizados en la parte superior tienen un significado ya asignado, los cuales son:

- 2- Emanación de gases resultantes de presión o reacción química.
- 3 - Inflamabilidad de materias líquidas (vapores) y gases o materia líquida susceptible de autocalentamiento.
- 4 - Inflamabilidad de materia sólida o materia sólida susceptible de autocalentamiento.
- 5 - Oxidante (comburente) (favorece el incendio).
- 6 - Toxicidad o peligro de infección.
- 7 – Radiactividad.
- 8 – Corrosividad.
- 9 - Peligro de reacción violenta espontánea.

En caso de que los números estén repetidos, como el mostrado en la imagen, esto significa que el peligro está intensificado. Cuando la sustancia posee un único peligro, el número que identifica a ese peligro está seguido por un cero (*e.g.* 60). Y en el caso de que el número esté precedido por la letra X, esto indica que el material reaccionará con el agua (*e.g.* X88).

Se recomienda revisar cuidadosamente la guía de respuesta en caso de emergencia.

Por otra parte, los vehículos deben de tener la simbología que muestre los peligros de las sustancias que transportan y dicha simbología debe estar presente en varios lugares del vehículo, lo cual permita que sean visibles sin importar por donde se mire el vehículo (ver figura 45).

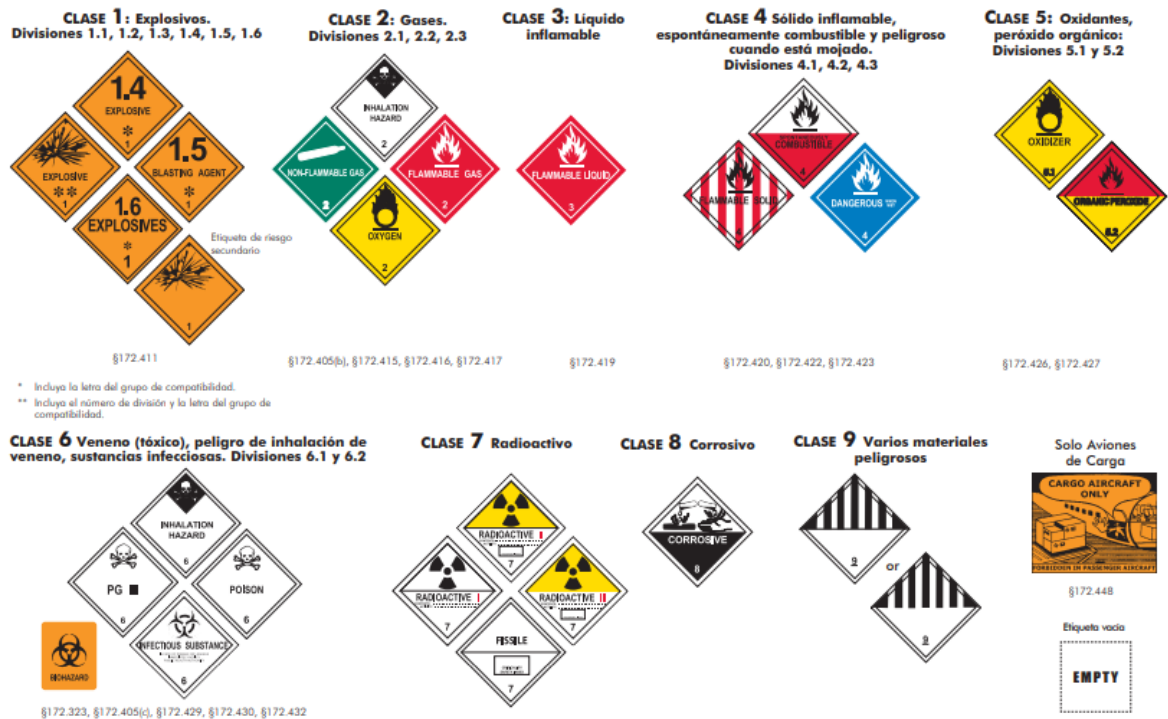


Figura 45. Señalización de los peligros de las sustancias (DOT).

Según la DOT, las medidas mínimas para las etiquetas deben ser de 100mm en cada uno de los lados.

La colocación de estas etiquetas debe ser junto al cartel de identificación de la sustancia, y por la parte de frente del vehículo, solo se colocará la etiqueta de los peligros de las sustancias.

La DOT permite la combinación del cartel de identificación de la sustancia con la etiqueta de los peligros (ver figura 46). La cual se representaría de la siguiente forma:



Figura 46. Ejemplo de cartel numerado del DOT (DOT).

También, se puede utilizar carteles metálicos en los camiones, dichos carteles pueden ser modificados para indicar cual es la sustancia que están transportando (ver los ejemplos de las figuras 47 y 48).



Figura 47. Carteles en camión de transporte de sustancias peligrosas (Foto tomada por los autores).



Figura 48. Carteles en camión utilizado en UCF (Foto tomada por los autores).

Requisitos Generales para los carteles

- Las palabras y los números en los carteles deben de leerse de manera horizontal.
- Los carteles deben de verse de manera clara y mantenerse legibles a lo largo del transporte.
- Un conductor no puede mover un vehículo que no esté debidamente señalizado en todos los lados necesarios.
- Para la escogencia de los carteles, se recomienda utilizar el libro de la DOT Hazardous Materials.

Procedimiento para la recolección y el almacenamiento de los residuos químicos	Fecha de aprobación	Número de procedimiento: QUIM-TEC-003
Elaborado por: Daniel Montero Murillo Alvaro Montero Murillo	Aprobado por:	

Aplicabilidad

El siguiente procedimiento es aplicable a todo el personal de laboratorio que trabaje con químicos. Los laboratorios cubiertos por este procedimiento incluyen, pero no se limitan a:

Escuela de Química: Laboratorios Académicos, laboratorios de investigación (CEQIATEC, CIPA).

Escuela de Biología: Laboratorios académicos, laboratorios de investigación (CIB)

Escuela de Ingeniería de Ciencia de los Materiales.

Escuela de Ingeniería Ambiental.

Escuela de Ingeniería en Agronegocios.

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental.

La Regencia Química es la encargada de asegurar el cumplimiento y la administración de este procedimiento.

Declaración del Procedimiento

Este procedimiento tiene la finalidad de brindar la información necesaria para que el personal a cargo del centro de almacenamiento pueda cumplir los requerimientos establecidos por las normas y regulaciones internacionales. Este procedimiento indica la forma en la que las sustancias tienen que ser almacenadas, el tipo de estantes que se tienen que utilizar, así como las precauciones que se deben tener a la hora de almacenamiento de los residuos, sin entrar en detalles de las condiciones de las instalaciones. Esta es una guía para el personal del centro de almacenamiento.

Responsables

Los responsables del correcto almacenaje son los encargados del centro de almacenamiento, así como la Regencia Química del TEC, así como de velar por el cumplimiento de lo establecido en los procedimientos QUIM-TEC-001 y QUIM-TEC-002.

Almacenamiento en Laboratorios

Como se menciona en el procedimiento QUIM-TEC-001, cada laboratorio/departamento debe de establecer un Área de Almacenamiento Satélite (AAS) dentro de los laboratorios/departamentos, dicha área debe estar ubicada en una zona del punto de generación en la cual no afecte el paso de las personas, ni ser almacenado debajo de las pilas de los laboratorios, ni en las capillas de humo y debe estar debidamente señalizada. Además, según la NFPA 45, en cada ASS se puede almacenar un máximo de 20 litros.

Las AAS deben de contar de por lo menos dos bandejas que sirvan para la contención de derrames y para respetar las incompatibilidades (ver figura 49).



Figura 49. Área de Almacenamiento Satélite UCF (Foto tomada por los autores).

Todos los contenedores ubicados en AAS deben de contar con la etiqueta debidamente llenada, así como permanecer cerrados en todo momento.

Recolección de los residuos químicos.

Para la recolección de los residuos químicos, cada encargado de laboratorio/instancia que requiera que la regencia química le recoja los contenedores debe de llenar el form correspondiente y esperar un máximo de tres días hábiles.

Solo se recogerán los contenedores que estén debidamente etiquetados y cerrados con las tapas adecuadas. Los contenedores deben de estar ubicados en las AAS.

La persona encargada de la recolección debe de utilizar un carrito (ver figura 47) para colocar los contenedores y transportarlos de forma segura hasta el vehículo de transporte, para posteriormente llevarlo hasta el centro de almacenamiento.



Figura 50. Ejemplo de carrito para transporte AAS-vehículo-centro de almacenamiento (webstaurantstore).

En cuanto al vehículo, este debe de contar con una zona exclusiva para la colocación de los residuos, dicha zona debe de ser techada y en la cual una persona pueda estar de pie. La zona exclusiva para los residuos debe ser independiente de la cabina del conductor, y debe de contar con una plataforma hidráulica para subir y bajar los contenedores (ver figura 48).



Figura 51. Ejemplo de vehículo con plataforma para el transporte de los residuos químicos hasta el centro de almacenamiento (Foto tomada por los autores).

Los residuos que se encuentren en contenedores de vidrio o en contenedores de menos de 20 litros deben de ser colocados en contenedores más grandes de por lo menos 20 galones, respetando las incompatibilidades.

Se recomienda siempre llevar por lo menos 3 contenedores de 20 galones o más cuando se vaya a realizar la recolección de los residuos de manera que estos sirvan de contenedores secundarios durante el transporte.

Almacenamiento en el Centro de almacenamiento.

Los contenedores de los residuos químicos deben de colocarse en estantes adecuados para el almacenamiento de estos (ver figura 52). Los contenedores más grandes deben de ser almacenados en la parte inferior del estante, los medianos y los pequeños deben de ser almacenados en los estantes superiores, pero sin estar a una altura que sea superior a la de la altura de la vista, con la finalidad que la persona a cargo pueda ver de forma clara la etiqueta de cada uno de los contenedores



Figura 52. Ejemplo de estante para el almacenamiento de los contenedores de residuos químicos (Safelabor).

Los estantes deben de permitir la modificación de la altura para adaptarse al tamaño de los diferentes contenedores de manera que no haya problemas a la hora de la colocación de los contenedores en estos estantes.

En los estantes se deben de respetar las incompatibilidades, por lo que se tienen se tienen que almacenar en distintos estantes las sustancias que no son compatibles entre sí. Al igual, se debe de segregar dependiendo de los peligros físicos con lo que cuente la sustancia.

Para las incompatibilidades se recomienda utilizar la tabla de incompatibilidad química de EPA (ver anexo 3).

Se recomienda utilizar contenedores como los que se muestran en las figuras de la 53 a la 57:



Figura 53. Contenedores de plástico de 10 y 5 litros (Empacor).



Figura 54. Contenedores de plástico para pequeñas cantidades de residuos (Empacor).



Figura 55. Contenedores de vidrio ámbar (Empacor).



Figura 56. Contenedor de 30 galones (Empacor).



Figura 57. Contenedor de 55 galones (Empacor).

En cada repisa del estante debe de haber una bandeja para la recolección de derrames, y que tenga la capacidad de recolectar el 110% del contenido del contenedor más grande. En el caso de los contenedores de 30 y 55 galones, deben de contar con bandejas colocadas en el centro del cuarto de almacenamiento, a nivel del suelo, con la capacidad de almacenar el 110% de un posible derrame (ver de la figura 58 a la 60).



