



Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales

Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina

Análisis de riesgo ambiental por el manejo de sustancias químicas peligrosas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP

Tesis que para obtener el Grado de
Maestría en Ciencias Ambientales

Presenta:
IQ. Miguel Mauricio Aguilera Flores

Director de tesis:
Dr. Alfredo Ávila Galarza

Asesores:
Dr. Israel Razo Soto
Dr. Roberto Briones Gallardo

San Luis Potosí, S.L.P.

Agosto 2011



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL POR EL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN LAS INSTALACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

IQ. MIGUEL MAURICIO AGUILERA FLORES

COMITÉ TUTELAR:

DIRECTOR: DR. ALFREDO ÁVILA GALARZA

ASESOR: DR. ROBERTO BRIONES GALLARDO

ASESOR: DR. ISRAEL RAZO SOTO

SINODALES:

PRESIDENTE: DR. ALFREDO ÁVILA GALARZA

SECRETARIO: DR. ISRAEL RAZO SOTO

VOCAL: M.C. RICARDO MEDINA CERDA

**PROYECTO REALIZADO EN:
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CON FINANCIAMIENTO DE:
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT)**

**AGRADEZCO A CONACYT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS
Becario No. 230525**

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO A TRAVÉS
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

Análisis de riesgo ambiental por el manejo de sustancias químicas peligrosas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP

IQ. Miguel Mauricio Aguilera Flores

Descargo:

La información contenida en el presente trabajo de investigación debe ser usada de manera integral. El autor y el director de esta tesis de maestría, no se hacen responsables del uso que terceras personas puedan hacer de los contenidos de este documento.

RESUMEN

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Río de Janeiro (1992) con su consolidación en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en Johannesburgo (2002) han sido los motores principales para impulsar la creación de programas para mejorar el desempeño ambiental en las Instituciones de Educación Superior (IES).

En México, en diciembre del año 2000, se constituye el Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (Complexus), cuyo objetivo es “impulsar el mejoramiento de la calidad de los procesos académicos en materia de medio ambiente y el desarrollo sustentable, promoviendo la creación y el fortalecimiento de sistemas de manejo ambiental al interior de las IES”.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), al ser miembro del Complexus, asume su responsabilidad de búsqueda de la sustentabilidad y se compromete a mejorar su desempeño ambiental como organización.

A partir del año 2000, la UASLP ha implementado un Sistema de Manejo Ambiental (SMA), el cual está basado en tres instrumentos: auditoría ambiental, planes de gestión e indicadores de desempeño; y consta de 12 Módulos, entre los que se incluyen: el manejo de sustancias químicas y materiales regulados; residuos, descargas y emisiones; y, riesgo y contingencias.

El proyecto de investigación realizado en esta tesis de maestría tuvo como objetivo principal definir los elementos de un Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas para la Facultad de Ingeniería de la UASLP, a partir de la aplicación de una metodología de análisis de riesgo ambiental que permita obtener:

- 1) El inventario de las áreas de trabajo en las que se manejan sustancias químicas.
- 2) Los inventarios de las sustancias químicas que se manejan, en los que se tiene el registro del tipo y cantidad estimada en un periodo semestral, así como la clasificación de las mismas en base al Diamante de Riesgo NFPA (tipo y grado de riesgo) y el Código Winkler (almacenamiento por comunidad de riesgo).
- 3) La evaluación de las áreas de trabajo en cuanto al manejo actual que se les da a las sustancias químicas.

- 4) La clasificación y priorización de las áreas de trabajo en base al nivel de riesgo.
- 5) El modelado de sustancias químicas peligrosas (gas LP y acetileno) que representan un riesgo ambiental debido a sus características, grado de peligrosidad y cantidad manejada en las instalaciones.
- 6) La visualización de las áreas de afectación (zonas de riesgo y de amortiguamientos) debido a la explosión y/o incendio de los tanques de gas LP o acetileno a través de mapas apoyados en SIG.
- 7) Las recomendaciones para la mejora del manejo de sustancias químicas peligrosas (SQP) en la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

La metodología de análisis de riesgo ambiental propuesta en esta tesis de maestría puede ser aplicada en función de las necesidades de las otras facultades de la UASLP, e incluso en instituciones educativas que cuenten con áreas de trabajo (laboratorios de docencia y/o de investigación) que manejen SQP.

Este trabajo lo quiero dedicar:

A mis padres Rafael y Graciela con todo mi amor.

A mi esposa Verónica, la mujer y amor de mi vida.

A mi felicidad Amelee con todo mi cariño.

¡Los Amo!

Miguel Mauricio.

Agradecimientos:

A Dios, por estar siempre en mí.

A mi esposa, por el gran apoyo, ánimo, amor, inspiración... por repetirme cada día que yo soy alguien que siempre cumple con lo que se propone, y una vez más lo logré, por ti y junto a ti, te amo mi amor!.

A mis padres, porque gran parte de lo que soy se lo debo a ellos, son los mejores!, siempre seguiré su ejemplo, los quiero mucho!.

A mis hermanos: René y Teté, a toda la familia en general y a mis amigos: Fanny, Martín, Paloma, Fabys, Lizandro, Mayra, Claudia, Faty, Pili, Pepe, Richi, Azúa... porque el acordarme de ustedes, hacía menos difícil mi estancia en San Luis.

A mi Professoressa Xochiquetzally por formar parte de mis locuras y brindarme siempre ese gran apoyo.

A mi Professeur Falina por estar siempre al pendiente de este proceso y brindarme el apoyo.

A la UPZ por abrirme las puertas y confiar en mí y especialmente a mis ex alumnos que siempre estuvieron al pendiente de mí en el transcurso de estos dos años, dando ánimos.

A Xtreme Gym por hacerme muy feliz... al igual que las carnes de Laurita... je je... y que no se me olvide el Cartoon, la Crudalia y la Plaza Tangamanga je je... lugares y personas que voy a extrañar y siempre voy a recordar.

A la Sra. Alejandra, Sr. Alejandro y esposa, por su hospitalidad y amabilidad, y por encontrar en ellos un lugar en donde sentirme cómodo. Gracias.

A Juan Jaime de SIICA, por brindarme su amistad y contribuir con su conocimiento en la realización de este proyecto.

A mis amistades: Stevens y Mary Chuy (mis más grandes colegas je...), Mónica (cuídate mucho, te quiero), Quique, Paola y Olivia (unos grandes cuates), Rosilena y Jenny (maravillosas personas y amigas, no se olviden de México ja...), Mayté (una gran amiga desde el primer día ¡mucho éxito!) y Toñito (un gran hermano).

A los maestros: Dr. Juan Carlos García, Dr. Gregorio Álvarez y MC. Lucy Nieto por el aprendizaje que dejaron en mí.

A mis profesores, a quienes llamo los expertos en la materia: Dra. Guadalupe Galindo, Dra. Jaqueline Calderón y Dr. Antonio Reyes Agüero, los admiro y son grandes ejemplos a seguir.

Al Dr. Pedro Medellín, por relacionarme con grandes personas como lo son: Maestra Lupita Urizar y Aracely Carvajal, gracias por su apoyo.

Al Ing. Ricardo Medina, gracias por haber mostrado interés en mi proyecto de investigación, por su amabilidad, el tiempo que me dedicó y todo el aprendizaje que me deja, le agradezco por compartir conmigo el gusto por los estudios de riesgo.

Al Profesor Q.F.B. Osbaldo Ramos Sánchez, por todas las enseñanzas y el gran aporte que hizo a esta tesis.

Al MC. Jorge Aceves y su becario por todas las facilidades, su tiempo y amabilidad para la realización del SIG en este proyecto.

Infinitamente, mi respeto y admiración a la Maestra Marthita Reyes, el ángel de mi salvación!, por ser una persona fuerte, amable, entregada, comprometida y servicial, no hay duda que usted tiene un ángel maravilloso a su lado, la quiero mucho maestra, gracias por su apoyo incondicional y por esa amistad brindada.

A todos los Jefes y Encargados de los laboratorios, ayudantes, becarios, personal administrativo... de la Facultad de Ingeniería, que cooperaron y dedicaron su tiempo para que yo pudiera cumplir con las metas de este proyecto, en especial: Ing. Gilberto, Ing. Nieto, Maestra Nora, Ing. Alonso y Maestra Magda.

Al Director de la Tesis: Dr. Alfredo Ávila Galarza y a mis asesores: Dr. Roberto Briones y Dr. Israel Razo, por sus enseñanzas, y por hacer que yo mismo me demostrara de lo que soy capaz y hasta dónde puedo llegar.

A todos los que conforman el PMPCA y la Facultad de Ingeniería de la UASLP, por permitirme dar un gran paso más en mi desarrollo profesional.

Mil Gracias.

ÍNDICE DE LA TESIS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS DE RIESGO POR EL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS.	
1.1 SITUACIONES DE RIESGO POR EL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS.	6
1.2 DESARROLLO DE PROGRAMAS DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR ACTIVIDADES RIESGOSAS.	9
1.3 NORMATIVA AMBIENTAL Y LABORAL PARA SITUACIONES DE RIESGO.	
1.3.1 Acuerdos internacionales.	12
1.3.2 Normativa de competencia federal.	13
1.3.3 Normativa de competencia estatal para San Luis Potosí.	15
1.3.4 Normativa de competencia municipal para la Ciudad de San Luis Potosí.	16
1.3.5 Normativa institucional de la UASLP.	17
1.4 MEJORA DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE ALGUNAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS.	18
1.4.1 Universidad de Australia Occidental, Australia.	19
1.4.2 Universidad de Queensland, Australia.	20
1.4.3 Universidad de Melbourne, Australia.	21
1.4.4 Universidad Autónoma de Madrid, España.	21
1.4.5 Universidad de Concepción, Chile.	22
1.4.6 Universidad Nacional Autónoma de México, México.	23
1.4.7 Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México.	24
1.4.8 Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.	25
1.5 CASO DE ESTUDIO: FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ (UASLP).	28
CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL Y METODOLOGÍA.	
2.1 MARCO CONCEPTUAL PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL.	34

2.2 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL.	
2.2.1 Identificación de los sitios de estudio.	36
2.2.2 Diagnóstico del riesgo.	36
2.2.2.1 Sistema para la identificación del riesgo.	36
2.2.2.2 Clasificación de almacenamiento por comunidad de riesgo.	37
2.2.2.3 Evaluación mediante una Escala Estrellas.	38
2.2.3 Evaluación del Nivel de Riesgo.	40
2.2.4 Modelado del impacto de sustancias químicas peligrosas.	45
2.2.5 Elementos del Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas para la Facultad de Ingeniería de la UASLP.	45

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.

3.1 ÁREAS DE TRABAJO EN LAS QUE SE MANEJAN SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS.	47
3.2 BASE DE DATOS DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS.	48
3.3 MANEJO ACTUAL DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS EN LAS ÁREAS DE TRABAJO.	49
3.4 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO EN LAS ÁREAS DE TRABAJO.	55
3.5 PRIORIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO EN BASE AL NIVEL DE RIESGO.	58

CAPÍTULO 4. MODELADO DE ESCENARIOS: IMPACTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS INFLAMABLES-EXPLOSIVAS (GAS LP Y ACETILENO).

4.1 MODELO DE SIMULACIÓN: SCRI – FUEGO.	61
4.2 MATRIZ DE RIESGO PARA LOS GASES A MODELAR: GAS LP Y ACETILENO.	66
4.3 RESULTADOS DEL MODELO.	70
4.3.1 Áreas de afectación para los tanques de acetileno.	70
4.3.2 Áreas de afectación para los tanques de gas LP.	75
4.3.3 Discusión de los resultados.	80

CAPÍTULO 5. SISTEMA DE MANEJO AMBIENTAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.