Figura 58. Opción de bandeja para repisa de estante (New Pig).



Figura 59. Opción de bandeja para repisa (New Pig).



Figura 60. Bandeja para derrame de contenedores de 30 y 55 galones (New Pig).

Para las bandejas destinadas para los recipientes de 30 y 55 galones, se recomienda utilizar entre 4 y 6 en el centro del cuarto de almacenamiento, y como se mencionó anteriormente, que estén al nivel del piso, para mayor facilidad a la hora de colocar y remover los contenedores.

Inspección de centro de almacenamiento.

Una vez por semana, se recomienda que sea el último día laboral de la semana, se debe de realizar una inspección a las instalaciones del centro de almacenamiento, en la cual se debe de verificar la cantidad de contenedores, si se presenta algún derrame, que las botellas de plástico no estén infladas, que los contenedores presenten la adecuada etiqueta, así como su número de seguimiento, el equipo para atender un derrame, y la preparación para atender una emergencia.

Inspección en los Laboratorios/Departamentos

A todos los laboratorios/departamentos se les realizaran inspecciones sorpresa para verificar que todos los requerimientos están siendo cumplidos. En dichas inspecciones se verificará los entrenamientos y la documentación, la comunicación de peligros, la seguridad de laboratorio, el almacenamiento de químicos, seguridad biológica de ser necesaria, seguridad radiológica, seguridad en laser, manejo de residuos, entre otros.

Cada encargado de laboratorio/departamento debe de realizar una inspección de laboratorio una vez al mes y ver que se cumplen los requerimientos establecidos en la lista de verificación.

Auto inspección de los Laboratorios/Departamentos

Cada mes, los encargados de los laboratorios/departamentos, deben de realizar una auto inspección al laboratorio/departamento, para verificar que se cumplan las condiciones mínimas.

En caso de encontrar alguna anomalía se debe de reportar de inmediato para su pronta reparación.

Estas auto inspecciones serán revisadas en las inspecciones sorpresas que se realizan a cada uno de los laboratorios/departamentos.

Guía de control de derrames químicos.

Contenido del kit de derrames.

Cantidad	Artículo	Uso
4	Almohadillas absorbentes	Absorber líquidos solventes, ácidos/bases y aceites.
2	Barrera absorbentes	Absorber líquidos solventes, ácidos/bases y aceites.
1	Polvo absorbente de químicos	Absorción de líquidos
2	Guantes de nitrilo	Protección dermal
2	Anteojos de seguridad	Protección ocular
1	Pala y escoba de mano	Recolección de materiales sólidos
2	Bolsas de plástico	Almacenar materiales utilizados y residuos
2	Cable de seguridad de nylon	Cerrar la bolsa de basura
2	Etiqueta de residuo peligroso	Indicar el contenido de la bolsa de plástico

Utilícelo si:

- El derrame es menor a 4 litros y conoce la sustancia.
- Tiene conocimiento de las propiedades químicas y físicas de la sustancia.
- No se trata de una sustancia altamente tóxica, radioactiva y no se trata de una combinación de sustancias que produzcan una reacción desconocida.

Contacte a su superior si:

- El derrame es mayor a 4 litros.
- No tiene conocimiento de cómo utilizar los artículos de contención de derrames.

Contacte al 911 si:

- El derrame es de una sustancia altamente tóxica, radioactiva o si se trata de una combinación de sustancias que produzcan una reacción desconocida.
- El derrame provoca un incendio o explosión.
- El derrame provoca heridas.

Contacte con GASEL si:

- Conoce que sustancias químicas son, pero no conoce las propiedades físicas y químicas.
- Necesita artículos adicionales para contener el derrame.

Limpieza del derrame:

- Colóquese el equipo de protección personal.
- Utilice la barrera absorbente para rodear el derrame y evitar que se extienda.
- Utilice el polvo absorbente en el derrame para solidificarlo.
- Coloque las almohadillas absorbentes para terminar de absorber el líquido.
- Recoja cuidadosamente las almohadillas y el polvo y colóquelo en la bolsa de plástico.
- Con la pala y la escoba de mano, recoja cualquier resto sobrante y colóquelo en la bolsa de plástico.
- Utilice el cable de seguridad para cerrar la bolsa y coloque la etiqueta de residuo peligroso en la bolsa de plástico.

IX. Conclusiones.

- El TEC necesita con urgencia un centro de almacenamiento de residuos químicos que cumpla con lo indicado en las normas nacionales e internacionales, brindando un espacio exclusivo que permita minimizar posibles accidentes en los laboratorios docentes y centros de investigación.
- Debido a las capacidades y potencial del TEC, contar con un centro de almacenamiento de residuos químicos permitiría a la institución cumplir con estándares utilizados en universidades de Estados Unidos, como UCF. Así mismo, la institución llegaría a ser pionera en el proceso de recolección y almacenamiento de residuos químicos en Costa Rica.
- La correcta aplicación del procedimiento de etiquetado de los contenedores de residuos químicos, en este documento descrita, permitirá la identificación adecuada de los residuos generados en cada una de las instancias generadoras, disminuyendo los riesgos asociados a la manipulación de los mismos.
- La aplicación de los procedimientos permitiría una mayor eficiencia en la recolección y el almacenamiento de los residuos químicos dentro de los laboratorios. Igualmente se garantiza que el almacenamiento se realiza de forma segura, siguiendo lo establecido por la EPA.
- La alternativa de solución seleccionada, a pesar de su costo económico asociado, presenta todas las consideraciones de seguridad que permitiría almacenar los residuos químicos por un máximo de seis meses.

X. Recomendaciones

- Es necesario una actualización de los procesos de recolección de residuos y del plan de acción en caso de accidente o derrame de residuos peligrosos. De manera que, a la hora de afrontar la recolección o un derrame, el riesgo sea menor para las personas encargadas, así como para el medio ambiente.
- Trabajar en conjunto con los involucrados en el proceso de recolección, almacenamiento y disposición de los residuos químicos para el correcto cumplimiento de los procedimientos.
- Impulsar la redacción de una ley que de un marco legal a las instituciones y empresas sobre la forma correcta de almacenar y eliminar los residuos químicos.
- Implementación de química verde en los procesos de investigación y académicos (en los que sea posible) de manera que se utilicen sustancias químicas menos peligrosas y contaminantes. Así como la utilización de microescala, de manera que los residuos generados sean menores.
- Trabajar en conjunto con la escuela de computación para la creación de una página web que facilite la solicitud de recolección de los residuos químicos.
- Capacitar al personal y a los estudiantes en temas relacionados a la recolección de los residuos químicos, así como en la seguridad en laboratorios para cuando sea el caso. Las capacitaciones de los estudiantes deben de realizarse una vez al año, y debe de hacerse antes de que se empiece con los practicas de laboratorio.

XI. Referencias

- Alcántara, V., Cano, S., & Gavilán, A. (Eds.). (2014). *Guía técnica de acción para residuos químicos*. (Primera ed.)
- Alfaro Vargas, A. (2015a). *Manual de almacenamiento, control y desecho de residuos químicos*. Editorial UCR.
- Alfaro Vargas, A. (2015b), *Manual de seguridad laboratorios de la Universidad de Costa Rica*. (1 edición). Editorial UCR.
- Alfaro Vargas, A. (2020). *Lineamientos para el etiquetado de recipientes con sustancias químicas*. *Regencia Química* (2 Edición), 1-32. UCR. *Lurq-Ucr-006*.
- Alfaro Vargas, A. (Feb, 2007). *Instructivo para el manejo de residuos químicos*. Regencia Química. (1 Edición), 1-33.
- Allsopp, M., Costner, P., & Johnston, P. (2001). *Incineración y salud: Conocimientos actuales sobre los impactos de los incineradores sobre la salud humana*. Greenpeace España.
- American Chemical Society. (2016). *Guidelines for chemical laboratory safety in academic institutions*.
- American Chemical Society. (2017). *Safety in academic chemistry laboratories*. Washington, DC 20036
- Barbosa, F. C. L., Mol, M. P. G., & de Vasconcelos Barros, Raphael Tobias. (2020a). *Minimizing laboratory waste and improving material reuse through chemical waste exchange: Case of a brazilian institution*. *Waste Management & Research*, 38(9), 1064-1072.
- Benzo, F (10 de agosto 2022). *Riesgos en el almacenamiento y transporte de productos Químicos*. Webinar Colegio de Químicos de Costa Rica.
- Blackburn, W. R. (2016). *The practice of sustainability at colleges and universities*. *The Environmental Law Reporter News & Analysis*, 46, 10394. <https://wblackburnconsulting.com/wp-content/media/2017/12/ELI-News-Analysis.-WRB-Article.-May-2016.pdf>
- Caycedo, L., Trujillo, D., & Rosas, S. (2014). *Trazabilidad residuo químico líquido en laboratorios de docencia Caso: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá DC, Colombia*. *Nova*, 12(22), 195-200.

- Columbia University Environmental Health and Safety. (2018). *The 5 Is of hazardous waste management*. https://research.columbia.edu/sites/default/files/content/EHS/Waste_Hazmat/5Ls.pdf
- Columbia University. (s.f.) *Hazardous waste management*. <https://research.columbia.edu/hazardous-waste-management>
- Consejo de Salud Ocupacional. *Guía de Verificación de las Condiciones de Salud Ocupacional*.
- Creating safety cultures in academic institutions. (2012). *Chemical & Engineering News Archive*, 90(24), 46.
- Department of Transportation. (2020). *Emergency Response Guidebook*.
- Department of Transportation. (2013). *Hazardous Materials. Compliance Pocketbook*.
- Environmental Agency Protection. (2022). *Resource conservation and recovery act (RCRA)*. <https://www.epa.gov/rcra/resource-conservation-and-recovery-act-rcra-overview>
- Environmental Agency Protection. (2022). *EPA chemical compatibility chart*.
- Environmental Health & Safety. (10 de Abril de 2019). University of Washington. *Chemical waste guide for UW facilities*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ª Edición. México DF McGraw Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2016). *Condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manipulación de sustancias inflamables y combustibles*.
- Instituto Nacional de Perinatología. (2011). *Manual para el manejo de los residuos peligrosos de tipo químico*. <https://www.inper.mx/descargas/pdf/CRETI.pdf>
- Kimble-Hill, A. C. (2021). *Incorporating identity safety into the laboratory safety culture*. ACS Chemical Health & Safety, 28(2), 103-111.
- Kirchhoff, M. M. (2009). *Green chemistry education: Toward a greener day*. *Green chemistry education* (pp. 187-194) American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2009-1011.ch013>

- Leoneti, A. B., dos Santos, D. V., da Silva, R. S., Ferreira, A. H., Pimenta, A. C., & de Oliveira, Sonia Valle Walter Borges. (2019). Process management framework for chemical waste treatment laboratories. *Business Process Management Journal*, 26(2), 447-462
- Ley N°227 de 2007. *Normativa de manejo de desechos químicos peligrosos en el Instituto Tecnológico de Costa Rica*.
- Ley N°4777. *Ley Orgánica del Instituto Tecnológico de Costa Rica*. 10 de junio de 1971.
- Ley N°8839. *Ley para la gestión integral de residuos*. 13 de julio de 2010.
- Loayza Pérez, J. E. (2007). *Gestión integral de residuos químicos peligrosos*. *Revista De La Sociedad Química Del Perú*, 73(4), 259-260.
- Magriotis, Z. M., Saczk, A. A., Salgado, H. M. R., & Rosa, I. A. (2021b). *Chemical waste management in educational institutions*. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 4(1), 8.
- Montero, E., & Rios, E. (2020). *Gestión de residuos químicos en la universidad estatal a distancia abordajes desde la Regencia Química*. *Repositorio Científico*, 23(1), 12-18. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/2859/3857>
- National Association of State Procurement Officials. (2022). *NASPO green purchasing guide*. <https://www.naspo.org/green-purchasing-guide/>
- NFPA. (2021). *NFPA 1: Código de fuego*. Estados Unidos: National Fire Protection Association
- NFPA. (2021). *NFPA 30: Código de Líquidos Inflamables y Combustibles*. Estados Unidos: National Fire Protection Association
- NFPA. (2019). *NFPA 45: Norma sobre protección contra incendios para laboratorios que usan productos químicos*. Estados Unidos: National Fire Protection Association.
- NFPA. (2021). *NFPA 101: Código de Seguridad Humana*. Estados Unidos: National Fire Protection Association.
- NFPA. (2012). *NFPA 704: Sistema Normativo para la Identificación de los Riesgos de Materiales para la Respuestas de Emergencias*. Estados Unidos: National Fire Protection Association.
- NFPA. (2021). *NFPA 5000: Código de Construcción y Seguridad de Edificios*. Estados Unidos: National Fire Protection Association.