5.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MANEJO AMBIENTAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.	86
5.2 ACTORES DEL SISTEMA DE MANEJO AMBIENTAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.	90
CONCLUSIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	
ANEXO A: LISTA DE VERIFICACIÓN DEL RIESGO EN LAS INSTALACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.	101
ANEXO B: INVENTARIOS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN LAS ÁREAS DE TRABAJO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.	104
Anexo B.1 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Beneficio de Materiales.	104
Anexo B.2 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Procesos de Manufactura II.	104
Anexo B.3 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Control de Calidad del Proceso.	105
Anexo B.4 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Fundición y Vaciado.	106
Anexo B.5 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Análisis.	107
Anexo B.6 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Termodinámica.	112
Anexo B.7 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria.	113

Anexo B.8 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Petrografía y Minerografía.	117
Anexo B.9 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Paleontología.	117
Anexo B.10 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Metalurgia Extractiva.	118
Anexo B.11 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Evaluación de la Calidad.	119
Anexo B.12 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Análisis Químicos y Biológicos.	120
Anexo B.13 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Procesos Alimentarios Agropecuarios.	124
Anexo B.14 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Análisis de Materiales.	125
Anexo B.15 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Procesos No Alimentarios.	127
Anexo B.16 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Análisis Agrobiológicos.	128
Anexo B.17 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Microscopía.	130
Anexo B.18 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Taller de Materiales.	130
Anexo B.19 Inventario de sustancias químicas manejadas en el Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales.	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Distribución poblacional en la zona universitaria oeste de la UASLP (Ciclo escolar 2010-2011).	31
Tabla 1.2 Áreas de trabajo que pertenecen a la Facultad de Ingeniería de la UASLP.	33
Tabla 2.1 Determinación del Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO).	42
Tabla 2.2 Determinación del Nivel de Exposición (NE).	43
Tabla 2.3 Determinación del Nivel de Consecuencias (NC).	43
Tabla 2.4 Significado de los diferentes Niveles de Riesgo (NR).	44
Tabla 3.1 Áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería que manejan sustancias químicas, combustibles y/o gases a presión.	47
Tabla 3.2 Resultados obtenidos en la aplicación de la Lista de verificación del riesgo para las áreas de trabajo.	51
Tabla 3.3 Evaluación del manejo actual de las sustancias químicas en las áreas de trabajo en base a la escala Estrellas.	53
Tabla 3.4 Resultados del cálculo del Nivel de Riesgo en las áreas de trabajo.	56
Tabla 3.5 Clasificación de las áreas de trabajo en base a su Nivel de Riesgo.	58
Tabla 3.6 Nivel de Priorización de las áreas de trabajo en base al Nivel de Riesgo cuantificado.	59
Tabla 4.1 Niveles de sobrepresión determinados en la Guía del Estudio de Riesgo Ambiental de SEMARNAT.	64
Tabla 4.2 Matriz de riesgo para el acetileno.	68
Tabla 4.2 Matriz de riesgo para el gas LP.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de las zonas universitarias de la UASLP.	30
Figura 1.2 Facultades que se encuentran en la zona universitaria oeste de la UASLP.	30
Figura 1.3 Edificios de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.	32
Figura 2.1 Marco conceptual para el análisis de riesgo ambiental por el manejo de sustancias químicas peligrosas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.	35
Figura 2.2 Diamante de Riesgo NFPA para la identificación de sustancias químicas.	37
Figura 2.3 Código Winkler para el almacenamiento por comunidad de riesgo de sustancias químicas.	38
Figura 3.1 Ubicación de las áreas de trabajo (sitios de estudio) en la Facultad de Ingeniería de la UASLP.	48
Figura 3.2 Comportamiento general de los rubros de evaluación contra los campos de Evaluación para las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería.	52
Figura 4.1 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de acetileno de 1.5 kg en el Laboratorio de Fundición y Vaciado de la Facultad de Ingeniería.	71
Figura 4.2 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de acetileno de 6.11 kg en el Laboratorio de Análisis de la Facultad de Ingeniería.	72
Figura 4.3 Áreas de afectación debido a la explosión de los 4 tanques de acetileno en el Laboratorio de Procesos de Manufactura II de la Facultad de Ingeniería.	73
Figura 4.4 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de acetileno de 12 kg en el Laboratorio de Análisis de Materiales de la Facultad de Ingeniería.	74
Figura 4.5 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de gas LP de 30 kg en el Laboratorio de Beneficio de Materiales de la Facultad de Ingeniería.	76
Figura 4.6 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de gas LP de 500 L en el Edificio C.C.I.M. de la Facultad de Ingeniería.	77
Figura 4.7 Áreas de afectación debido a la explosión de un tanque de gas LP de 500 L en el Edificio L de la Facultad de Ingeniería.	78
Figura 4.8 Diagrama de pétalos que representa las explosiones simultáneas de los tanques de gas LP en el Edificio L de la Facultad de Ingeniería.	79
Figura 5.1 Elementos del Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas para la Facultad de Ingeniería de la UASLP.	87
Figura 5.2 Organigrama de operación del Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas para la Facultad de Ingeniería de la UASLP.	91

INTRODUCCIÓN

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, 1992), junto con su consolidación en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002), han sido los motores principales para impulsar el desempeño ambiental en las Instituciones de Educación Superior (IES) como distintivo de calidad y de preocupación por lograr la sustentabilidad dentro y fuera de sus instalaciones [ANUIES, 2000].

Algunas universidades se han mostrado sensibles ante la problemática ambiental que atañe al mundo entero, y se han incorporado a acuerdos internacionales para realizar acciones concretas dentro de sus propias instituciones como parte del desempeño ambiental [ANUIES, 2000].

A continuación se citan algunos ejemplos de estos acuerdos internacionales.

❖ **La Declaración de Talloires.**

Esta declaración es un plan de acción para incorporar la sostenibilidad y el conocimiento del medio ambiente en la enseñanza, investigación, operaciones y actividades de divulgación en colegios y universidades. Fue promovida en 1990 por la Asociación de Líderes Universitarios para un Futuro Sostenible en una conferencia internacional celebrada en Talloires, Francia; y ha sido firmada por más de 350 presidentes y cancilleres universitarios en más de 40 países. Ésta es la primera declaración oficial realizada por administradores de las universidades de un compromiso con la sostenibilidad ambiental en la educación superior [ULSF, 2001].

❖ **La Organización Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente (OIUDSMA).**

En 1995, las Universidades Latina de Costa Rica, Valencia y Granada de España coorganizaron el I Congreso de Universidades que debatió y aprobó la Declaración de San José, la cual inspiró la creación de la Organización Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente siendo suscrita por 20 Universidades fundamentalmente Iberoamericanas. Esta organización pretende actuar como una red de instituciones universitarias que tengan entre sus objetivos prioritarios el desarrollo de programas docentes e investigadores en el campo del medio ambiente y el desarrollo

sostenible; un establecimiento de redes de información internacionales que vinculen los sistemas nacionales, subregionales, regionales e internacionales; apoyo y fomento del acceso a la transferencia de tecnología; y, programas de cooperación y asistencia [OIUDSMA, 2008].

❖ **La Carta Copernicus para el Desarrollo Sostenible.**

En 1993, la Asociación de Universidades Europeas diseñó la Carta Copernicus con la finalidad de reunir a las universidades y otros sectores interesados de la sociedad de todas partes de Europa para promover una mejor comprensión de la interacción entre el hombre y el medio ambiente; y así, colaborar en asuntos ambientales comunes. Sus objetivos principales [IISD, 2010]:

- 1) Incorporar la perspectiva ambiental en toda la educación universitaria y contribuir al desarrollo de materiales didácticos que sean necesarios.
- 2) Estimular y coordinar la gestión integrada y multidisciplinaria en proyectos de investigación en colaboración.
- 3) Difundir ampliamente la investigación y los hallazgos empíricos al desarrollo económico y a los responsables políticos.

❖ **El Grupo de Trabajo de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE).**

La CRUE se constituyó en 1994 con el objetivo de servir como lugar de encuentro, de debate y reflexión para las universidades españolas, a fin de impulsar la promoción y el desarrollo de la educación superior y la investigación universitaria [CRUE, 2010].

Este grupo recoge la experiencia de las universidades sobre su gestión ambiental y los trabajos de ambientalización curricular, fomentando la cooperación entre universidades españolas y extranjeras, así como con todas aquéllas que contribuyan a mejorar el desarrollo de su actividad ambiental [CRUE, 2010].

A este grupo de trabajo están asociadas actualmente 50 universidades públicas y 25 universidades privadas españolas [CRUE, 2010].

❖ **El Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS).**

El Complexus se constituye en México en diciembre del año 2000 con el objetivo de “impulsar el mejoramiento de la calidad de los procesos académicos en materia de medio ambiente y desarrollo sustentable, mediante la concurrencia y colaboración de los programas o instancias ambientales de alcance institucional que establezcan las IES, promoviendo la creación y el fortalecimiento de sistemas de manejo ambiental al interior de las IES” [COMPLEXUS, 2009].

Las 12 instituciones que forman parte de este Consorcio son: Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Autónoma de Coahuila, Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Autónoma de Morelos, **Universidad Autónoma de San Luis Potosí**, Universidad de Colima, Universidad de Guadalajara, Universidad de Guanajuato, Universidad Iberoamericana Golfo-Centro, Universidad Iberoamericana Campus Puebla, Universidad La Salle y Universidad Tecnológica de León [COMPLEXUS, 2009].

Las instituciones que forman parte del COMPLEXUS tienen como característica principal que han establecido o tienen planes formales de establecer programas o iniciativas de alcance institucional que buscan la articulación de sus funciones sustantivas (docencia, investigación y extensión) y adjetivas (administración y apoyo) en torno al ambiente y el desarrollo sustentable. Es decir, han creado o van a crear un programa, acuerdo, coordinación, comisión o algún otro tipo de entidad que busca incidir sobre el conjunto de escuelas, facultades, institutos, divisiones, departamentos, áreas, etc., de la institución a partir de proyectos interdisciplinarios [COMPLEXUS, 2009].

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), como miembro del COMPLEXUS, asume su responsabilidad en la búsqueda de la sustentabilidad y se compromete a mejorar su desempeño ambiental como organización. A partir del año 2000, la UASLP ha implementado un Sistema de Manejo Ambiental (SMA) basado en tres instrumentos: auditoría ambiental, planes de gestión e indicadores de desempeño. El SMA consta de 12 módulos, entre los que se incluyen los siguientes: 1) el manejo de sustancias químicas y materiales regulados; 2) residuos, descargas y emisiones; y, 3) riesgo y contingencias [UASLP, 2004].

La tesis de maestría que se presenta en este documento contribuye al cumplimiento de los objetivos de estos 3 módulos, mediante la realización de un análisis de riesgo ambiental en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

Este análisis de riesgo ambiental se propone debido a que la UASLP cuenta con instalaciones que manejan sustancias químicas peligrosas, que si no se les trata de una manera adecuada, podrían provocarse diferentes tipos de accidentes. Además, se debe mejorar el conocimiento que actualmente se tiene sobre el riesgo que implica el manejo de estas sustancias dentro de la universidad. Asimismo, la UASLP cuenta con su propia normativa ambiental y de seguridad laboral a la que debe sujetarse y cumplir para contar con un ambiente de trabajo y de estudio más limpio y seguro.

La **hipótesis** planteada en este proyecto de investigación es:

“La aplicación de una metodología de análisis de riesgo ambiental en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP permitirá definir los elementos de un Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas que minimicen el riesgo ambiental al que están expuestos las personas, la infraestructura y el ambiente de esta dependencia universitaria”.

Los objetivos de esta tesis de maestría se presentan a continuación.

Objetivo general.

“Definir los elementos de un Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas para la Facultad de Ingeniería de la UASLP, que permitan minimizar el riesgo al que están expuestos las personas, la infraestructura y el ambiente de esta dependencia universitaria”.

Objetivos particulares.

- 1) Proponer y aplicar una metodología para evaluar el riesgo ambiental por el manejo de sustancias químicas al que están expuestos las personas, la infraestructura y el medio ambiente de la Facultad de Ingeniería de la UASLP y su área de influencia¹”.
- 2) Identificar tipos y cantidades de sustancias químicas peligrosas que se utilizan en las instalaciones.
- 3) Caracterizar el manejo actual de sustancias químicas peligrosas en las instalaciones.