- Nitsche, C. I. (2019). *Promoting safety culture: An overview of collaborative chemical safety information initiatives*. *Journal of Chemical Health & Safety*, 26(3), 27-30.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2006). NTP 725: *Seguridad en el laboratorio: almacenamiento de productos químicos*.
- OSHA. (1990). *Occupational exposures to hazardous chemicals in laboratories*. Department of Labor, Washington D.C,
- Regencia Química Industrial del TEC, (2020). *Guía de residuos químicos peligrosos del TEC*.
- Rodríguez-Rodríguez, J. A., Vargas-Villalobos, S., Aparicio-Mora, C., Nova-Bustos, N., & Pinnock-Branford, M. (2020). *Physical, chemical, and biological treatment of chemical waste from teaching laboratories at Universidad Nacional, Costa Rica*. *Uniciencia*, 34(2), 82-94.
- Rutgers University. (5 de abril de 2020). *Hazardous waste management program*. <https://ipo.rutgers.edu/rehs/hazardous-waste-management-program>
- Sanz, A. I. (2014). *Almacenamiento de productos químicos. Orientaciones para la identificación de los requisitos de seguridad en el almacenamiento de productos químicos peligrosos*. INSHT. Madrid. ES, <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Almacenamiento+de+productos+quimicos.pdf/87f75b14-b979-4745-8bb5-5f6cb7d49e53>
- Tecnológico de Costa Rica. (2017). *Plan estratégico 2017-2021 TEC*.
- Tecnológico de Costa Rica. (2016). *TEC elimina responsablemente residuos químicos peligrosos*.
- University of Central Florida. (11 de junio de 2012). *Hazardous materials shipping, receiving and transportation*. <https://ehs.ucf.edu/wp-content/uploads/sites/3/2019/08/Hazardous-Materials-Shipping-Receiving-and-Transportation-Policy.pdf>
- University of Central Florida. (2022). *Hazardous waste guide*. <https://ehs.ucf.edu/hazardous-waste-guide>
- University of Technology Sydney. (2022). *Safety and wellbeing*.
- Wang, B., Wu, C., & Huang, L. (2018). *Emotional safety culture: A new and key element of safety culture*. *Process Safety Progress*, 37(2), 134-139.

XII. Apéndices

A. Apéndice 1. Cuestionario para el Regente Químico del TEC.

¿Cada cuánto tiempo se realizan inspecciones en los laboratorios de Centros de Investigación y bodegas del TEC?

¿Dónde se almacenan los residuos que se generan en los laboratorios?

¿Cuándo los residuos están almacenados, existe alguna separación entre los diferentes tipos de sustancias?

¿El TEC aplica algún tratamiento a los residuos peligrosos generados en los diferentes laboratorios?

¿Qué tratamiento se les aplica a estos desechos?

¿Cuál o cuáles empresas externas al TEC están involucradas en el proceso de tratamiento de residuos?

¿Por qué se acumula durante 1 año sustancias de las que se tenga acumulada la cantidad de 200 Kg o 200 L?

¿Se tiene algún tipo de control en los lugares de almacenamiento?

¿Cuáles son los principales residuos que se generan en los laboratorios de la Escuela de Química?

¿Cómo es el proceso de solicitud de los residuos químicos?

¿Qué se tiene que información se tiene que agregar en la etiqueta de los residuos químicos?

B. Apéndice 2. Entrevista a laboratorista de la Escuela de Química

- 1) ¿Cómo es la recolección de los residuos químicos durante las lecciones de los laboratorios?
- 2) ¿Qué hacen con los contenedores donde se recolectan los residuos?
- 3) ¿Por cuánto tiempo los almacenan?
- 4) ¿Los contenedores cuentan con alguna característica especial para el almacenamiento de los residuos?
- 5) ¿Los laboratoristas están capacitados para el manejo de los residuos químicos?
- 6) ¿Se realiza algún proceso químico para el tratamiento de los residuos químicos?
- 7) ¿Le parece que el proceso que sigue el TEC para el almacenamiento de los residuos químicos es el adecuado?
- 8) ¿Qué mejoras harían al proceso de almacenamiento de residuos químicos que tiene actualmente el TEC?
- 9) ¿Qué tan común es que los estudiantes dispongan de forma equivocada de los residuos?
- 10) ¿Cree que este relacionado con un problema de etiquetado?
- 11) ¿Cree que, con una mejor educación en aspectos de seguridad, los estudiantes sabrían mejor como disponer de los residuos?
- 12) ¿Para usted el proceso de almacenamiento de los residuos químicos dentro de los laboratorios es el adecuado?
- 13) ¿Se realiza algún tipo de proceso químico a los residuos antes de desecharlos?
- 14) ¿A cuáles residuos se les realizan estos procesos, y donde se realizan?
- 15) ¿Usted recibe el entrenamiento necesario para la manipulación adecuada de los residuos químicos?
- 16) ¿Cómo considera que se podría mejorar la situación que se presenta en el almacenamiento de los residuos químicos?
- 17) ¿Antes de la construcción del nuevo edificio de la Escuela de Química se planteó la posibilidad de tener un lugar adecuado para el almacenamiento de los residuos químicos?
- 18) ¿Considera que los estudiantes saben disponer de manera adecuada de los residuos químicos que se producen durante las prácticas?

19) ¿Cree que es necesario que se les de entrenamiento a los estudiantes sobre seguridad química antes de empezar a trabajar en los laboratorios?

C. Apéndice 3. Lista de verificación basada en las NFPA 30, 101 y la NTP 725.

Condiciones de almacenamiento	Cumplimiento			Observaciones
	Si cumple	No cumple	No aplica	
¿Existen equipos y alambrados eléctricos que constituyen una fuente de ignición para los vapores inflamables? (NFPA 30 cap 7, 7.3.1)				
¿El almacenamiento de los residuos químicos obstruyen físicamente los medios de salida? (NFPA 30 cap 9, 9.3.3.1)				
¿Se utiliza madera para estantes, repisas, listones, revestimiento para pisos e instalaciones similares? (NFPA 30 cap 9, 9.3.5)				
¿Cuenta con 25mm de espesor nominal?				
¿Se arruman, apilan contenedores, contenedores intermedios de forma que mantengan la estabilidad? (NFPA 30 cap 9, 9.3.9)				
¿Los contenedores, tanques cumplen con los requisitos de la norma NFPA 30?				
¿Se cuenta con armarios para el almacenamiento de sustancias inflamables que no exceda el límite permitido?				

¿Los gabinetes de almacenamiento es diseñada y construida para limitar la temperatura interna del centro del gabinete y a 25 mm de la parte superior de esta no más de 163°C cuando se someten a pruebas de incendios por 10 minutos?				
¿El piso, el techo, puerta y laterales del gabinete son de al menos de lámina de acero calibre 18 y tener doble pared, con un espacio de aire entre paredes de 38 mm?				
¿Las juntas son remachadas, soldadas o hechas estancas por algún medio igualmente efectivo?				
¿La puerta cuentan con un cerrojo de 3 puntos y está elevada al menos 50 mm (2 pulg.) respecto del piso del armario para retener los líquidos derramados dentro del mismo?				
¿Los recipientes, contenedores cumplen con el tamaño máximo para las diferentes categorías?				
¿Se cumplen las cantidades máximas permisibles?				
¿Cuentan con Armarios para el almacenamiento de materiales peligrosos?				
¿Se cuenta con al menos dos medios de egreso? (NFPA 101, cap 4.5.3.1)				
¿Los medios de egreso permanecen libres de cualquier obstrucción? (NFPA 101, cap 4.5.3.2)				
¿Se cuenta con barreras cortafuego de al menos 2 horas? (NFPA 101, cap 7.2.4.3.1)				

¿Las salidas son fácilmente accesibles en todo momento? (NFPA 101, cap 7.5.1.1)				
¿Las salidas terminan en la vía pública? (NFPA 101, cap 7.7.1)				
Los envases cuentan con el SGA				
¿El espacio de almacenamiento de sustancias químicas se encuentra bajo llave y/o cuenta con acceso controlado?				
¿Se cumple con lo mencionado en la NFPA 704 referente al etiquetado de los envases?				
¿Se respetan las incompatibilidades de almacenamiento mencionadas en la NTP 725?				
¿Cuenta con ventilación y extracción adecuada?				
Se cuenta con sistema de contención de derrames				
La iluminación permite identificar fácilmente peligros, salidas y medios de egreso.				
El lugar de almacenamiento cuenta con ducha de emergencia combinada con lavaojos y lavadores de rostro				
El piso es hermético a líquidos, empotrado o en declive				
El lugar de almacenamiento cuenta con los rociadores necesarios para el almacenamiento de residuos				

Se cuenta con un sistema de alarma contra incendios				
---	--	--	--	--

D. Apéndice 4. Lista de verificación basada en la T12:2016.

Condiciones de almacenamiento	Cumplimiento			Observaciones
	Si cumple	No cumple	No aplica	
Existen protocolos escritos de seguridad para el almacenamiento, transporte y manipulación de los residuos químicos				
Los protocolos son revisados y actualizados				
Los trabajadores tienen la formación adecuada para el trabajo				
Se capacita al personal de las sustancias con las que tienen que trabajar				
Cuando una nueva sustancia ingresa, se capacita al personal				
Existe la ficha de datos de seguridad				

La ficha de datos de seguridad está en español				
Se provee de equipo de protección personal para las tareas que se van a realizar				
Existe un plan de acción de emergencias				
Dentro del plan de acción existe un procedimiento para notificar a los cuerpos de emergencias				
Se evita la liberación de los residuos químicos en alcantarillas, desagües pluviales, zanjas, canales de drenaje, lagos, ríos, cursos de agua, tierra, aceras, calles o autopistas, atmósfera.				
Cumple con las medidas de seguridad establecidas por la empresa				
Conoce los riesgos y medidas preventivas relacionadas con sustancias combustibles e inflamables que se almacenen, transporten o manipulen en los centros de trabajo.				
Reporta condiciones de riesgo y hacer sugerencias que permitan minimizar esos riesgos.				
Usa el equipo de protección personal de acuerdo con las indicaciones del empleador				
Para los locales de los centros de trabajo				

En los locales donde se almacenen, transporten y manipulen sustancias inflamables o combustibles se deben adoptar las medidas siguientes:				
Estar aislados y contruidos con paredes, pisos y techos de materiales resistentes al fuego				
Instalar la ventilación que técnicamente se requiera para evitar el riesgo de incendio				
Garantizar que no existan fuentes de calor ni de ignición.				
Contar con salidas de emergencia y equipo de extinción de incendios				
Señalización				
Se deben colocar los avisos en lugares visibles que indiquen los riesgos específicos				
La señalización debe ser de material durable y su tamaño, color				
La señalización debe estar redactada en español como idioma principal o símbolos permitidos				
La señalización no debe quedar oculta ni obstruida; debe mantenerse legible; no debe ser quitada, excepto para su reemplazo.				