¹ Entendiéndose área de influencia como aquellas zonas que podrían verse afectadas debido al impacto generado por un manejo inadecuado de sustancias químicas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería.

- 4) Modelar escenarios de riesgo por el manejo inadecuado de sustancias químicas peligrosas en las instalaciones.
- 5) Generar medidas de prevención y/o recomendaciones que permitan minimizar el riesgo ambiental al que están expuestos las personas, la infraestructura y el ambiente de esta dependencia universitaria.

En este trabajo se presenta el desarrollo de la metodología propuesta para evaluar el riesgo ambiental por el manejo de sustancias químicas peligrosas en las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

Los resultados de la investigación incluyen una base de datos de las sustancias químicas manejadas en las instalaciones, la clasificación de las áreas de trabajo en base al nivel de riesgo que presentan, la representación de las zonas de riesgo y de amortiguamiento para los escenarios de riesgo evaluados, y las recomendaciones hechas a partir de la definición de los elementos del Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas para mejorar la gestión del riesgo en la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS DE RIESGO POR EL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS.

1.1 SITUACIONES DE RIESGO POR EL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS.

En la actualidad, la sociedad en su conjunto es muy dependiente de los productos químicos, al grado de que en el "Universo de Sustancias Químicas" se tiene el registro de más de 60 millones de éstas [ACS, 2011].

México aún no cuenta con un registro de sustancias químicas¹ manejadas en el país, esto conlleva a la incertidumbre de qué sustancias están presentes, limitando su identificación, el manejo del riesgo ambiental y el cumplimiento de convenios y acuerdos internacionales [SEMARNAT, 2005].

A la fecha, las sustancias químicas inventariadas en diversos instrumentos normativos de México son las siguientes [SEMARNAT, 2005]:

- 400 sustancias químicas en materia de riesgo, en los listados de actividades altamente riesgosas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- 500 sustancias químicas para el control y uso de plaguicidas y fertilizantes determinadas por la Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- 3,541 sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, que de acuerdo a su clase, división de riesgo, riesgo secundario y número asignado por la ONU, deberán sujetarse al transporte y el método de envase y embalaje determinados por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) en la NOM-002-SCT-2003.
- 167 sustancias químicas denominadas como contaminantes del medio ambiente laboral que alteran la salud de las personas. Estas sustancias son determinadas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) a través de la NOM-010-STPS-1999.
- 104 sustancias químicas sujetas a reporte de competencia federal que deberán ser manifestadas a través de la Cédula de Operación Anual en los términos del artículo 10 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

¹ En comparación con otros países, en los Estados Unidos de América se tiene un registro de 75,000 sustancias químicas, Canadá tiene listadas 26,000 sustancias y la Unión Europea 110,000 [SEMARNAT, 2005].

En el año 2005, la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la SEMARNAT dio a conocer que en México se tiene un inventario poco exhaustivo de aproximadamente 400 sustancias químicas peligrosas², consideradas en los listados de actividades altamente riesgosas y en los que a la fecha no se ha dado ningún cambio [SEMARNAT, 2005].

La adopción de las medidas regulatorias y de otra índole para mejorar la seguridad en el uso, procesamiento, transporte y/o almacenamiento de estos materiales peligrosos en las empresas que realizan actividades de alto riesgo, tanto en México como en otros países, se fundamenta en la identificación, caracterización y clasificación de las sustancias químicas peligrosas que conforman el inventario en el que, por sus propiedades y volúmenes de manejo, pueden verse involucradas en accidentes de alto riesgo ambiental [SEMARNAT, 2005].

Un *accidente de alto riesgo ambiental* se considera cuando ocurre una explosión, incendio, fuga o derrame súbito que resulte de un proceso en el transcurso de las actividades de cualquier establecimiento, así como en ductos y en transportes, en los que intervienen una o varias sustancias peligrosas, y que suponen un peligro grave (de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible) para la población, los bienes, el ambiente y/o los ecosistemas [INE, 1999].

A continuación se describen los tipos de accidentes considerados como de alto riesgo, en los que se incluyen [INE, 1999]:

- Cualquier liberación de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite (*cantidad de reporte o de control*).
- Cualquier fuego mayor que dé lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta, que exceda de 5 kW/m² por varios segundos.
- Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar ondas de sobrepresión iguales o mayores de 1 lb/pulg².
- Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto como para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.

² Una sustancia química peligrosa se define como aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radioactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población y/o a sus bienes [SEMARNAT, 2007].

- Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba del *nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana* (IDLH por sus siglas en inglés), en áreas aledañas a la fuente emisora.
- En el caso del transporte se considera como un accidente, el que involucre la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos que pueden causar la afectación severa de la salud de la población y/o del ambiente.

Los accidentes a los que se hace referencia dependen en gran medida de la presión, la temperatura y el volumen de las diversas sustancias peligrosas involucradas en la actividad. A lo cual se suman otros factores como las características del proceso o forma de transporte y el diseño de los componentes (por ejemplo: cisternas de almacenamiento, vehículos, ductos, entre otros); las condiciones de operación; el mantenimiento y la vigilancia de equipos; los sistemas de seguridad; y la capacitación de los trabajadores [INE, 1999].

A su vez, el impacto de los accidentes y sus riesgos para la salud y el ambiente pueden reducirse o amplificarse, en función de las condiciones que prevalezcan alrededor de las actividades riesgosas, entre las que destacan la vulnerabilidad del medio; la densidad poblacional; la distancia de las poblaciones, respecto de las empresas de alto riesgo o de las vías de transporte de materiales peligrosos; la infraestructura de la que se disponga para mitigar el impacto de los accidentes; y el conocimiento y preparación de la población para comportarse de manera adecuada para proteger su salud en caso de accidentes [INE, 1999].

Es así, como se han integrado listados de sustancias con diferentes grados de peligrosidad y se han estimado las cantidades umbrales o límites a partir de las cuales una empresa u organización debe reportar a la autoridad competente que en sus transportes o en sus instalaciones y procesos, se manejan tales sustancias y las cantidades de cada una de ellas, con el único fin de prevenir accidentes [INE, 1999].

Por lo anterior, se han promovido políticas y estrategias multisectoriales, participativas y de coordinación, para que las actividades que manejan sustancias químicas peligrosas en las cantidades

controladas o de reporte, analicen la probabilidad de que ocurra un accidente de alto riesgo ambiental en sus instalaciones o procesos, aplicando una perspectiva de medidas preventivas; mediante un análisis o evaluación de riesgos, apoyados en los métodos de diferente grado de complejidad que han sido desarrollados al respecto [SEMARNAT, 2005]. El Evaluación de Riesgo permitirá predecir la probabilidad, la naturaleza y la magnitud de los efectos adversos que pueden ocurrir y la afectación de la salud humana y/o al medio ambiente [EPA, 2009].

El Análisis de Riesgo es fundamental para la seguridad de cualquier organización, ya que permite conocer los riesgos a los que ésta está expuesta, y así tener un control riguroso sobre el manejo de sustancias químicas peligrosas, elevar la seguridad dentro de las áreas de trabajo y fortalecer la capacidad de respuesta en caso de contingencias [SRAG, 2005].

La seguridad en cualquier sistema debe ser acorde con sus riesgos; sin embargo, muchos de los métodos convencionales para realizar dicho análisis son cada vez más insostenibles en términos de usabilidad, flexibilidad y críticamente en términos de lo que producen para el usuario. Por lo tanto, determinar qué controles de seguridad son adecuados y rentables, resulta complejo y en ocasiones muy subjetivo [SRAG, 2005].

1.2 DESARROLLO DE PROGRAMAS DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR ACTIVIDADES RIESGOSAS.

Las actividades industriales, comerciales y de servicios que manejan sustancias químicas peligrosas no pueden soslayar el potencial de accidente que conllevan en virtud del uso, procesamiento, almacenamiento y/o transporte de dichas sustancias y que constituyen un riesgo para el medio ambiente, los bienes materiales y la integridad humana [INE, 1999].

El riesgo se define como la probabilidad de que ocurra un accidente, aumentando la posibilidad de que se presente, cuando las instituciones o empresas no cuentan con la infraestructura y la organización necesarias para responder oportuna y adecuadamente a las contingencias derivadas de los accidentes [INE, 1999].

La prevención de accidentes con sustancias químicas peligrosas para la reducción de sus efectos adversos sobre el ambiente, la población y sus bienes, como resultado de diversas experiencias, se ha constituido en una herramienta importante para las empresas, en la que se pretende elevar la seguridad laboral y ambiental en las áreas de trabajo donde se manejan estas sustancias en volúmenes significativos y en condiciones que puedan propiciar un accidente para tener un mayor control sobre su manejo; y así fortalecer la capacidad de respuesta de las personas, para que ésta sea adecuada y oportuna en caso de contingencias [INE, 1999].

La administración de las actividades clasificadas como altamente riesgosas es relativamente reciente en México, ya que es a partir de 1983, que la Ley Federal de Protección al Ambiente introduce por primera vez los Estudios de Riesgo, como parte del procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental de los proyectos industriales [INE, 1999].

En tanto que, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988, amplía el concepto para incorporar la elaboración e instrumentación de Programas para la Prevención de Accidentes (PPA), que incluyan Planes Externos para la Respuesta a Emergencias, en organizaciones que realicen actividades altamente riesgosas [INE, 1999].

En 1992, la explosión en el drenaje de la Ciudad de Guadalajara, Jalisco, asociada a un derrame de gasolina, dio lugar al establecimiento de un Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Ambiental (PRONAPAARA), por instrucción presidencial, así como a la Creación de Comités Ciudadanos de Información y Apoyo para Casos de Prevención y Atención de Riesgos Ambientales [INE, 1999].

Como consecuencia de la creación del PRONAPAARA, más de seiscientas empresas en operación desarrollaron en forma voluntaria Estudios de Riesgo, pues no existía una disposición legal que las obligara a ello. No es sino hasta 1996, que al modificarse la LGEEPA, se introduce dicha obligación y es así como la regulación de las actividades consideradas como altamente riesgosas queda fundamentada en los artículos 146 al 149 de la LGEEPA, mediante la aplicación de dos instrumentos: el Estudio de Riesgo Ambiental y el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) [SEMARNAT, 2007].

El Estudio de Riesgo Ambiental comprende la determinación de los alcances de los accidentes que involucran materiales peligrosos y la intensidad de los efectos adversos en diferentes radios de afectación [SEMARNAT, 2007].

De acuerdo con el artículo 147, los establecimientos en operación que realicen actividades altamente riesgosas deben formular ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) dicho estudio y someter el PPA a la aprobación de ésta y otras Secretarías [SEMARNAT, 2007].

El PPA es un documento a través del cual una persona física o moral que realiza actividades consideradas como altamente riesgosas, describe las medidas y acciones de prevención contra los riesgos analizados en el Estudio de Riesgo Ambiental [SEMARNAT, 2007].

En el lapso transcurrido entre 1992 y 1999 se lograron importantes avances con respecto al seguimiento del cumplimiento de las recomendaciones derivadas de los Estudios de Riesgo realizados por las empresas adheridas voluntariamente al PRONAPAARA, en el desarrollo y evaluación de Estudios de Riesgo y de los PPA. La implementación de ambos instrumentos permitió fortalecer las capacidades de respuesta para atender las emergencias ambientales e incrementar la eficiencia de los mecanismos de coordinación y concertación con las autoridades de competencia en la materia a nivel federal, estatal y municipal; y los otros actores que intervienen en la prevención y respuesta a accidentes por agentes químicos [INE, 1999].

La SEMARNAT ha desarrollado diversos lineamientos y guías para facilitar a los usuarios, la elaboración de los Estudios de Riesgo Ambiental y de los PPA. Como resultado de esta gestión y en respuesta de los sectores involucrados, hasta el 2006 se registraron cerca de 4,400 programas presentados por los responsables de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, que realizan actividades consideradas como altamente riesgosas [SEMARNAT, 2007].