La señalización correspondiente al reconocimiento del riesgo se debe realizar de acuerdo a la norma NFPA 704, y esta debe ser colocada en:				
Tanques estacionarios ubicados sobre la superficie del terreno.				
En contenedores estacionarios ubicados sobre la superficie del terreno.				
En donde se requiera un reconocimiento del riesgo de alguna sustancia.				
Almacenamiento				
Las áreas de almacenamiento y uso, tanto para interiores como exteriores, para sustancias inflamables y combustibles deben cumplir con lo siguiente:				
mantenerse libres de malezas, residuos y materiales combustibles comunes, no necesarios para el almacenamiento o uso de sustancias inflamables y combustibles por una distancia mínima de 4,5 m.				
estar ubicadas a una distancia no menor de 6,1 m de cualquier lindero de la propiedad sobre la que se pueda construir, de calle, pasillo o vía pública.				

Los recipientes fijos de almacenamiento de sustancias inflamables o combustibles deben:				
Construirse de un material enlistado apto para almacenar la sustancia específica.				
Colocarse sobre cimentaciones de material resistente al fuego				
Estar identificados con letreros que indiquen lo que contienen y el riesgo específico.				
Hacer el llenado a un máximo del noventa por ciento de su volumen.				
Estar provistos de dispositivos que eviten se sobrepasen los límites establecidos				
Contar con dispositivos arrestadores de llama o de alivio de presión, que descarguen hacia otros lugares donde no provoquen riesgos de incendio				
Mantenerse cerrados hasta el momento de usarse				

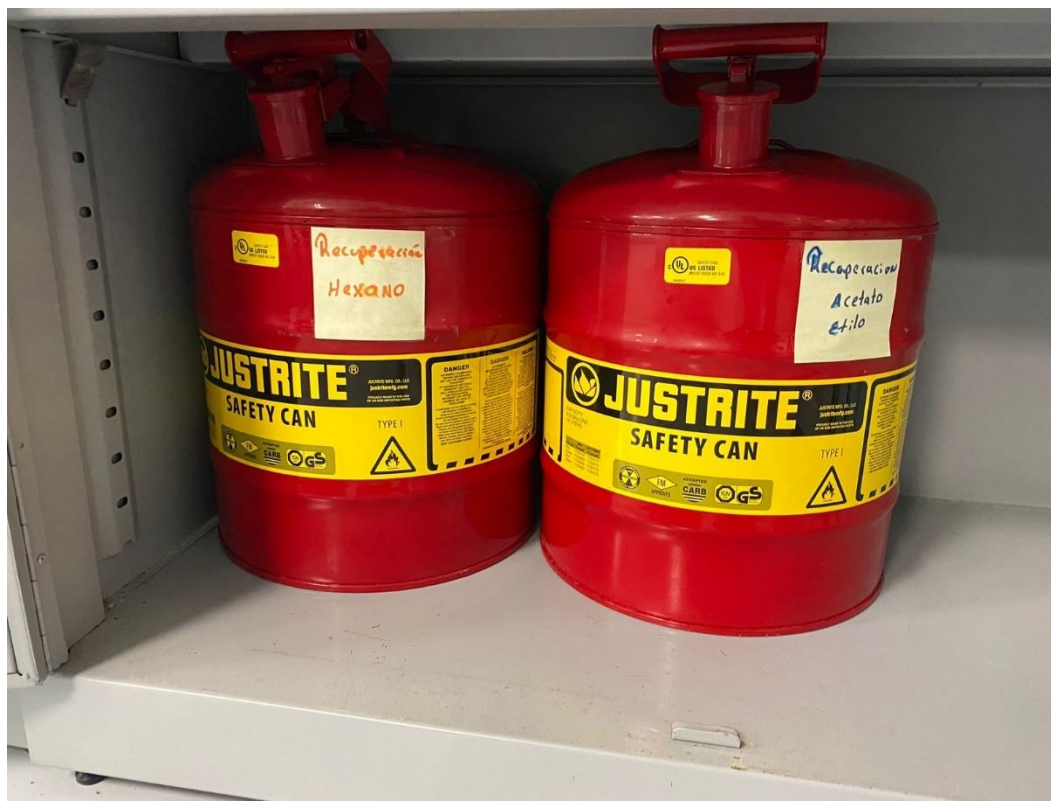
<p>Los recipientes fijos de almacenamiento, las tuberías, conexiones, válvulas y accesorios para sustancias inflamables o combustibles deben tener las características y especificaciones de seguridad y tener sistemas que interrumpan el flujo y permitan su aislamiento en el caso de que se requiera hacer mantenimiento, reparaciones, así como para evitar fugas y derrames.</p>				
<p>La distancia entre tanques debe ser la mínima requerida en metros desde el lado más cercano de cualquier vía pública o desde el edificio principal más próximo en la misma propiedad, de acuerdo con el tipo de sustancia o de tanque.</p>				
<p>En los locales donde se almacenen, transporten y manipulen residuos químicos, no se debe permitir la acumulación en el piso de desperdicios impregnados de dichas sustancias ni de otros desechos, estos deben ser eliminados de inmediato o depositados en recipientes cerrados resistentes al fuego y rotulados, cuyo contenido debe eliminarse por lo menos diariamente.</p>				

En los edificios o locales para el almacenamiento de residuos químicos, se debe evitar que estas sustancias puedan calentarse por exposición a fuentes naturales o artificiales de calor, así como la presencia de fuentes de ignición.				
Las áreas de almacenamiento deben tener en las instalaciones diques y drenajes que impidan el derrame accidental fuera de estas áreas				
Los gabinetes para almacenamiento de sustancias inflamables y combustibles deben cumplir con los siguientes requisitos:				
estar contruidos en metal.				
el interior debe estar tratado, revestido o construido de materiales no reactivos a las sustancias almacenadas. Dicho tratamiento, revestimiento o construcción debe abarcar la totalidad del interior del gabinete.				
estar aprobados para el almacenamiento provisto.				
estar señalizados con un letrero claramente visible con la siguiente inscripción: PELIGRO-				

MANTENER ALEJADO EL FUEGO.				
Las sustancias incompatibles almacenadas en contenedores con una capacidad superior a 2,268 kg o 1,89 L, deben estar separadas entre sí.				
La separación se debe hacer mediante uno de los siguientes métodos:				
Segregación del almacenamiento de sustancias incompatibles por una distancia no menor de 6,1 metros.				
Aislamiento del almacenamiento de sustancias incompatibles por medio de un tabique no combustible de una extensión no menor de 457 mm por encima y hacia los laterales del material almacenado o por medio de un tabique no combustible que interrumpa la línea de visión entre las sustancias incompatibles.				
Almacenamiento de materiales líquidos y sólidos en gabinetes de almacenamiento de sustancias inflamables y combustibles que cumplan con la normativa respectiva.				

Almacenamiento de gases comprimidos en gabinetes para gas o cerramientos para escapes que cumplan con la normativa respectiva.				
No deben almacenarse sustancias que sean incompatibles dentro del mismo gabinete o cerramiento.				

E. Apéndice 5. Etiquetado laboratorios académicos.



F. Apéndice 6. Entrevista a Manrique Cubero, encargado del laboratorio de tratamiento de la Universidad de Costa Rica.

¿Nos puede comentar acerca del proceso de recolección y almacenamiento de residuos químicos en la UCR?

¿Dónde específicamente guardan los residuos químicos?

¿Tienen un centro de almacenamiento?

¿Trata o eliminan algún tipo de residuo o utilizan una compañía externa?

¿Cómo ubican los residuos en el centro de almacenamiento?

¿Los laboratorios cuentan con un kit para derrames?

¿Cada cuanto hacen las recolecciones?

¿Cantidad de residuos generados por la UCR?

¿Cómo es el sistema de solicitud de recolección de residuos que utilizan en la UCR?

¿Cuentan con una etiqueta estandarizada para los contenedores de residuos químicos?

XIII. Anexos.

1) Guía de Verificación de las Condiciones de Salud Ocupacional (Bloque II).

BLOQUE II CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	CUMPLIMIENTO			
	Si Cumple	No Cumple	No Sabe	No Aplica
2.1 SEÑALIZACIÓN DE RIESGOS FÍSICOS U OBJETOS				
2.1.1 Existen señales y avisos de salud ocupacional en áreas de tránsito, salidas de emergencia, maquinaria, tuberías entre otros. (Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología. Decreto N° 12715-MEIC)				
2.1.2 Ha sido el trabajador capacitado para la correcta interpretación de señales o avisos. (Norma INTE 31-07-01:2016, Requisitos para la aplicación de colores y señalización de seguridad e higiene en los centros)				
2.1.3 Existen avisos para identificar peligros como alto voltaje, explosivos, excavaciones, materiales peligrosos y equipo para incendio (los avisos deben ser de color rojo.) (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1, Art. 35 y Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología. Decreto N° 12715-MEIC)				
2.1.4 Se encuentran las partes peligrosas de las máquinas y de los equipos eléctricos debidamente identificados. (Las partes deben ser identificadas con el color anaranjado) (Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología. Decreto N° 12715-MEIC)				
2.1.4 Están las áreas de tránsito peatonal, de vehículos, vigas bajas, columnas, postes, equipo en movimiento, partes de la huella y de la contrahuella de una escalera debidamente demarcados y señalizados (Estas áreas deben ser pintadas con amarillo) (Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología. Decreto N° 12715-MEIC)				
2.2 ÁREA				
2.2.1 Es la superficie del área destinada a cada trabajador, superior o igual a 2 metros cuadrados libres y de una altura mínima de dos metros y medio. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1 Art. 14)				
2.3 TECHOS				
2.3.1 Son los techos impermeables, no tóxicos y resistentes. Cuentan con recubrimiento o aislamiento térmico. (Reglamento de Higiene Industrial Decreto N° 18209- S, Art. 33 inciso e)				
2.4 PISOS				
2.4.1 Son los pisos de material resistente, parejos, no resbaladizos y fáciles de asear; con declives y desagües en caso de que se laven. (Reglamento General de				