Una de las capacidades que la SEMARNAT ha visualizado durante la gestión de los PPA son los Comités Locales de Ayuda Mutua, formados por empresas y autoridades, que suman recursos y esfuerzos para elevar los niveles de prevención, control, preparación y respuesta a emergencias

químicas; que pudieran provocar accidentes con efectos perjudiciales para la población, la infraestructura y el medio ambiente [SEMARNAT, 2007].

1.3 NORMATIVA AMBIENTAL Y LABORAL PARA SITUACIONES DE RIESGO.

1.3.1 ACUERDOS INTERNACIONALES.

A raíz de la creciente problemática ambiental mundial sobre las sustancias químicas se han creado múltiples foros internacionales para analizar los retos que representan dichos materiales; entre ellos están: el Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente (PNUMA), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), el Convenio Vinculante para la Eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), el Convenio de Procedimiento de Información y Consentimiento Previo (PIC), el Foro Intergubernamental de Seguridad Química (FISQ), entre otros; en los cuales se ha puesto énfasis particular en resaltar que el manejo de las sustancias químicas sólo puede ser efectivo si se utiliza el enfoque del *ciclo de vida integral* que abarca desde la protección, extracción y síntesis de moléculas, hasta su transformación en bienes de consumo y conversión en residuos peligrosos [INE, 2003].

México ha afirmado plenamente en los foros internacionales su compromiso en la protección ambiental, reconociendo que los problemas ecológicos y ambientales llegan a constituir un peligro para la sociedad en su conjunto. Con la Ley de Tratados Internacionales de México, los acuerdos o convenios internacionales aprobados por el Congreso de la Unión y suscritos por el Ejecutivo, se convierten en ley nacional, por lo cual debe darse cumplimiento a las obligaciones que derivan de ello y verse reflejadas las disposiciones que contienen las políticas y legislaciones de los sectores a las que se aplican [INE, 2003].

La UASLP, al ser una institución que cuenta con áreas de trabajo que manejan sustancias químicas, debe cumplir y sujetarse a diversos instrumentos normativos mexicanos de las diferentes competencias, los cuales se describen a continuación.

1.3.2 NORMATIVA DE COMPETENCIA FEDERAL.

En materia de riesgo y seguridad laboral ambiental, las leyes, normas y reglamentos federales relacionados con el manejo de sustancias químicas peligrosas en las áreas de trabajo de la UASLP se citan a continuación.

La **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** en los artículos 146-152 que describe la regulación, el control y la clasificación de materiales y residuos peligrosos que se manejan y generan en los establecimientos, que en este caso, aplica para las áreas de trabajo que manejan sustancias químicas en las instalaciones de la UASLP [LGEEPA, 2010].

Las áreas de trabajo de la UASLP pueden manejar alguna sustancia química considerada como peligrosa definida en el **Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas** expedidos por la SEMARNAT, que corresponden a las sustancias consideradas como tóxicas y como inflamables-explosivas, respectivamente. En los listados se establece la cantidad de reporte³ a la cual son consideradas como de alto riesgo [SEMARNAT, 2007].

Las áreas de trabajo de la UASLP que manejan sustancias químicas y que por lo tanto generan residuos químicos deberán cumplir con lo establecido en la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** referente al manejo integral, la regulación y el control de los residuos peligrosos (RP) en el artículo 7, en la clasificación de los RP y los factores a considerarse para prevenir y reducir los riesgos a la salud y al ambiente descritos en los artículos 15-16 y 21, y en el desarrollo de planes de manejo y disposiciones finales tal como se señala en los artículos 31 y 45-57 [LGPGIR, 2007].

Las áreas de trabajo de la UASLP que manejan sustancias químicas deben disponer de medidas de prevención y sistemas de control de la contaminación del agua, que se utiliza en las distintas actividades realizadas en estos centros de trabajo; así como también, es obligatorio ajustarse a los lineamientos de descarga de aguas residuales establecidos en los artículos 85-92 de la **Ley de Aguas Nacionales** [LAN, 2008].

³Cantidad de reporte es la cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes [SEMARNAT, 2007].

La UASLP debe tener conocimiento de la manera en que opera el Sistema Nacional de Protección Civil para situaciones de emergencia, en las que la universidad podría verse afectada por accidentes en los que estén involucradas alguna o varias sustancias químicas. La operación de este sistema se describe en el artículo 14 de la **Ley General de Protección Civil** [SNPC, 2006].

Las áreas de trabajo de la UASLP que generan residuos peligrosos deben consultar la información disponible en materia de sustancias tóxicas y medidas de respuesta a impactos por el uso de estas sustancias tal como lo marca el artículo 119 de la **Ley General de Salud** [SS, 2010].

El personal académico y los alumnos de la UASLP que manejan sustancias químicas deben ser capacitados y adiestrados para prevenir riesgos de trabajo e implementar un reglamento interno que contenga las normas para prevenir accidentes y prestar primeros auxilios, tal como se señala en los artículos 132, 153-A, 153-F-III y 423-VI de la **Ley Federal del Trabajo** [LFT, 2006].

La comunidad universitaria de la UASLP debe conocer las condiciones en las que se otorga el seguro por riesgos de trabajo establecidas en los artículos 55 y 56 de la **Ley del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado** [ISSSTE, 2007].

Las áreas de trabajo de la UASLP que manejan sustancias químicas y que generan residuos químicos deben cumplir con las condiciones de manejo (identificación, clasificación y almacenamiento) establecidas en los artículos 27, 28, 31, 35, 38, 39, 42, 46, 83, 84, 87 y 88 del **Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** [LGPGIR, 2006].

Las áreas de trabajo de la UASLP que manejan o almacenan sustancias químicas inflamables-explosivas deben cumplir con las condiciones de seguridad y con los criterios para la prevención, protección y combate de incendios establecidos en los artículos 26, 27, 28, 44, 45 y 54-75 del **Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo** [STPS, 1997].

La Comisión y Subcomisión Mixta de Seguridad e Higiene de la UASLP deben informar al personal académico y alumnos que trabajan con sustancias químicas de los riesgos relacionados con la actividad que desarrollan y sobre la incidencia de accidentes. Además, las Comisiones tienen que elaborar e

implementar un programa de prevención de riesgos por el manejo de estas sustancias en las áreas de trabajo como se establece en los artículos 6, 7, 8, 16, 82 y 83 del **Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente en el Trabajo del Sector Público Federal** [STPS, 2006].

Las áreas de trabajo de la UASLP que manejan sustancias químicas deben cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas respetando los límites máximos permisibles para la descarga de contaminantes en el agua como se dispone en los artículos 133-137 y 151 del **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales** [LAN, 2002].

Las **Normas Oficiales Mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales** que establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales son la NOM-001 y NOM-002. Las características, identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos se establecen en la NOM-052, NOM-053 y NOM-054 [SEMARNAT, 2011].

Las áreas de trabajo de la UASLP que manejan sustancias químicas deben cumplir con lo establecido en las **Normas Oficiales Mexicanas expedidas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social** en lo referente a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para: la prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo (NOM-001 y NOM-002); el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas (NOM-005 y NOM-010); la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas (NOM-018); la constitución, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene (NOM-019, NOM-021 y NOM-028) [STPS, 2010].

1.3.3 NORMATIVA DE COMPETENCIA ESTATAL PARA SAN LUIS POTOSÍ.

En materia de riesgo y seguridad laboral ambiental, las leyes y los listados estatales relacionados con el manejo de sustancias químicas peligrosas en las áreas de trabajo de la UASLP se citan a continuación.

La UASLP, al tener áreas de trabajo que manejan sustancias químicas, debe tener conocimiento de lo establecido en los artículos 7, 91, 98 y 99 de **Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí** en materia de las actividades denominadas como riesgosas y en la prevención y control de la contaminación del suelo y subsuelo y del manejo de materiales y residuos peligrosos [SEGAM, 1999].

Las áreas de trabajo de la UASLP pueden manejar alguna o varias sustancias químicas consideradas como peligrosas en el **Listado de Actividades Riesgosas para el Estado de San Luis Potosí** expedido por la Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental (SEGAM), en el que las sustancias son consideradas como tóxicas, inflamables y/o explosivas, denominando la actividad como riesgosa si la SQP está en los listados de actividades altamente riesgosas expedidos por la SEMARNAT, pero en cantidades menores a las de reporte señaladas en los mismos [SEGAM, 2002].

Las áreas de trabajo de la UASLP que manejan sustancias químicas deben cumplir con las medidas y acciones necesarias para la prevención y control de la contaminación del agua y ajustarse a las sanciones correspondientes por infracciones cometidas tal como se establece en los artículos 192, 193 y 206-XIV de la **Ley de Aguas para el Estado de San Luis Potosí** [DAPA, 2010].

La UASLP debe tener conocimiento de la manera en que actúan los Sistemas Municipales y Estatal de Protección Civil ante situaciones de riesgo, ya que en la universidad se podrían ocasionar accidentes de alto impacto por un manejo inadecuado de SQP en las áreas de trabajo, requiriendo el apoyo y auxilio de estos sistemas de protección. La actuación de los sistemas se describen en los artículos 5, 17, 22, 28, 36, 37 y 42 de la **Ley de Protección Civil del Estado de San Luis Potosí** [SNPC, 1998].

1.3.4 NORMATIVA DE COMPETENCIA MUNICIPAL PARA LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ.

En materia de riesgo y seguridad laboral ambiental, las leyes y reglamentos municipales relacionados con el manejo de sustancias químicas peligrosas en las áreas de trabajo de la UASLP se citan a continuación.

Las áreas de trabajo de la UASLP que manejan sustancias químicas deben tener una organización para la limpia, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos generados como lo señala el artículo 141 de la **Ley Orgánica del Municipio Libre del Estado de San Luis Potosí** [HASLP, 2009].

La UASLP tiene derecho a solicitar asistencia técnica a la SEMARNAT o SEGAM en materia de impacto ambiental o estudios de riesgo en caso de realice actividades altamente riesgosas o actividades

riesgosas por el manejo de SQP en sus instalaciones, tal como lo señala el artículo 34 del **Reglamento de Ecología para el Municipio de San Luis Potosí** [HASLP, 2006].

La UASLP debe tener conocimiento de que el Sistema Municipal de Protección Civil es el primer nivel de respuesta e instancia de actuación especializada ante cualquier riesgo o situación de emergencia dentro del municipio. Este sistema de protección debe supervisar que la universidad cuente con Unidades Internas de respuesta y colaborar en el desarrollo de programas para la prevención de riesgos, de auxilio y salvamento. Esto es establecido en los artículos 4, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 49 y 50 del **Reglamento de Protección Civil del Municipio Libre de San Luis Potosí** [SNPC, 2002].

La UASLP debe promover la educación a favor de la ecología, la concientización ciudadana, el aprovechamiento racional de basura y residuos y la integración de éstos en los centros de enseñanza cuya participación deberá ser activa tal como se señala en los artículos 3, 45 y 46 del **Reglamento de Aseo Público del Municipio Libre de San Luis Potosí** [HASLP, 2002].

Las áreas de trabajo de la UASLP que manejen sustancias químicas señaladas como prohibidas en la Ley General de la Salud quedan como responsables del control y la vigilancia del uso de estas sustancias tal como se señala en los artículos 18, 20 y 22 del **Bando de Policía y Buen Gobierno del Municipio de San Luis Potosí** [HASLP, 2001].

1.3.5 NORMATIVA INSTITUCIONAL DE LA UASLP.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) cuenta con su propia normativa, en materias de riesgo y seguridad laboral ambiental, establecida en los documentos que se citan a continuación.