BLOQUE II CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	CUMPLIMIENTO			
	Si Cumple	No Cumple	No Sabe	No Aplica
Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1 Art.15 y 16, Reglamento Higiene Industrial. Decreto N° 18209- S, Art 33, inciso a)				
2.4.2 Son las superficies del centro de trabajo antiderrapantes en zonas para el tránsito de personas, incluyendo accesos principales, pasillos, rampas, escaleras y en sitios desprotegidos de la lluvia. (Reglamento a la Ley 7600. Igualdad de Oportunidades para las personas con discapacidad. Decreto N° 26831, MP Art. 135)				
2.4.3 Se encuentra el piso en buen estado sin grietas o agujeros. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1 Art. 16)				
2.4.4 Está el piso de las diferentes áreas de trabajo al mismo nivel. De no ser así las rampas no deben ser mayores de quince grados. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1 Art. 16)				
2.5 PAREDES				
2.5.1 Están las paredes en buen estado de conservación, son de fácil limpieza, de material impermeable, no tóxico y resistente (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art. 16)				
2.5.2 Las paredes y techos de las salas de trabajo se pintan regularmente, y el color de las mismas es claro y mate (Reglamento de Higiene Industrial. Decreto N° 18209-S Art. 33, inciso f)				
2.6 PASILLOS				
2.6.1 Los pasillos generales y los de uso común tienen un ancho mínimo de 1.20 m y los pasillos interiores un ancho mínimo de 0.90 m. (Reglamento de construcciones de Ley N° 833 , capítulo VIII, Reglamento a la Ley 7600 Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad en CR . Decreto N° 26831, MP Art 141).				
2.7 Medios de egreso				
2.7.1 Se cuenta con medios de egreso mínimos. (Según Reglamento de Seguridad Humana y Protección Contra Incendios, Bomberos de Costa Rica, y el Manual de Seguridad Humana y Protección Contra Incendios vigente, así como las Normas de la NFPA.				
2.8 PUERTAS				
2.8.1 El espacio libre de las puertas es de un ancho mínimo de 0.90m; son fáciles de abrir, en caso de usar resortes, estos no obstaculizan la apertura de la puerta (Reglamento a la Ley 7600, Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad en CR Decreto N° 26831, Art. 140)				
2.9 ESCALERAS, RAMPAS Y PASARELAS				
2.9.1 Los edificios para comercio y oficinas de más de un piso, tienen escaleras que comunican todos los niveles, aun cuando cuentan con ascensores. (Reglamento de construcciones de Ley N° 833 , capítulo VIII)				

BLOQUE II	CUMPLIMIENTO			
	Si Cumple	No Cumple	No Sabe	No Aplica
CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO				
2.9.2 La anchura mínima de las escaleras es de 1.20 m. (Reglamento de construcciones de Ley N° 833 capítulo VIII)				
2.9.3 Las huellas de la escalera (espacio para colocar el pie) tiene un mínimo de 30 centímetros y las contrahuellas (altura del escalón) tiene un máximo de 14 centímetros. (Reglamento a la Ley 7600, Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad en CR Decreto N° 26831.Art. 134)				
2.9.4 Los pasamanos o barandales de las escaleras tienen una altura de 90 centímetros. (Reglamento a la Ley 7600, Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad en CR Decreto N° 26831.Art. 134)				
2.9.5 Los pasamanos de las escaleras se continúan por lo menos 0.45 m al inicio y final de las escaleras y si hay descanso también son continuadas por éste. (Reglamento a la Ley 7600, Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad en CR Decreto N° 26831, Art. 133)				
2.9.6 Los pasamanos cuentan con una señal en Braille que indique el número de piso. (Reglamento a la Ley 7600, Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad en CR Decreto N° 26831, Art. 133)				
2.10 Salidas al exterior				
2.10.1 Tiene su centro de trabajo las salidas al exterior mínimas, cumpliendo con los requisitos del Manual de disposiciones técnicas de seguridad Humana y protección contra incendios.				
2.11 TRAMPAS, ABERTURAS Y ZANJAS				
2.11.1 Las trampas, zanjás y aberturas que existen en el suelo están cerrados o tapados. Si se requieren se han colocado barandillas y se ha señalizado el peligro. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1, Art. 20)				
2.12 LIMPIEZA DEL CENTRO DE TRABAJO				
2.12.1 El centro de trabajo se conserva siempre limpio y se proporciona mantenimiento preventivo y correctivo necesario. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art. del 25 al 29)				
2.12.2 La limpieza se realiza fuera de horas de trabajo, preferiblemente después de terminada la jornada. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art. Del 25 al 29)				
2.12.3 Los residuos de materias primas o de fabricación y las aguas residuales se almacenan, evacúan o eliminan por procedimientos adecuados. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art. Del 25 al 29)				
2.12.4 En los establecimientos industriales se evacúan las basuras y desperdicios diariamente. (Reglamento de Higiene Industrial Decreto N° 18209-S, Art. 46)				

BLOQUE II	CUMPLIMIENTO			
	Si Cumple	No Cumple	No Sabe	No Aplica
CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO				
2.12.5 La acumulación de estos se hace en recipientes metálicos provistos de cierre hermético. (Reglamento de Higiene Industrial Decreto N° 18209-S, Art. 46)				
2.12.6 Los aparatos, maquinaria e instalaciones en general, se mantienen siempre en buen estado de limpieza. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art. 29)				
2.13 ALMACENAMIENTO DE MATERIALES				
2.13.1 Los espacios destinados a la estiba y desestiba están diferenciadas de las de tránsito (con muros, cercas o franjas pintadas en el piso según INTE 31-07-01-2016). (Norma INTE 31-09-14-2016 Condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales y equipos en los centros de trabajo)				
2.13.2 Las estibas se apilan sobre apoyos encima del piso, cuando este sea irregular, y dispuestos en forma cruzada y alterna, con dimensiones similares entre sí. (Norma INTE 31-09-14-2016 Condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo)				
2.13.3 Los espacios destinados a la estiba no obstaculizan el sistema de iluminación (natural o artificial), el sistema eléctrico, sistemas fijos de extinción y tubería en general y la ventilación natural o artificial. (Norma INTE 31-09-14-2016 Condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo)				
2.14 ALMACENAMIENTO SUSTANCIAS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES				
2.14.1 Existen por escrito los procedimientos de seguridad para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles. (Norma T12:2016 sobre almacenamiento y manejo sustancias inflamables y combustibles)				
2.14.2 En el puesto de trabajo existe la hoja técnica de los productos que se están transportando, almacenando y manipulando (Norma T12:2016 sobre almacenamiento y manejo sustancias inflamables y combustibles)				
2.14.3 Se proporciona a cada trabajador el equipo de protección requerido y se capacita en su uso y mantenimiento. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art. 74)				
2.14.4 Los Locales donde se almacenen y manejen sustancias inflamables son resistentes al fuego, con ventilación adecuada, se aíslan las sustancias de cualquier fuente de calor. Las instalaciones de los equipos y líneas eléctricas son a prueba de explosión según el código eléctrico. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art. Del 30 al 35)				
2.15 MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
2.15.1 Todo motor de la maquinaria está protegido y el arranque y parada de los mismos ofrece seguridad a los trabajadores. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1 Art. 39)				

BLOQUE II CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	CUMPLIMIENTO			
	Si Cumple	No Cumple	No Sabe	No Aplica
2.15.2 Las unidades móviles, piezas salientes y demás parte de motores, transmisiones y máquinas que ofrezcan peligro para los trabajadores están cubiertos. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1 Art. 40 y 45)				
2.15.3 El mantenimiento, engrase y limpieza se realiza durante el tiempo de receso o parada. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1 Art. 47)				
2.15.4 Las máquinas tienen los dispositivos de enclavamiento y resguardos debidamente colocados. (Norma INTE/ISO 14119:2016 Seguridad de las Máquinas, Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos)				
2.16 EXTINTORES DE INCENDIO				
2.16.1 Dispone el centro de trabajo de agua a presión y un número suficiente de tomas o bocas con sus respectivas mangueras de pistón. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art.79, inciso a, Manual de disposiciones técnicas de Seguridad Humana y Protección contra incendios.				
2.16.2 Se dispone de alarma y de rociadores automáticos de extinción de incendios. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1 Art.79, inciso b, Manual de disposiciones técnicas de Seguridad Humana y Protección contra incendios)				
2.16.3 Los extintores están cargados, en condición de operatividad y ubicados en el lugar designado. (Reglamento Técnico sobre uso de extintores portátiles. Decreto N°25986. Art. 7.)				
2.16.4 Los extintores están localizados en un lugar accesible, sin obstrucciones u ocultos a la vista y disponibles para su operación (Trayecto de Tránsito). (Reglamento Técnico sobre uso de extintores portátiles. Decreto N°25986 Art. 7 inciso 7.5. Manual de disposiciones técnicas de Seguridad Humana y Protección contra incendios)				
2.16.5 Los extintores se encuentran sobre ganchos o en sujetadores, montados en gabinetes. (Reglamento Técnico sobre uso de extintores portátiles. Decreto N°25986 Art. 7, inciso 7.6, Manual de disposiciones técnicas de Seguridad Humana y Protección contra incendios)				
2.16.6 Si el peso bruto del extintor es de 18.14 Kgr (40 libras) su parte superior (manija) está a una altura 1.25 mts. Si el peso bruto es superior a las 40 libras su parte superior (manija) está a una altura de 1.07 mts. (Reglamento Técnico sobre uso de extintores portátiles. Decreto N°25986. Art. 7, inciso 7.9, Manual de disposiciones técnicas de Seguridad Humana y Protección contra incendios)				
2.16.7 Las instrucciones de manejo están colocadas sobre la parte delantera del extintor en español y destacándose sobre otras rotulaciones. (Reglamento Técnico sobre uso de extintores portátiles. Decreto N°25986, Art. 7, inciso 7.9)				

BLOQUE II	CUMPLIMIENTO			
	Si Cumple	No Cumple	No Sabe	No Aplica
CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO				
2.16.8 Se reparan los daños físicos del extintor, (corrosión, escape u obstrucción de mangueras). (Reglamento Técnico sobre uso de extintores portátiles. Decreto N°25986 Art. 11.2)				
2.17 ELECTRICIDAD				
2.17.1 Todas las líneas conductoras de energía dentro de los lugares de trabajo están protegidas y aisladas y en condiciones de ofrecer la mayor seguridad (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art.53)				
2.17.2 Las líneas conductoras de energía están colocadas fuera del alcance o contacto inmediato del personal. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art.53)				
2.17.3 Las celdas o compartimentos donde se instalen transformadores, interruptores entre otros, están protegidos para evitar el peligro. (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art.54)				
2.17.4 Toda conexión de enchufe tiene su correspondiente conexión a tierra, por medio de un tercer terminal (Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo. Decreto Ejecutivo N° 1. Art.62)				
2.18 CALDERAS				
2.18.1 La caldera cuenta con permiso de instalación y de funcionamiento otorgado por el Departamento de Medicina, Higiene y Seguridad Ocupacional. MTSS. (Reglamento de Calderas Decreto N° 26789- MTSS Art. 3)				
2.18.2 Cuenta la caldera con una placa que indique su número oficial otorgado por el Departamento de Medicina, Higiene y Seguridad Ocupacional MTSS. (Reglamento de Calderas. Decreto N° 26789- MTSS Art. 3)				

3) Presupuesto para el contenedor de almacenamiento



ECOSTANDARD SPA
 RUT: 76.244.993-5
 Giro: Fab. De Bodegas Modulares, Venta de accesorios,
 Gestión de Residuos y Servicios de Ingeniería.