El **Contrato Colectivo de Trabajo de la UASLP** que describe las causas de rescisión y separación de labores si se comete una negligencia en las áreas de trabajo de la UASLP o se niega a la adopción de medidas preventivas (Cláusula 26-28). La manera en que se integra la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene, la cual tendrá que elaborar un reglamento en materia de seguridad y prevención de accidentes (Cláusulas 34-35, 37). La indemnización que es otorgada a los trabajadores como consecuencia de riesgos de trabajo (Cláusula 70). La obligación de los trabajadores que deben adoptar medidas

preventivas e higiénicas; prestar auxilio cuando se necesite; cumplir las leyes, reglamentos y normas de higiene y seguridad; y contar con equipos e implementos de seguridad personal que determine la Comisión Mixta de Higiene y Seguridad [UASLP, 2008].

El **Reglamento de Prevención, Seguridad y Protección Civil de la UASLP** que describe los objetivos en materia de seguridad y prevención de la comunidad universitaria (Art. 2). Las atribuciones del Rector para aplicar las políticas y criterios en materia de seguridad, y designar a la Comisión Universitaria encargada de la protección civil y la prevención de diversas contingencias (Art. 7-8). Esta Comisión debe elaborar un manual general de procedimientos de seguridad y prevención, promover cursos de capacitación en materia de contingencias al personal académico y/o alumnos que manejan SQP en las áreas de trabajo de la universidad (Art. 12-14, 18). La comunidad universitaria está obligada a informar cualquier situación que ponga en riesgo la seguridad de los universitarios (Art. 19) [UASLP, 2010].

El **Reglamento de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene de la UASLP** que describe las funciones de la Comisión que consisten en establecer, desarrollar, implementar, regular y vigilar las medidas de prevención necesarias para el bienestar de la comunidad universitaria en los centros de trabajo; así como, promover y coordinar la capacitación y adiestramiento del personal en materia de seguridad e higiene informando sobre los riesgos laborales y las medidas para prevenirlos (5to, 14vo incisos: a, b, c, d, e, i y j). Finalmente, la Comisión debe participar en la investigación de todo riesgo, analizando sus causas e implementando medidas para prevenirlos (15vo) [UASLP, 1997].

1.4 MEJORA DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE ALGUNAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS.

No sólo las industrias han mostrado su interés por un manejo adecuado de las sustancias químicas y de los residuos generados con el fin de evitar accidentes o situaciones de riesgo que las pongan en peligro. Las Conferencias sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable celebradas en Río de Janeiro (1992) y Johannesburgo (2002) sirvieron como motores principales para impulsar a las instituciones educativas en promover e implementar también estas políticas, a fin de buscar la sustentabilidad dentro de su propia organización, teniendo como prioridades la seguridad de quienes la conforman y el cuidado del medio ambiente.

A continuación se describen las acciones y programas que han realizado e implementado algunas instituciones educativas para mejorar su desempeño ambiental en el manejo de sustancias químicas.

1.4.1 UNIVERSIDAD DE AUSTRALIA OCCIDENTAL, AUSTRALIA.

Esta institución educativa tiene una política de identificación de riesgos para ser evaluados durante la planificación de cualquier procedimiento con productos químicos, incluso antes de su compra, asegurando que todo el personal, estudiantes y visitantes sean conscientes de los peligros potenciales y que las técnicas de manejo de sustancias químicas sean las más adecuadas, estableciendo medidas de control pertinentes para minimizar el riesgo [Western, 2011].

A través del Reglamento sobre Seguridad y Salud (1996) de esta Institución, en sus regulaciones del 5.15 al 5.18, se deben especificar los requisitos legales y documentarlos, para llevar a cabo las evaluaciones de riesgo por el manejo de SQP teniendo como requerimientos [Western, 2011]:

- La evaluación del riesgo debe incluir la identificación de cada sustancia química utilizada, la revisión de las hojas de seguridad y la estimación de la probabilidad de lesiones o daños a personas como consecuencia de la exposición a SQP.
- La evaluación del riesgo deberá repetirse si hay un cambio en el riesgo de la lesión o daño, si fue realizada hace 5 años o si se deben mejorar las medidas de control de las que se disponen.
- Las evaluaciones de riesgo deberán estar disponibles para consulta en todo momento.
- Las evaluaciones de riesgo deben ser delegadas a los que realizan el trabajo (es decir, asistentes de investigación, estudiantes de post-doctorado, personal técnico, entre otros), sin embargo, el supervisor de área es el responsable de garantizar que se tenga un registro de la Evaluación de Riesgo Químico para que esté disponible y pueda ser revisado cuando sea necesario.

La metodología consiste en completar un formulario de procedimiento de Evaluación de Riesgo Químico, en el que el evaluador pueda identificar las SQP utilizadas, los riesgos asociados con los productos químicos que se utilizan, las medidas de control existentes y las medidas que serán requeridas antes de iniciar el trabajo [Western, 2011].

Una vez que el formulario de procedimiento es llenado con la información existente, el riesgo es evaluado a partir del producto de los valores asignados a cada una de las variables (consecuencias, exposición y probabilidad). Estos valores se asignan en base a escalas ponderadas sugeridas por el propio método [Western, 2011].

Al evaluarse el riesgo, el procedimiento puede ser aprobado si el riesgo es insignificante o está controlado lo suficiente. En caso de que el riesgo sea significativo y las medidas de control no sean adecuadas, el procedimiento no puede ser aprobado y deben establecerse nuevos lineamientos [Western, 2011].

La aplicación de una evaluación de riesgo asegura que el personal esté consciente de los riesgos asociados con las actividades que se realizan y que las medidas de control sean adecuadas en el lugar de trabajo [Western, 2011].

1.4.2 UNIVERSIDAD DE QUEENSLAND, AUSTRALIA.

Las evaluaciones de riesgo, en esta institución, son una herramienta esencial y forman parte del proceso para la gestión de los riesgos laborales. Antes de iniciar cualquier actividad que implique el manejo de SQP, se debe hacer una evaluación del riesgo para identificar, evaluar y controlar los riesgos asociados con el trabajo o la investigación que se pretende realizar. Esta evaluación es hecha en conjunto con el personal de otras organizaciones, investigadores y un supervisor [Queensland, 2007].

El procedimiento de la evaluación de riesgo, que se lleva a cabo en esta universidad, consiste en conocer el uso de la sustancia; identificar los peligros que afectan a la salud; evaluar la exposición a la sustancia peligrosa; evaluar los riesgos actuales que plantea la SQP; asignar la conclusión de riesgos; determinar y aplicar las medidas adecuadas para controlar los riesgos; evaluar la reducción del riesgo como consecuencia de las medidas correctoras propuestas; examinar la gestión del riesgo; revisar, aplicar y supervisar las medidas de control; mantener los registros de evaluación, la página de resumen completo y fecha fijada para la re-evaluación; y la revisión de la evaluación por un supervisor [Queensland, 2007].

La Universidad de Queensland cuenta con una base de datos que le permite al personal y a los estudiantes tener conocimiento sobre el registro de cada una de las Evaluaciones de Riesgo Químico desarrolladas en el interior de la institución [Queensland, 2007].

1.4.3 UNIVERSIDAD DE MELBOURNE, AUSTRALIA.

Esta universidad cuenta con un registro de riesgos, el cual consta de una lista ordenada que va de mayor a menor riesgo en el que se evalúan los peligros, los riesgos asociados y las medidas de control existentes para los distintos rubros de evaluación (por ejemplo: productos químicos, manuales de operación, ruido, plantas y equipo, entre otros) [Melbourne, 2009].

El Registro de riesgos captura y cuantifica los riesgos presentes en la propia institución que puedan afectar la salud y la seguridad de la gente. Este se realiza a partir de la metodología aplicada que consiste en tres etapas: 1) la identificación de los peligros que afecten la integridad de las personas o que ocasionen impactos ambientales, 2) el proceso de evaluación de los riesgos, y 3) el desarrollo de controles para minimizar el riesgo y garantizar un lugar de trabajo sano y seguro con un impacto ambiental mínimo [Melbourne, 2009].

En la Universidad se ofrecen cursos de orientación sobre el uso de herramientas de gestión de riesgos para peligros específicos y aspectos medio ambientales; y además, el Registro de riesgos se pone a disposición del personal, estudiantes y contratistas de la propia institución [Melbourne, 2009].

1.4.4 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID, ESPAÑA.

En 1992 surgen las primeras acciones del Proyecto Ecocampus, en el que la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) formaliza su compromiso con el plan de acción global para el Desarrollo Sostenible (Agenda 21); persiguiendo dos metas fundamentales: 1) Mejorar la situación ambiental de los diferentes campus y equipamientos de la UAM y 2) Sensibilizar a la comunidad universitaria para impulsar la participación e intervención en el debate y la búsqueda de soluciones a conflictos ambientales globales y locales. Este proyecto comenzó a aplicarse en 1995 [UAM, 2000].

El objetivo principal del Proyecto Ecocampus reside en hacer que la UAM se convierta en un centro ejemplar de gestión ambiental sostenible, que pueda servir de referencia para otras instituciones o centros públicos y privados [UAM, 2000].

Los objetivos específicos del proyecto se concretan en conocer con profundidad las consecuencias ambientales de la actividad universitaria, promover estrategias para solucionar o mejorar los conflictos ambientales generados en el campus, y ofrecer a la sociedad ejemplos concretos de cómo conducir a soluciones y mejoras sustanciales de los impactos ambientales ocasionados por actividades cotidianas [UAM, 2000].

El resultado de esta buena práctica ha permitido implicar a la comunidad universitaria en la toma de decisiones relacionadas con la gestión ambiental; sensibilizarla en su conjunto sobre temas ambientales, uso sostenible de la energía y transporte público; tener una gestión efectiva de los residuos generados en la universidad y la elaboración de una *Carta de Compromiso Ambiental de la UAM con la Agenda 21* [UAM, 2000].

La UAM es destacada por el intercambio de experiencias, pues realiza múltiples foros en el que se reúnen tanto universidades nacionales como internacionales que han asumido y aplicado algunas de las acciones promovidas por esta institución con el fin de comunicarse y compartir el aprendizaje adquirido [UAM, 2000].

Conviene resaltar que la UAM ha implementado un sistema eficiente de acopio puntual en cada laboratorio y de forma separada, de cada tipo de producto o residuo químico peligroso y/o tóxico generado en las distintas actividades que se realizan en las instalaciones de la universidad. Anualmente se recolectan de manera controlada 13 toneladas de estos residuos [UAM, 2000].

1.4.5 UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, CHILE.

En el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción se creó un sistema de gestión y manejo de sustancias y residuos peligrosos denominado **MATPEL** para minimizar los impactos de los distintos tipos de SQP que se manejan en la institución [UCC, 2009].

El programa **MATPEL** ha implementado una página web (www.udec.cl/matpel), donde es posible encontrar toda la información necesaria sobre el sistema de gestión y que incluye un programa computacional denominado GERIS a través del cual todas las unidades, por medio del coordinador, pueden introducir la información relacionada con la generación de residuos de la universidad [UCC, 2009].

Las funciones principales de GERIS son identificar y cuantificar la generación de residuos peligrosos; registrar y obtener la información del costo para el tratamiento de los residuos; generar informes, índices de gestión, valores estadísticos, auditorías y la representación gráfica de estos informes; monitorear la capacidad y almacenamiento en las diferentes estaciones de transferencia de la universidad; producir los informes de la gestión de residuos peligrosos para la autoridad sanitaria; y tener un sistema de control de la disposición final de los residuos peligrosos a través de empresas externas y del sistema de transporte interno de residuos peligrosos [UCC, 2009].

Actualmente, se está trabajando en la elaboración de un Plan de Emergencias Tecnológicas basado principalmente en el Sistema Integrado de Gestión de la Universidad, en el que intervienen empresas proveedoras de insumos químicos e instituciones de respuesta a emergencias como bomberos, carabineros y personal del Sistema de Atención Médica de Urgencia; con esto se pretende generar un procedimiento de respuesta ante un incidente que involucre sustancias o residuos peligrosos, a fin de minimizar los daños a las personas, a la propiedad y al medio ambiente [UCC, 2009].

1.4.6 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, MÉXICO.

En el 2007, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) llevó a cabo un proyecto en la Facultad de Química, con el propósito de contar con un ambiente de trabajo limpio y seguro, y disminuir el riesgo causado por el manejo de SQP [UNAM, 2007].

Los compromisos planteados en este proyecto fueron: 1) tener un reglamento para el manejo, tratamiento y minimización de residuos generados en la Facultad; 2) diseñar prácticas con materiales que eviten, reduzcan y controlen la generación de residuos peligrosos a fin de minimizar la concentración de éstos en los laboratorios; 3) contar con un ambiente de trabajo limpio, removiendo los residuos generados en los laboratorios con periodicidad, seguridad y eficiencia; 4) identificar y separar

los residuos peligrosos biológicos infecciosos, de acuerdo con sus características; 5) observar en todo momento las leyes, reglamentos, normas y, en general, toda la legislación vigente aplicable en todos los ámbitos, especialmente la legislación ambiental; 6) hacer sugerencias tendientes a modificar y actualizar la legislación ambiental en todas las esferas de su competencia; y 7) comunicar estos propósitos a todos los integrantes de la comunidad de la Facultad con la finalidad de que se sumen en este esfuerzo institucional de respeto ambiental [UNAM, 2007].

El Reglamento aprobado para el Manejo, Tratamiento y Minimización de Residuos Generados en la Facultad de Química de la UNAM tiene por objetivo establecer la clasificación de los residuos peligrosos biológicos infecciosos, químicos y radiactivos, así como las especificaciones para su manejo y disposición, con procedimientos acordes a la legislación vigente aplicable en materia ambiental, así como los niveles de responsabilidad en materia de residuos para cada persona que trabaje en los laboratorios de la Facultad [UNAM, 2007].

1.4.7 UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO.

En el año 2008, en la Universidad Iberoamericana Ciudad de México se hizo un proyecto denominado **IBERO CAMPUS VERDE**, con el objetivo de fortalecer e introducir acciones nuevas de mejora ambiental dentro de la universidad, teniendo la misión de incorporar criterios de sustentabilidad en las operaciones, decisiones y procesos que se desarrollan en ella, para impactar positivamente en el entorno ecológico, económico y social, y contribuir a mejorar la calidad de vida de la comunidad universitaria [IBERO, 2008].

El proyecto se desarrolla en tres etapas: Preliminar, Diagnóstico y Plan de Acción; aplicables a diez áreas: 1) Edificios, 2) Espacios Abiertos, 3) Energía y Cambio Climático, 4) Agua, **5) Residuos**, 6) Transporte y Estacionamiento, 7) Servicios de Alimentos, 8) Compras, 9) Protección Civil y 10) Educación Ambiental [IBERO, 2008].

En la materia de Residuos, la universidad cuenta con un sistema de manejo y disposición adecuada de los residuos peligrosos generados en laboratorios y talleres de docencia e investigación de los departamentos de Ingeniería, Ciencias Químicas, Salud, Diseño, Psicología y Comunicación; así como

en los talleres de mantenimiento y de servicio médico. Conjuntamente, se tiene un registro de la generación y disposición de los residuos sólidos reciclables y de los residuos peligrosos. Además, en 10 áreas de la universidad se elaboraron manuales de procedimiento para el almacenamiento, manejo y disposición final de residuos peligrosos y se recopilan las hojas de seguridad de las SQP utilizadas en dichas áreas de trabajo [IBERO, 2008].

La Universidad Iberoamericana, desde hace cinco años, pertenece al *Green Chemistry Institute*⁴ en la que se adoptó la técnica de micro-escala en laboratorios del departamento de Ingeniería y Ciencias Químicas [IBERO, 2008].

La aplicación de la técnica micro-escala permitió la reducción en el uso de reactivos y la generación de residuos peligrosos, minimizando así el riesgo o el impacto que éstas podrían ocasionar a la salud humana y al medio ambiente [IBERO, 2008].

1.4.8 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), a partir del año 2000, ha implementado un Sistema de Manejo Ambiental (SMA) basado en tres instrumentos que son: Auditoría Ambiental, Planes de Gestión e Indicadores de Desempeño [UASLP, 2004].

La Auditoría Ambiental genera un manual interno y un reporte de auditoría, los cuales se pueden manejar con agencias acreditadoras externas como PROFEPA. El manual interno sirve como base para definir las metas de los Planes de Gestión, que permitirán resolver los asuntos planteados por la Auditoría Ambiental; además, es esencial para establecer un documento base sobre los avances a futuro y también, para capacitar al personal y dejar constancia de los métodos utilizados. Los Indicadores de Desempeño son la herramienta que permitirán evaluar el funcionamiento de la universidad, en el contexto de sostenibilidad [UASLP, 2004].

El SMA se constituye por 12 módulos: M1. Manejo de sustancias y materiales regulados; M2. Residuos, descargas y emisiones; M3. Uso apropiado y eficiencia del agua; M4. Uso apropiado y eficiente de la

⁴ Green Chemistry Institute es una organización de los Estados Unidos de América dedicada a la promoción y fomento de la química verde.

energía; M5. Uso apropiado y eficiente de insumos de oficina; M6. Administración y compras; M7. Re-vegetación y arquitectura del paisaje; M8. Bioclimática y construcciones; M9. Riesgo y contingencias; M10. Mantenimiento; M11. Normas, estándares y certificación; y, M12. Comunicación y educación [UASLP, 2004]. A continuación se describen los módulos de interés para este trabajo de investigación.

M1. MANEJO DE SUSTANCIAS Y MATERIALES REGULADOS.

El objetivo de este primer módulo es asegurar el uso, manejo, reciclamiento y disposición apropiada y eficiente de sustancias utilizadas o generadas dentro de la UASLP que pudieran causar impacto al ambiente o a la salud, incluyendo aquellas que estén expresamente reguladas [UASLP, 2004].

M2. RESIDUOS, DESCARGAS Y EMISIONES.

El objetivo es cumplir cabalmente con los estándares establecidos por el propio SMA para las emisiones, descargas y residuos, sean éstos normas oficiales mexicanas u otros estándares adicionales o más estrictos [UASLP, 2004].

M9. RIESGO Y CONTINGENCIAS.

El objetivo del módulo es establecer condiciones de seguridad ambiental y laboral en todos los espacios construidos y operaciones de las actividades universitarias, así como planes de contingencia que respondan eficazmente a los riesgos imprevistos y las medidas preventivas correspondientes para evitar que se presenten [UASLP, 2004].

Los dos primeros módulos pretenden cubrir lo relacionado con el manejo de las sustancias y materiales que requieren un cuidado especial, tanto porque son de alto riesgo durante su uso y almacenamiento, como porque sus emisiones, descargas y residuos están regulados o pueden causar daños ambientales o a la salud [UASLP, 2004].

La situación y la minimización en el uso y generación de residuos suponen cambios en los procesos o un incremento en la eficiencia. Se pueden reducir las cantidades de sustancias inventariadas y obsoletas por medio de un sistema preciso de inventario que surge también del SMA. El buen manejo gira alrededor de una contabilidad precisa de cada sustancia, del diseño y el cuidado en la operación

del proceso, de la prevención y control de los flujos hacia fuera y de la eficiencia con que se opere [UASLP, 2004].

El módulo 9 cae en el campo de higiene y seguridad. La UASLP tiene una Comisión Mixta (autoridades-sindicato) de Seguridad e Higiene que actúa en el marco de una responsabilidad formal en el ambiente laboral; sin embargo, este módulo del SMA no comparte dicha responsabilidad con la Comisión. El trabajo del SMA es más en el ámbito académico, para capacitar y formarse en la materia (ejemplos: emergencias toxicológicas y la preparación que se requiere para disminuir y afrontar los riesgos) [UASLP, 2004].

En el 2010, en la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP se elaboró un “Reglamento para el Manejo, Tratamiento y Minimización de Residuos Generados en la Facultad”, ya que se utiliza una gran cantidad de reactivos y productos, en las diversas prácticas que conllevan a la generación de residuos, que en la mayoría de los casos son peligrosos para la salud y el medio ambiente [UASLP, 2010].

Aunque el volumen de residuos que se genera en los laboratorios es generalmente pequeño con relación al proveniente del sector industrial, no por ello se debe minimizar el problema [UASLP, 2010].

Los objetivos principales del Reglamento para el Manejo, Tratamiento y Minimización de Residuos Generados en la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP son [UASLP, 2010]:

- 1) Prevenir la contaminación en los laboratorios, al utilizar prácticas y materiales que eviten, reduzcan y controlen la generación de residuos peligrosos.
- 2) Minimizar la generación de residuos peligrosos en todos los laboratorios de la Facultad.
- 3) Remover los residuos generados con periodicidad, seguridad y eficiencia, de manera que el ambiente en los laboratorios sea lo más limpio posible.
- 4) Observar en todo momento las Normas y, en general, toda la legislación vigente aplicable en todos los ámbitos, con especial atención a la legislación ambiental.
- 5) Comunicar estos propósitos a todos los integrantes de los laboratorios que forman parte de la Facultad, con la finalidad de que se sumen en este esfuerzo institucional.

- 6) Reforzar las prácticas en todos sus laboratorios, de manera que no solamente se alcancen las habilidades y conocimientos científico-técnicos, sino también aquellos relacionados con el respeto al medio ambiente.

Este Reglamento es de observancia obligatoria en todos aquellos lugares de la Facultad donde se realice trabajo experimental, sea de docencia, de investigación o de servicio al público [UASLP, 2010].

1.5 CASO DE ESTUDIO: FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ (UASLP).

La UASLP ha tenido algunas iniciativas aisladas para el manejo de sustancias químicas, como la instauración de micro análisis para disminuir el uso en experimentos didácticos por un factor hasta de 100 y la disposición de algunos residuos vía un prestador de servicios ambientales [UASLP, 2004].

La falta de un sistema de control sistemático indica que no hay un manejo óptimo de las sustancias químicas, ni un programa de minimización de la generación de residuos, de sustitución por mejores opciones, y de control de emisiones, descargas y residuos al ambiente [UASLP, 2004].

En el 2008, se llevó a cabo un proyecto de tesis de maestría, que consistía en realizar un diagnóstico organizacional para el desempeño ambiental de la UASLP en su Sistema de Manejo Ambiental, y como resultado, fueron presentadas las siguientes oportunidades de mejora, entre otras, para cada uno de los módulos que conforman el sistema [Morales, 2008].

- 1) Mejorar el sistema de compras para evitar excesos de inventarios de sustancias químicas y compras innecesarias.
- 2) Usar técnicas de minimización en la generación de residuos contaminantes en laboratorios, clínicas y talleres.
- 3) Contratar a empresas de servicios ambientales para la disposición final de los residuos (peligrosos, no peligrosos y de manejo especial); terminar la construcción de un almacén temporal de residuos para la UASLP en general.
- 4) Implementar equipamiento, planes de contingencias (situaciones de riesgo: derrames; reacciones accidentales por mezcla de residuos incompatibles; mala disposición de sustancias y materiales

peligrosos; posible contacto de éstos con las personas, liberación no controlada de vapores; entre otros) y capacitación en el manejo de sustancias químicas.

- 5) Establecer una estructura operativa y una organización apropiada para prevenir riesgos y enfrentar contingencias en toda la universidad.
- 6) Establecer un sistema de manejo específico sobre los equipos.
- 7) Control (tratamiento) de los gases generados por experimentos.

Estos hallazgos, entre otros, hacen a la UASLP vulnerable a padecer un riesgo ambiental a causa del manejo no adecuado de SQP en sus instalaciones [Morales, 2008].

La necesidad de mejorar el manejo de SQP en las instalaciones de la universidad y los riesgos asociados a estas sustancias en caso de un accidente es significativa, por lo que en este proyecto de investigación se decidió proponer y aplicar una metodología de análisis de riesgo ambiental por manejo de SQP que permita evaluar los riesgos por accidente químico, generar medidas de prevención y/o recomendaciones que reduzcan el riesgo y optimizar el manejo de sustancias químicas en las áreas de trabajo.