Fecha: 06-09-22
 Propuesta N° 080/22

Sres.	TECNOLOGICO DE COSTA RICA	
Solicitante	<u>Daniel Montero</u>	Vendedor
E-mail	<u>danieljose.monteromurillo@ucf.edu</u>	
Teléfono		

Cód. Interno	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Subtotal
RF120-10M2 L2A (ABATIBL	Bodega RF 120/24 tambos	3	USD 8.270	USD 24.811
EM/TER / 10M2	EMBALAJE TERCiado	3	USD 897	USD 2.690

VALOR USD	\$ 870
AL 13/04/2022	

TOTAL PROPUESTA	USD 27.501
IVA 19%	
TOTAL (TAX INCL)	USD 27.501

OBSERVACIONES:

4) Manifiestos de recolección de los residuos químicos.

2020: Ácidos

Sistema de gestión de residuos																					
REPUBLICA DE COSTA RICA																					
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS																					
Número de manifiesto: 66362		Estado del manifiesto: tránsito																			
Nombre común del residuo: Soluciones Ácidas		Código SIMARDE del residuo: 060106																			
Fecha de envío: 03-11-2020 Hora: 09:17		Fecha de recepción: 03-11-2020																			
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS																					
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica																					
Tel: 2550-2259	Fax:	Email: alfonso@itcr.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC																		
Nombre y firma del generador encargado: Julio Calvo Alvarado																					
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.																					
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT																		
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves																					
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.																					
Tel: 83360533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT																		
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves	Nombre del conductor: José Pablo Zúñiga Duarte	Licencia del conductor: CI-304070181																			
Código de identificación del Vehículo: C26067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 01331394	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT																			
Número de bultos y tipo de embalajes: 80 / Botellas	Cantidad transportada (kg): 227	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo																			
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD																					
Tóxico: <input type="checkbox"/> Inflamable: <input type="checkbox"/> Explosivo: <input type="checkbox"/> Corrosivo: <input checked="" type="checkbox"/> Reactivo: <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>																					
Simbología (UN, UE o SGA)		Riesgo NFPA (NFPA 704)																			
<table border="1"> <tr><td>80</td></tr> <tr><td>1760</td></tr> </table>		80	1760	<table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>Flamabilidad</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Salud</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Reactividad</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Específico</td> </tr> </table>		3	0	2	Flamabilidad				Salud				Reactividad				Específico
80																					
1760																					
3	0	2	Flamabilidad																		
			Salud																		
			Reactividad																		
			Específico																		
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN																					
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo:																					
		Porcentaje	Número CAS																		

https://www.comarbolesambiental.gov.cr/gestores/residuos_msp/residuos_vista.php?c=NTQY000

10

1/11/2020

Sistema de gestión de residuos

Componente 1	Ácido clorhídrico	25 %	7647-01-0
Componente 2	Ácido nítrico	25 %	7697-37-2
Componente 3	Ácido sulfúrico	25 %	7644-03-9
Componente 4	Disoluciones Buffer pH 7 o menos	25 %	N/A

IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO

Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m ³)	pH	Punto de ebullición	Punto de inflamación
Líquido	Cercana a 1	1	0	0

Toxicidad

Análisis microbiológico

Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:

Este producto es corrosivo para la piel y los ojos, el contacto puede causar daño permanente. La inhalación de vapores puede causar irritación del sistema respiratorio. En casos severos, edema pulmonar, falla circulatoria y muerte. Daño si se ingiere. Este producto es tóxico para las aves, peces y organismos acuáticos.

Incompatibilidades químicas y riesgos generales:

GRUPO 1 (H, S), GRUPO 3 (E, gf, S), GRUPO 4 (H, gf, F, E, gt), GRUPO 6 (H, F, E), GRUPO 7 (gf)

V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO

Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda.
R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.

VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)

Nombre del encargado de atención de emergencias:	Teléfonos:	Dirección:
Adrián Flores Cantillo	25502259	Campus ITCR

Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s):
Disoluciones ácidas, no mezclar con bases fuertes.

El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:

Nombre: Julio Calvo Alvarado Firma

Elaborado por: Adrián Flores. Despachado por: Adrián Flores

Bases

Sistema de gestión de residuos																					
REPUBLICA DE COSTA RICA																					
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS																					
Número de manifiesto: 66364		Estado del manifiesto: tránsito																			
Nombre común del residuo: Soluciones alcalinas		Código SIMARDE del residuo: 060205																			
Fecha de envío: 03-11-2020 Hora: 10:03		Fecha de recepción: 03-11-2020																			
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS																					
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica																					
Tel: 2550-2259	Fax:	Email: afores@itcr.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC																		
Nombre y firma del generador encargado: Julio Calvo Alvarado																					
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.																					
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT																		
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves																					
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.																					
Tel: 83360533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT																		
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves	Nombre del conductor: Jose Pablo Zárate Duarte	Licencia del conductor: CI-304070181																			
Código de Identificación del Vehículo: C26067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 01331394	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT																			
Número de bultos y tipo de embalajes: 75 / Botellas	Cantidad transportada (kg): 159	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo																			
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD																					
Tóxico: si Inflamable: no Explosivo: no Corrosivo: si Reactivo: no Otros: no																					
Simbología (UN, UE o SGA)		Rombo NFPA (NFPA 704)																			
<table border="1"> <tr> <td>80</td> </tr> <tr> <td>1719</td> </tr> </table>		80	1719	<table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>Famabilidad</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">COR</td> <td>Salud</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Reactividad</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Específico</td> </tr> </table>		3	0	2	Famabilidad	COR			Salud				Reactividad				Específico
80																					
1719																					
3	0	2	Famabilidad																		
COR			Salud																		
			Reactividad																		
			Específico																		
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN																					
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo																					
		Porcentaje	Número CAS																		

https://www.contralorambiental.go.cr/pag/manifiesto_transporte_vista.php?c=NTQyODQ=

12

3/11/2020

Sistema de gestión de residuos

Componente 1	Disoluciones Buffer pH 7 o más	50 %	N/A
Componente 2	Hidróxido de potasio	25 %	11310-58-3
Componente 3	Hidróxido de sodio	25 %	1310-73-2

IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO

Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m3)	pH	Punto de ebullición	Punto de inflamación
Líquido	0	14	0	0

Toxicidad

Análisis microbiológico

Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:

Este producto es corrosivo para la piel y los ojos. El contacto con este producto puede causar quemaduras a la piel y los ojos. Dañino si se ingiere. Puede cambiar drásticamente el pH de los ecosistemas. Puede deteriorar la salud por acumulación en uno o varios órganos humanos. Evite la incorporación en suelos y fuentes de agua

Incompatibilidades químicas y riesgos generales:

GRUPO 2 (H, S), GRUPO 3 (E, gt, S), GRUPO 4 (H, gt, F, E, gt), GRUPO 6 (H, F, E)

V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO

Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda.

R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.

VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)

Nombre del encargado de atención de emergencias:	Teléfonos:	Dirección:
Adrián Flores Cantillo	25502259	Campus ITCR

Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s):
Sustancias básicas, no mezclar con ácidos fuertes

El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:

Nombre: Julio Calvo Alvarado Firma

Elaborado por: Adrián Flores. Despachado por: Adrián Flores

Orgánicos

30/10/2020				Sistema de gestión de residuos															
REPUBLICA DE COSTA RICA																			
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS																			
Número de manifiesto: 66361				Estado del manifiesto: tránsito															
Nombre común del residuo: Mezcla de solventes orgánicos				Código SIMARDE del residuo: 140603															
Fecha de envío: 30-10-2020 Hora: 15:32				Fecha de recepción: 30-10-2020															
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS																			
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica																			
Tel: 2550-2259		Fax:		Email: afores@tor.ac.cr		Domicilio: Campus Universitario TEC													
Nombre y firma del generador encargado: Julio Cahvo Alvarado																			
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.																			
Tel: 8844-2774 , 22781179		Fax: 22781179		Email: francela.bravo@grecochemical.com		Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT													
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves																			
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.																			
Tel: 83360533 , 22781179		Fax: 22781179		Email: francela.bravo@grecochemical.com		Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT													
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves		Nombre del conductor: Jose Pablo Zúñiga Duarte		Licencia del conductor: CI-304070181															
Código de Identificación del Vehículo: C26067		Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 01331394		Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT															
Número de bultos y tipo de embalajes: 40 / Botellas		Cantidad transportada (kg): 109		Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo															
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD																			
Tóxico: si Inflamable: si Explosivo: no Corrosivo: no Reactivo: no Otros: no																			
Simbología (UN, UE o SGA)				Rombo NFPA (NFPA 704)															
<table border="1"> <tr><td>36</td></tr> <tr><td>1992</td></tr> </table>				36	1992	<table border="1"> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Flamabilidad Salud Reactividad Específico</p>				2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
36																			
1992																			
2	0	0	0	0															
1	0	0	0	0															
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN																			
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo																			
		Porcentaje		Número CAS															
Componente 1	Agua	85 %		7732-18-5															
Componente 2	Alcoholes (C1- a C6)	10 %		N/A															

30/10/2020

Sistema de gestión de residuos

Componente 3	Aldehídos y cetonas	5 %	N/A
Componente 4	Colorantes varios	0 %	N/A
Componente 5	Fenol	0 %	108-95-2

IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO

Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m ³)	pH	Punto de ebullición	Punto de inflamación
Líquido	Aproximadamente 1.0	6.9	100	N/A

Toxicidad

Análisis microbiológico

Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:

Líquido tóxico que por ingestión, inhalación o al contacto con la piel puede causar lesiones severas o la muerte. Líquido inflamable, alejar de toda fuente de calor o ignición. Producto ecológico.

Incompatibilidades químicas y riesgos generales:

GRUPO 1 (H, F, E), GRUPO 2 (H, F, E), GRUPO 3 (H, F, E), GRUPO 8 (H, F, E)

V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO

Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda.

R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.

VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)

Nombre del encargado de atención de emergencias: Adrián Flores Cantillo	Teléfonos: 25502259	Dirección: Campus Instituto Tecnológico de Costa Rica
--	------------------------	--

Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s):

Sustancias inflamables, alejar toda fuente de ignición.