A consecuencia de la complejidad de la aplicación de un análisis de riesgo y de la búsqueda de resultados favorables, se optó por realizar este análisis de riesgo ambiental por manejo de SQP sólo en la Facultad de Ingeniería, que sirvió como prueba piloto, para diagnosticar y evaluar los riesgos presentes y definir oportunidades de mejora en cuanto al manejo de sustancias químicas dentro de sus instalaciones.

En este contexto, la proyección que se tiene es que la metodología de análisis de riesgo ambiental pueda ser aplicada a las otras facultades de la UASLP.

La Facultad de Ingeniería se encuentra en la zona universitaria oeste de la UASLP, por lo que es importante ubicar a esta zona en la Ciudad de San Luis Potosí (Figura 1.1).

Posteriormente, en la Figura 1.2 se muestran las facultades que se encuentran en la zona universitaria oeste de la UASLP.

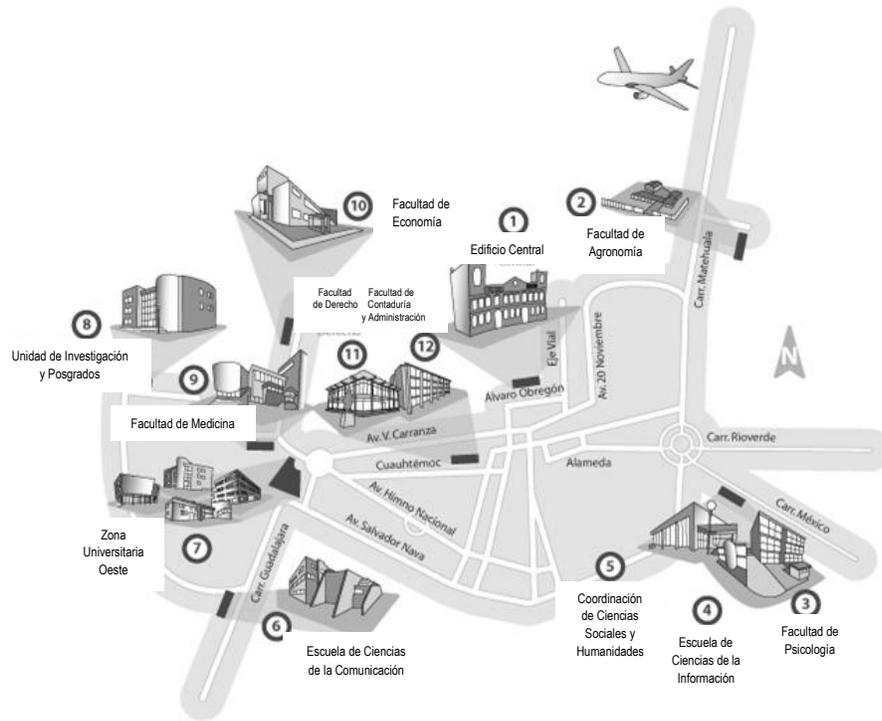


Figura 1.1 Ubicación de las zonas universitarias de la UASLP [Fuente: <http://www.uaslp.mx/>].

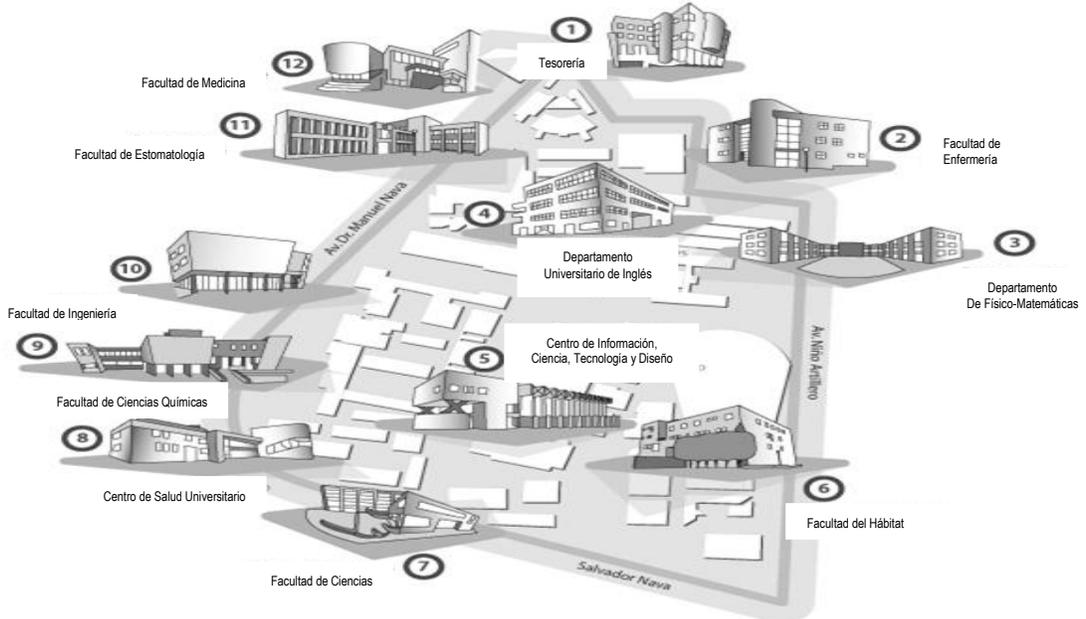


Figura 1.2 Facultades que se encuentran en la zona universitaria oeste de la UASLP

[Fuente: <http://ingenieria.uaslp.mx/>].

En la Tabla 1.1 se presenta el registro poblacional por cada entidad académica o facultad de la zona universitaria oeste de la UASLP.

Tabla 1.1 Distribución poblacional en la zona universitaria oeste de la UASLP (Ciclo escolar 2010-2011) [Fuente: Ing. Fernando Cuevas Castro, Jefe del Departamento de Admisiones de la UASLP].

Entidad Académica	Población total alumnos (Nivel Licenciatura)	Población total alumnos (Nivel Posgrado)	Personal directivo, docente, docente-investigador, administrativo, técnico y de servicio
Ciencias Químicas	1,300	86	258
Ciencias	836	93	147
Enfermería	883	35	116
Estomatología	851	54	204
Hábitat	2,470	79	268
Ingeniería	3,642	190	526
Total	9,982	537	1,519
Total			12,038

En la tabla anterior, se observa que la zona universitaria oeste cuenta con una población de 12,038 personas aproximadamente, de la cual el 36.2% (4,358 personas) corresponde a la Facultad de Ingeniería.

La Facultad de Ingeniería tiene la oferta educativa siguiente:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1) Ingeniero Agroindustrial | 6) Ingeniero en Geomática |
| 2) Ingeniero Ambiental | 7) Ingeniero en Informática |
| 3) Ingeniero Civil | 8) Ingeniero Geólogo |
| 4) Ingeniero en Electricidad y Automatización | 9) Ingeniero Mecánico |
| 5) Ingeniero en Computación | 10) Ingeniero Mecatrónico |
| | 11) Ingeniero Mecánico Administrador |

- | | |
|---|---|
| 12) Ingeniero Mecánico Electricista | 18) Posgrado en Ingeniería Eléctrica |
| 13) Ingeniero Metalurgista y de Materiales | 19) Posgrado en Computación |
| 14) Ingeniero en Topografía y Construcción | 20) Posgrado en Planeación Estratégica e Innovación |
| 15) Posgrado en Ingeniería Mecánica | 21) Posgrado en Geología Aplicada |
| 16) Posgrado en Hidrosistemas | 22) Posgrado en Ingeniería de Minerales |
| 17) Posgrado en Metalurgia e Ingeniería de Materiales | |

Los edificios que corresponden a la Facultad de Ingeniería se presentan en la Figura 1.3.

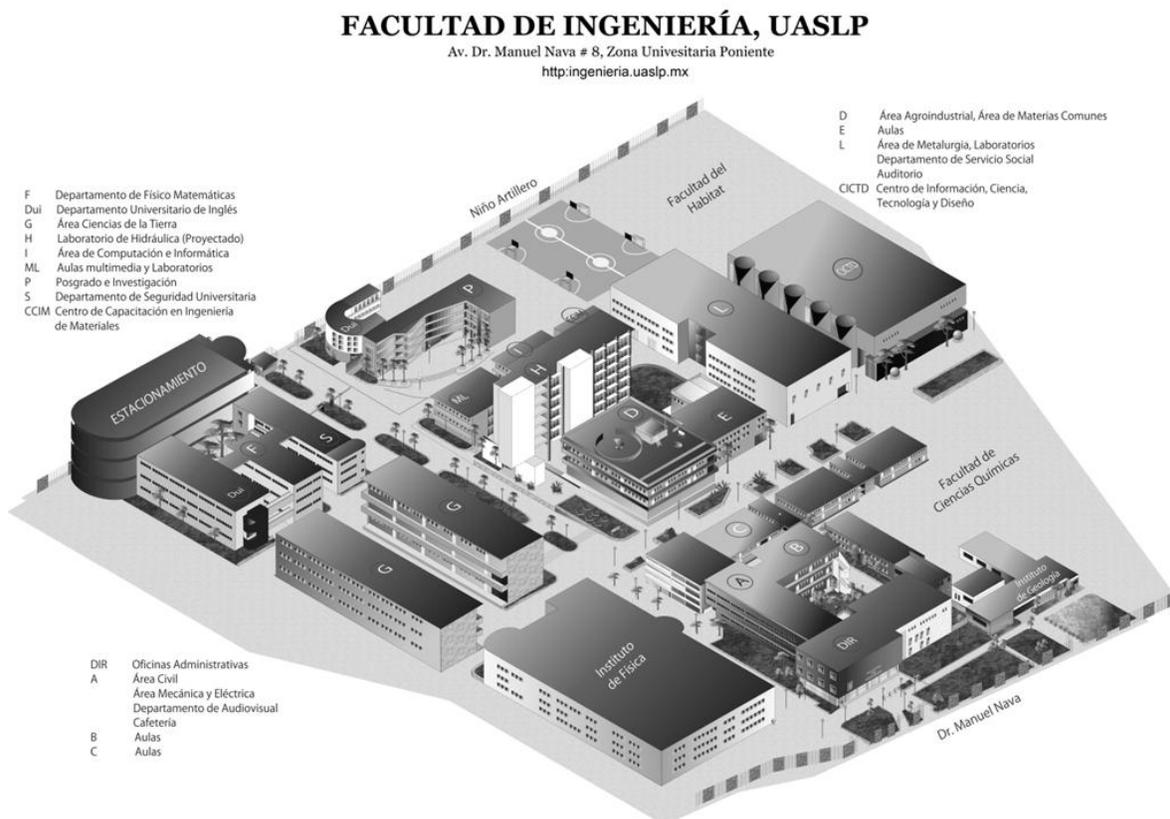


Figura 1.3 Edificios de la Facultad de Ingeniería de la UASLP

[Fuente: <http://ingenieria.uaslp.mx/>].

La Facultad de Ingeniería de la UASLP cuenta con 48 áreas de trabajo designadas a laboratorios de docencia y/o investigación (Ver Tabla 1.2). La metodología de análisis de riesgo ambiental por el manejo de SQP, propuesta en esta tesis de maestría y descrita en el Capítulo 2, fue aplicada a estas áreas de trabajo.