El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:

Nombre: Julio Calvo Alvarado

Firma

Elaborado por Adrián Flores. Despachado por Adrián Flores

Fluorescentes

27/11/2020 Sistema de gestión de residuos

REPUBLICA DE COSTA RICA																					
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS																					
Número de manifiesto: 68286		Estado del manifiesto: tránsito																			
Nombre común del residuo: Fluorescentes		Código SIMARDE del residuo: 200121																			
Fecha de envío: 27-11-2020 Hora: 13:50		Fecha de recepción: 27-11-2020																			
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS																					
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica																					
Tel: 2550-2250	Fax:	Email: afores@itcr.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC																		
Nombre y firma del generador encargado: Julio Calvo Alvarado																					
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.																					
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT																		
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves																					
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.																					
Tel: 83360533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT																		
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves	Nombre del conductor: Jose Pablo Zúñiga Duarte	Licencia del conductor: CI-304070181																			
Código de identificación del Vehículo: C28067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 01331394	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT																			
Número de bultos y tipo de embalajes: 16 / Cajas	Cantidad transportada (kg): 100	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo																			
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD																					
Tóxico: si Inflamable: no Explosivo: no Corrosivo: si Reactivo: no Otros: no																					
Simbología (UN, UE o SGA)		Rombo NFPA (NFPA 704)																			
<table border="1"> <tr> <td>68</td> </tr> <tr> <td>3506</td> </tr> </table>		68	3506	<table border="1"> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>Flamabilidad</td> </tr> <tr> <td>cor</td> <td></td> <td></td> <td>Salud</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Reactividad</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Específico</td> </tr> </table>		2	0	1	Flamabilidad	cor			Salud				Reactividad				Específico
68																					
3506																					
2	0	1	Flamabilidad																		
cor			Salud																		
			Reactividad																		
			Específico																		
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN																					
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo																					
IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO																					
https://www.contraloraambiental.go.cr/pag/manifiesto_transporte_vista.php?c=NTUzMDA=																					

10

27/11/2020

Sistema de gestión de residuos


Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m3)	pH	Punto de ebullición	Punto de inflamación
Sólido	NA	NA	NA	NA
Toxicidad				
Análisis microbiológico				
Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:				
Toxicológicos: Irrita las vías respiratorias, existe peligro de irritación del tracto gastrointestinal. Las intoxicaciones actúan sobre el sistema nervioso central. Son posibles daños renales. Ecotoxicológicos: No biodegradable. Peligro para flora y fauna. Líquido corrosivo que reacciona violentamente con el agua. Existe peligro para el agua potable.				
Incompatibilidades químicas y riesgos generales:				
GRUPO 1(E, gf, S), GRUPO 2 (E, gf, S), GRUPO 6 (H, F, E), GRUPO 8 (H, F, E)				
V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO				
Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda. R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.				
VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)				
Nombre del encargado de atención de emergencias:	Teléfonos:	Dirección:		
Adrián Flores Cantillo	25502259	Campus ITCR Cartago		
Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s): Evitar el contacto directo en caso de quiebre del fluorescente ya que contienen mercurio				
El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:				
Nombre: Julio Calvo Alvarado		Firma		

Elaborado por Adrián Flores. Despachado por Adrián Flores

ADRIAN
RODRIGO FLORES
CANTELLO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
ADRIAN RODRIGO
FLORES CANTELLO
(FIRMA)

2021
Ácidas

24/6/2021 Sistema de gestión de residuos							
REPUBLICA DE COSTA RICA							
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS							
Número de manifiesto: 78074		Estado del manifiesto: tránsito					
Nombre común del residuo: Soluciones Ácidas		Código SIMARDE del residuo: 060106					
Fecha de envío: 24-06-2021 Hora: 10:18		Fecha de recepción: 24-06-2021					
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS							
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica							
Tel: 2550-2259	Fax:	Email: afores@itr.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC				
Nombre y firma del generador encargado: Luis Paulino Méndez Badilla							
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.							
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la parcela bravo/grecochemical.com estación de pesaje del MOPT				
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves							
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.							
Tel: 83360533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la parcela bravo/grecochemical.com estación de pesaje del MOPT				
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves	Nombre del conductor: Ernesto Josue Rivera Martínez	Licencia del conductor: 305210849					
Código de identificación del Vehículo: C26067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 0134781	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT					
Número de bultos y tipo de embalajes: 20 / Cajas	Cantidad transportada (kg): 352	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo					
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD							
Tóxico: <input checked="" type="checkbox"/> Inflamable: <input type="checkbox"/> Explosivo: <input type="checkbox"/> Corrosivo: <input checked="" type="checkbox"/> Reactivo: <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>							
Simbología (UN, UE o SGA)		Rombo NFPA (NFPA 704)					
							
		<table border="1"> <tr><td style="background-color: red; color: white;">Fiamabilidad</td></tr> <tr><td style="background-color: blue; color: white;">Salud</td></tr> <tr><td style="background-color: yellow; color: black;">Reactividad</td></tr> <tr><td style="background-color: white; color: black;">Especifico</td></tr> </table>		Fiamabilidad	Salud	Reactividad	Especifico
Fiamabilidad							
Salud							
Reactividad							
Especifico							
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN							
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo							
	Porcentaje	Número CAS					

http://www.contraborsambiental.go.cr/pag/manifiesto_transporte_vista.php?c=14000000

12

24/6/2021

Sistema de gestión de residuos

Componente 1	Ácido clorhídrico	25 %	7647-01-0
Componente 2	Ácido nítrico	25 %	7697-37-2
Componente 3	Ácido sulfúrico	25 %	7644-03-9
Componente 4	Disoluciones Buffer pH 7 o menos	25 %	N/A
IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO			
Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m3)	pH	Punto de ebullición
Líquido	Cercana a 1	1	0
Toxicidad			
Análisis microbiológico			
Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:			
Este producto es corrosivo para la piel y los ojos, el contacto puede causar daño permanente. La inhalación de vapores puede causar irritación del sistema respiratorio. En casos severos, edema pulmonar, falla circulatoria y muerte. Dañino si se ingiere. Este producto es tóxico para las aves, peces y organismos acuáticos.			
Incompatibilidades químicas y riesgos generales:			
GRUPO 1 (H, S), GRUPO 3 (E, gf, S), GRUPO 4 (H, gf, F, E, gt), GRUPO 6 (H, F, E), GRUPO 7 (gf)			
V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO			
Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda.			
R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.			
VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)			
Nombre del encargado de atención de emergencias:	Teléfonos:	Dirección:	
Adrián Flores Cantillo	89877932	Campus central TEC	
Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s):			
Soluciones ácidas no mezclar con soluciones básicas.			
El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:			
Nombre: Luis Paulino Méndez Badilla		Firma	

Elaborado por:Adrián Flores. Despachado por:Adrián Flores

Cartuchos de tinta

24/6/2021 Sistema de gestión de residuos			
REPUBLICA DE COSTA RICA			
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS			
Número de manifiesto: 78076	Estado del manifiesto: tránsito		
Nombre común del residuo: Residuos de cartuchos de tinta de impresora	Código SIMARDE del residuo: 080312		
Fecha de envío: 24-06-2021 Hora: 10:20	Fecha de recepción: 24-06-2021		
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS			
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica			
Tel: 2550-2259	Fax:	Email: afores@iter.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC
Nombre y firma del generador encargado: Luis Paulino Méndez Badilla			
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.			
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves			
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.			
Tel: 83360533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves	Nombre del conductor: Ernesto Josue Rivera Martinez	Licencia del conductor: 305210849	
Código de Identificación del Vehículo: C26067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 0134781	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT	
Número de bultos y tipo de embalajes: 4 / Bolsas	Cantidad transportada (kg): 35	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo	
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD			
Tóxico: <input checked="" type="checkbox"/> Inflamable: <input type="checkbox"/> Explosivo: <input type="checkbox"/> Corrosivo: <input type="checkbox"/> Reactivo: <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>			
Simbología (UN, UE o SGA)		Rombo NFPA (NFPA 704)	
			
			
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN			
Indique los nombres de los componentes peligrosos del residuo			
		Porcentaje	Número CAS

https://www.contraloraambiental.go.cr/pag/manifiesto_transporte_vista.php?c=NJGMzA

10

24/6/2021

Sistema de gestión de residuos

Componente 1	Plástico	95 %	NA	
Componente 2	Residuos de tinta	5 %	NA	
IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO				
Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m3)	pH	Punto de ebullición	Punto de inflamación
Sólido	NA	NA	NA	NA
Toxicidad				
Análisis microbiológico				
Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:				
En caso de contacto con agua el producto podría generar lixiviados que contaminan el agua y el suelo				
Incompatibilidades químicas y riesgos generales:				
GRUPO 8 (H, F, G)				
V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO				
Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda.				
R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.				
VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)				
Nombre del encargado de atención de emergencias:	Teléfonos:	Dirección:		
Adrián Flores Cantillo	89877932	Campus central TEC		
Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s):				
Contiene materiales peligrosos, evitar mezclar con líquidos para evitar lixiviados				
El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:				
Nombre: Luis Paulino Méndez Badilla			Firma	

Elaborado por: Adrián Flores. Despachado por: Adrián Flores

Envases contaminados

24/6/2021		Sistema de gestión de residuos	
REPUBLICA DE COSTA RICA			
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS			
Número de manifiesto: 78079		Estado del manifiesto: tránsito	
Nombre común del residuo: Envases contaminados con sustancias químicas		Código SIMARDE del residuo: 150110	
Fecha de envío: 24-06-2021 Hora: 10:22		Fecha de recepción: 24-06-2021	
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS			
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica			
Tel: 2550-2250	Fax:	Email: aflores@itcr.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC
Nombre y firma del generador encargado: Luis Paulino Méndez Badilla			
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.			
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves			
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.			
Tel: 83360533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves	Nombre del conductor: Ernesto Josue Rivera Martinez	Licencia del conductor: 305210849	
Código de identificación del Vehículo: C29067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 0134781	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT	
Número de bultos y tipo de embalajes: 20 / Cajas	Cantidad transportada (kg): 17	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo	
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD			
Tóxico: si Inflamable: si Explosivo: no Corrosivo: no Reactivo: no Otros: no			
Simbología (UN, UE o SGA)		Rombo NFPA (NFPA 704)	
			
			
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN			
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo			
		Porcentaje	Número CAS

https://www.contraloraambiental.go.cr/pag/manifiesto_transporte_vista.php?c=NMDM1

10



24/6/2021

Sistema de gestión de residuos

Componente 1	Residuos de solventes y reactivos sólidos	5 %	NA
Componente 2	Bóvidos (plástico, vidrio)	95 %	NA
IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO			
Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m3)	pH	Punto de ebullición
Sólido	NA	NA	NA
Toxicidad			
Análisis microbiológico			
Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:			
En contacto con fuego se pueden producir gases irritantes ó tóxicos, el contacto con la sustancia fundida puede causar quemaduras en la piel y los ojos. Evitar el contacto con el agua ya que puede generar lixiviados que contaminen fuentes de agua y suelo.			
Incompatibilidades químicas y riesgos generales:			
GRUPO 8 (H, F, G)			
V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO			
Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda. R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.			
VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)			
Nombre del encargado de atención de emergencias:	Teléfonos:	Dirección:	
Adrián Flores Cantillo	89877932	Campus central TEC	
Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s): Envases que contenían sustancias químicas, evitar contacto con líquidos para evitar lixiviados			
El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:			
Nombre: Luis Paulino Méndez Badilla		Firma	

Elaborado por:Adrián Flores. Despachado por:Adrián Flores

Telas, trapos contaminados

24/6/2021		Sistema de gestión de residuos					
REPUBLICA DE COSTA RICA							
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS							
Número de manifiesto: 78080		Estado del manifiesto: tránsito					
Nombre común del residuo: Telas, trapos contaminados con solventes, hidrocarburos, grasas y otras sustancias químicas.		Código SIMARDE del residuo: 150202					
Fecha de envío: 24-06-2021 Hora: 10:24		Fecha de recepción: 24-06-2021					
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS							
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica							
Tel: 2550-2250	Fax:	Email: afores@itcr.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC				
Nombre y firma del generador encargado: Luis Paulino Méndez Badilla							
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.							
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la finca de la estación de pesaje del MOPT				
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves							
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.							
Tel: 83380533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la finca de la estación de pesaje del MOPT				
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves		Nombre del conductor: Ernesto Josue Rivera Martínez	Licencia del conductor: 305210849				
Código de Identificación del Vehículo: C26067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 0134781	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT					
Número de bultos y tipo de embalajes: 5 / Bolsas	Cantidad transportada (kg): 31	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo					
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD							
Tóxico: <input checked="" type="checkbox"/> Inflamable: <input checked="" type="checkbox"/> Explosivo: <input type="checkbox"/> Corrosivo: <input type="checkbox"/> Reactivo: <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>							
Simbología (UN, UE o SGA)		Rombo NFPA (NFPA 704)					
							
		<table border="1"> <tr><td style="background-color: red; color: white;">Flamabilidad</td></tr> <tr><td style="background-color: blue; color: white;">Salud</td></tr> <tr><td style="background-color: yellow;">Reactividad</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Específico</td></tr> </table>		Flamabilidad	Salud	Reactividad	Específico
Flamabilidad							
Salud							
Reactividad							
Específico							
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN							
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo							
	Porcentaje	Número CAS					
https://www.contraloraambiental.go.cr/pag/manifiesto_transporte_vista.php?c=141000000							

12


24/6/2021

Sistema de gestión de residuos

Componente 1	Grasa, aceite, pegamento	5 %	NA	
Componente 2	Sólidos (telas, cartón, plásticos)	95 %	NA	
IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO				
Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m3)	pH	Punto de ebullición	Punto de inflamación
Sólido	ND	NA	NA	ND
Toxicidad				
Análisis microbiológico				
Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:				
En caso de entrar contacto con agua puede generar lixiviados que contaminen fuentes de agua y suelo. Especial cuidado si entra en contacto con fuentes de agua utilizadas para consumo humano o animal.				
Incompatibilidades químicas y riesgos generales:				
GRUPO 8 (H, F, G)				
V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO				
Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda. R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.				
VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)				
Nombre del encargado de atención de emergencias:	Teléfonos:	Dirección:		
Adrián Flores Cantillo	89577932	Campus central TEC		
Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s): Material absorbente impregnado de sustancias químicas, evitar contacto con líquidos para la no producción de lixiviados.				
El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:				
Nombre: Luis Paulino Méndez Badilla		Firma		

Elaborado por: Adrián Flores. Despachado por: Adrián Flores

Aceites lubricantes.

24/6/2021		Sistema de gestión de residuos					
REPUBLICA DE COSTA RICA							
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS							
Número de manifiesto: 78077		Estado del manifiesto: tránsito					
Nombre común del residuo: Aceites lubricantes		Código SIMARDE del residuo: 130206					
Fecha de envío: 24-06-2021 Hora: 10:27		Fecha de recepción: 24-06-2021					
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS							
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica							
Tel: 2550-2250	Fax:	Email: afores@itcr.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC				
Nombre y firma del generador encargado: Luis Paulino Méndez Badilla							
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.							
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT				
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves							
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.							
Tel: 83360533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT				
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves	Nombre del conductor: Ernesto Josue Rivera Martínez	Licencia del conductor: 305210849					
Código de identificación del Vehículo: C26067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 0134781	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT					
Número de bultos y tipo de embalajes: 2 / Botellas	Cantidad transportada (kg): 3.1	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo					
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD							
Tóxico: <input checked="" type="checkbox"/> Inflammable: <input type="checkbox"/> Explosivo: <input type="checkbox"/> Corrosivo: <input type="checkbox"/> Reactivo: <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>							
Simbología (UN, UE o SGA)		Rombo NFPA (NFPA 704)					
							
		<table border="1"> <tr><td style="background-color: red; color: white;">Fiamabilidad</td></tr> <tr><td style="background-color: blue; color: white;">Salud</td></tr> <tr><td style="background-color: yellow; color: black;">Reactividad</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Específico</td></tr> </table>		Fiamabilidad	Salud	Reactividad	Específico
Fiamabilidad							
Salud							
Reactividad							
Específico							
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN							
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo							
IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO							
http://www.contraloraambiental.go.cr/pag/manifiesto_transporte_vista.php?c=NQM&tU=							

1/2

24/6/2021

Sistema de gestión de residuos

Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m ³)	pH	Punto de ebullición	Punto de inflamación
Líquido viscoso	> 1	Cercano a 7	0	0
Toxicidad				
Análisis microbiológico				
Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:				
La inhalación del material puede ser dañina. El contacto puede causar quemaduras en la piel y los ojos. El fuego puede producir gases irritantes, corrosivos y tóxicos. Algunos líquidos producen vapores que pueden causar sofocación y mareo. Producto ecológico.				
Incompatibilidades químicas y riesgos generales:				
GRUPO 8 (H, F, G)				
V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO				
Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda. R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.				
VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)				
Nombre del encargado de atención de emergencias:	Teléfonos:		Dirección:	
Adrián Flores Cantillo	89877932		Campus central TEC	
Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s): Evitar contacto con agua para evitar dispersión				
El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:				
Nombre: Luis Paulino Méndez Badilla			Firma	

Elaborado por: Adrián Flores. Despachado por: Adrián Flores

Soluciones alcalinas

Sistema de gestión de residuos							
REPUBLICA DE COSTA RICA							
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS							
Número de manifiesto: 78075		Estado del manifiesto: tránsito					
Nombre común del residuo: Soluciones alcalinas		Código SIMARDE del residuo: 060205					
Fecha de envío: 24-06-2021 Hora: 12:54		Fecha de recepción: 24-06-2021					
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS							
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica							
Tel: 2550-2259	Fax:	Email: aforos@itr.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC				
Nombre y firma del generador encargado: Luis Paulino Méndez Badilla							
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.							
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la finca de la estación de pesaje del MOPT				
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves							
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.							
Tel: 83360533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la finca de la estación de pesaje del MOPT				
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves	Nombre del conductor: Ernesto Josue Rivera Martínez	Licencia del conductor: 305210849					
Código de identificación del Vehículo: C28067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: D134781	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT					
Número de bultos y tipo de embalajes: 8 / Cajas	Cantidad transportada (kg): 23.9	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo					
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD							
Tóxico: <input checked="" type="checkbox"/> Inflamable: <input type="checkbox"/> Explosivo: <input type="checkbox"/> Corrosivo: <input checked="" type="checkbox"/> Reactivo: <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>							
Simbología (UN, UE o SGA)		Rumbo NFPA (NFPA 704)					
		<table border="1"> <tr><td style="background-color: red; color: white;">Fiamabilidad</td></tr> <tr><td style="background-color: blue; color: white;">Salud</td></tr> <tr><td style="background-color: yellow; color: black;">Reactividad</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Especifico</td></tr> </table>		Fiamabilidad	Salud	Reactividad	Especifico
Fiamabilidad							
Salud							
Reactividad							
Especifico							
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN							
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo							
		Porcentaje	Número CAS				

http://www.contratacionambiental.go.cr/pag/manifiesto_transporte_vista.php?c=NMONDg=

12

24/6/2021

Sistema de gestión de residuos

Componente 1	Disoluciones Buffer pH 7 o más	50 %	N/A
Componente 2	Ácido de potasio	25 %	11310-58-3
Componente 3	Ácido de sodio	25 %	1310-73-2

IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO

Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m3)	pH	Punto de ebullición	Punto de inflamación
Líquido	0	14	0	0

Toxicidad

Análisis microbiológico

Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:

Este producto es corrosivo para la piel y los ojos. El contacto con este producto puede causar quemaduras a la piel y los ojos. Dañino si se ingiere. Puede cambiar drásticamente el pH de los ecosistemas. Puede deteriorar la salud por acumulación en uno o varios órganos humanos. Evite la incorporación en suelos y fuentes de agua

Incompatibilidades químicas y riesgos generales:

GRUPO 2 (H, S), GRUPO 3 (E, S), GRUPO 4 (H, F, E, G), GRUPO 6 (H, F, E)

V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO

Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda.

R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.

VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)

Nombre del encargado de atención de emergencias: Adrián Flores Cantillo	Teléfonos: 89877932	Dirección: Campus central TEC
--	------------------------	----------------------------------

Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s):



No mezclar con sustancias fuertes ácidas

El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:

Nombre: Luis Paulino Méndez Badilla Firma

Elaborado por: Adrián Flores. Despachado por: Adrián Flores

Solventes orgánicos

Sistema de gestión de residuos			
REPUBLICA DE COSTA RICA			
MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS			
Número de manifiesto: 78078		Estado del manifiesto: tránsito	
Nombre común del residuo: Mezcla de solventes orgánicos		Código SIMARDE del residuo: 140603	
Fecha de envío: 24-06-2021 Hora: 13:10		Fecha de recepción: 24-06-2021	
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS			
Nombre de la empresa generadora: Instituto Tecnológico de Costa Rica			
Tel: 2550-2259	Fax:	Email: afores@itcr.ac.cr	Domicilio: Campus Universitario TEC
Nombre y firma del generador encargado: Luis Paulino Méndez Badilla			
Nombre del receptor/consignatario: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.			
Tel: 8844-2774 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT
Nombre y firma del receptor/consignatario encargado: Francela Bravo Chaves			
Nombre del transportista: GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.			
Tel: 83360533 , 22781179	Fax: 22781179	Email: francela.bravo@grecochemical.com	Domicilio: 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT
Nombre y firma del transportista encargado: Francela Bravo Chaves	Nombre del conductor: Ernesto Josue Rivera Martínez	Licencia del conductor: 305210849	
Código de identificación del Vehículo: C26067	Permiso de circulación del vehículo para transporte de materiales peligrosos: 0134781	Ruta(s) autorizadas: Campus Universitario TEC / 200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT	
Número de bultos y tipo de embalajes: 30 / Cajas	Cantidad transportada (kg): 275	Regente químico o profesional responsable: Adrián Flores Cantillo	
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD			
Tóxico: si Inflamable: si Explosivo: no Corrosivo: no Reactivo: no Otros: no			
Simbología (UN, UE o SGA)		Rombo NFPA (NFPA 704)	
			
<p>Fiamabilidad</p> <p>Salud</p> <p>Reactividad</p> <p>Especifico</p>			
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN			
Indique los nombre de los componentes peligrosos del residuo			
		Porcentaje	Número CAS
https://www.controlambiental.go.cr/pag/manifiesto_transporte_vista.php?c=NMIND			

12

24/6/2021

Sistema de gestión de residuos

Componente 1	Agua	85 %	7732-18-5
Componente 2	Alcoholes (C1- a C6)	10 %	N/A
Componente 3	Aldehídos y cetonas	5 %	N/A
Componente 4	Colorantes varios	0 %	N/A
Componente 5	Fenol	0 %	108-95-2

IV. PARAMETROS GENERALES DEL RESIDUO

Estado físico a 20 c	Densidad (kg/m3)	pH	Punto de ebullición	Punto de inflamación
Líquido	Aproximadamente 1.0	8.9	100	N/A

Toxicidad

Análisis microbiológico

Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:

Líquido tóxico que por ingestión, inhalación o al contacto con la piel puede causar lesiones severas o la muerte. Líquido inflamable, alejar de toda fuente de calor o ignición. Producto ecológico.

Incompatibilidades químicas y riesgos generales:

GRUPO 1 (H, F, E), GRUPO 2 (H, F, E), GRUPO 3 (H, F, E), GRUPO 8 (H, F, E)

V. INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN Y MANEJO

Modo de acondicionamiento / tratamiento / disposición final del residuo peligroso, según corresponda.

R1-Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.

VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)

Nombre del encargado de atención de emergencias:	Teléfonos:	Dirección:
Adrián Flores Cantillo	89577932	Campus central TEC

Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s):

Sustancias inflamables, alejar de fuentes de ignición

El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:

Nombre: Luis Paulino Méndez Badilla

Firma

Elaborado por: Adrián Flores. Despachado por: Adrián Flores