Tabla 1.2 Áreas de trabajo que pertenecen a la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

No.	Área Académica	Área de trabajo (laboratorio)	Ubicación
1	Agroindustrial	Electromecánica	Edificio L L-06
2	Agroindustrial	Análisis Químicos y Biológicos	Edificio L L-21
3	Agroindustrial	Procesos Alimentarios Agropecuarios	Edificio L L-22
4	Agroindustrial	Procesos No Alimentarios	Edificio L L-26
5	Agroindustrial	Análisis Agrobiológicos	Edificio L L-27
6	Ciencias de la Tierra	Análisis	Edificio D
7	Ciencias de la Tierra	Petrografía y Minerografía	Edificio G
8	Ciencias de la Tierra	Paleontología	Edificio G
9	Ciencias de la Tierra	Cristalografía y Mineralogía	Edificio G
10	Ciencias de la Tierra	LADISIG Computación Aplicada II	Edificio G
11	Civil	Ingeniería Sanitaria	Edificio D
12	Civil	Geotecnia	Edificio L L-04
13	Civil	Electromecánica	Edificio L L-09
14	Civil	Electromecánica	Edificio L L-10
15	Civil	Computación Aplicada	Edificio L L-18
16	Civil	Computación Aplicada	Edificio L L-19
17	Civil	Computación Aplicada	Edificio L L-20
18	Computación e Informática	Circuitos Impresos	Edificio L-46
19	Mecánica y Eléctrica	Procesos de Manufactura 1	Edificio B
20	Mecánica y Eléctrica	Procesos de Manufactura 2	Edificio B
21	Mecánica y Eléctrica	C.N.C.	Edificio C
22	Mecánica y Eléctrica	Diseño de Máquinas 1 y 2	Edificio C
23	Mecánica y Eléctrica	Máquinas Eléctricas	Edificio L L-01
24	Mecánica y Eléctrica	Termodinámica	Edificio L L-03
25	Mecánica y Eléctrica	Ingeniería de Métodos	Edificio L L-13
26	Mecánica y Eléctrica	Mecánica de Fluidos	Edificio L L-14
27	Mecánica y Eléctrica	Mecánica de Fluidos	Edificio L L-15
28	Mecánica y Eléctrica	Mecánica de Fluidos	Edificio L L-16
29	Mecánica y Eléctrica	Computación Aplicada	Edificio L L-23
30	Mecánica y Eléctrica	Ingeniería de Materiales	Edificio L L-41
31	Mecánica y Eléctrica	Control y Automatización	Edificio L L-43
32	Mecánica y Eléctrica	Electrónica de Potencia y Control	Edificio L L-44
33	Mecánica y Eléctrica	Circuitos	Edificio L L-45
34	Mecánica y Eléctrica	Tratamiento de Aguas Residuales	Edificio L L-47
35	Mecánica y Eléctrica	Aprovechamiento de la Energía	Edificio L L-50
36	Mecánica y Eléctrica	Calidad de Energía: Eléctrica y Control de Motores	Edificio L L-69
37	Mecánica y Eléctrica	Robótica	Edificio P
38	Metalurgia y de Materiales	Beneficio de Materiales	Edificio B
39	Metalurgia y de Materiales	Metalurgia Extractiva	Edificio L L-05
40	Metalurgia y de Materiales	Análisis de Materiales	Edificio L L-25
41	Metalurgia y de Materiales	Microscopía	Edificio L L-28
42	Metalurgia y de Materiales	Computación Aplicada	Edificio L L-29
43	Metalurgia y de Materiales	Espectrolab	Edificio L L-30
44	Metalurgia y de Materiales	Taller de Materiales	Edificio L L-33
45	Metalurgia y de Materiales	Ensayo de Pruebas de Tensión	Edificio C.C.I.M.
46	Metalurgia y de Materiales	Fundición y Vaciado	Edificio C.C.I.M.
47	Metalurgia y de Materiales	Evaluación de la Calidad	Edificio C.C.I.M.
48	Metalurgia y de Materiales	Control de Calidad del Proceso	Edificio C.C.I.M.

CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL Y METODOLOGÍA.

2.1 MARCO CONCEPTUAL PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL.

El Análisis de Riesgo es un instrumento de carácter preventivo mediante la aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas de manejo a las tareas de análisis, evaluación y control de riesgos; con el fin de proteger a la sociedad y al ambiente, anticipando la posibilidad de liberaciones accidentales de sustancias consideradas como peligrosas por sus características y evaluando su impacto potencial, de manera tal que éste pueda prevenirse o mitigarse requiriendo como mínimo el reconocimiento de posibles riesgos; la evaluación de eventos peligrosos probables y la mitigación de sus consecuencias; y la determinación de medidas apropiadas para la reducción de estos riesgos [SEMARNAT, 2007].

Existen dos enfoques distintos para llevar a cabo el Análisis de Riesgo [SRAG, 2005]:

1. El **Análisis de Riesgo Cuantitativo** emplea dos elementos fundamentales: la probabilidad de que se produzca un evento y la pérdida probable que eso debería producir. Hace uso de 'el estimado anual de costo (EAC)'; que se calcula multiplicando simplemente la pérdida potencial por la probabilidad de un evento. Los problemas de este tipo de análisis de riesgo son asociados generalmente a la falta de fiabilidad y a la inexactitud de los datos. Sin embargo, a pesar de estos inconvenientes, un gran número de organizaciones han desarrollado con éxito el análisis de riesgo cuantitativo.
2. El **Análisis de Riesgo Cualitativo** es el más ampliamente utilizado; en este tipo de análisis, la probabilidad de datos no es tan necesaria y sólo hace uso de la pérdida del potencial estimado a través de la interrelación de evaluar: las amenazas (todo aquello que pudiera ocasionar efectos adversos dentro de la organización), las vulnerabilidades (referidas a la probabilidad en la que una situación adversa es más propensa a presentarse) y los controles (medidas de prevención y/o corrección que reducen la probabilidad de que ocurra un accidente) [SRAG, 2005].

Por lo tanto, el objetivo fundamental de un análisis de riesgo es definir y proponer la adopción de un conjunto de medidas preventivas que permitan reducir o incluso evitar, los riesgos a los que están expuestos la sociedad, el medio ambiente y/o la infraestructura [SEMARNAT, 2007].

En consecuencia, el Estudio del Análisis de Riesgo Ambiental debe permitir establecer propuestas de acciones de protección al ambiente y de prevención de accidentes que pudieran producirse, tal como se pretende realizar en la aplicación de un análisis de riesgo ambiental por el manejo de sustancias químicas peligrosas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP, generando una serie de recomendaciones y medidas de prevención para el manejo de estas sustancias.

En la Figura 2.1 se muestran las etapas del marco conceptual para el análisis de riesgo ambiental que se aplicará en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

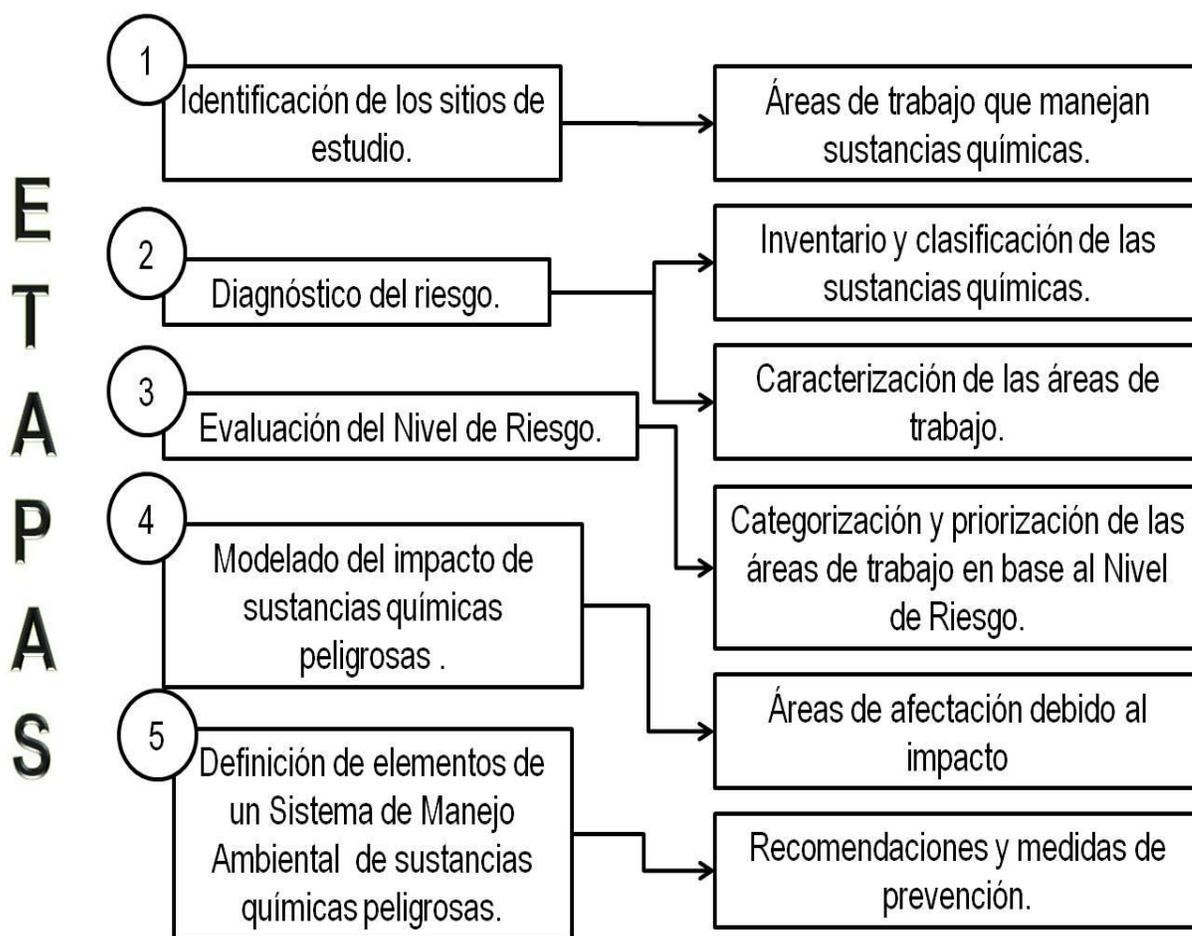


Figura 2.1 Marco conceptual para el análisis de riesgo ambiental por el manejo de sustancias químicas peligrosas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

2.2 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL.

2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO.

La primera etapa consistió en la identificación de los sitios de estudio, es decir, de las 48 áreas de trabajo¹ de la Facultad de Ingeniería (Ver Tabla 1.2), se seleccionaron solamente aquellas en las que se hace uso y/o almacenamiento de sustancias químicas peligrosas (SQP), combustibles y/o gases a presión, y que pueden implicar un riesgo a la salud, a los bienes materiales y/o al medio ambiente. Estas áreas de trabajo pasaron a la siguiente etapa de la metodología.

2.2.2 DIAGNÓSTICO DEL RIESGO.

En esta segunda etapa, el Diagnóstico de Riesgo se realizó en dos partes. En la primera se obtuvieron los inventarios de las sustancias químicas manejadas, con cantidades estimadas en un periodo semestral, en las áreas de trabajo; estas sustancias fueron clasificadas a su vez, en base a sistemas de identificación y de almacenamiento por comunidad de riesgo. La segunda parte consistió en la evaluación del manejo que se les da a las sustancias químicas en las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería.

2.2.2.1 SISTEMA PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO.

La **NOM-018-STPS-2000** de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) permite la identificación y clasificación de las sustancias químicas peligrosas en México, tomando como base al “**Diamante de Riesgo NFPA**”, establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (National Fire Protection Association) de los Estados Unidos de América; cuyo sistema se utiliza internacionalmente para comunicar los riesgos de los materiales peligrosos y mantener el uso seguro de los productos químicos [STPS, 2010].

Este sistema consiste en etiquetar a las sustancias con un “rombo” o “diamante” en el que hay 4 divisiones, asignándoles a cada uno de ellos un color que se asocia con un significado. El azul hace referencia a los riesgos para la salud; el rojo indica el peligro de inflamabilidad; el amarillo, los riesgos

¹ Las áreas de trabajo se refieren a los laboratorios de docencia y/o investigación pertenecientes a la Facultad de Ingeniería.

por reactividad (inestabilidad del producto); y el blanco define un riesgo en especial (si son oxidantes, corrosivos, reactivos con agua o radioactivos). A estas divisiones se les asigna a su vez un número que va de 0 (sin peligro) a 4 (peligro máximo), dependiendo del grado de peligrosidad de la sustancia (Ver Figura 2.2) [STPS, 2010].



Figura 2.2 Diamante de Riesgo NFPA para la identificación de sustancias químicas

[Fuente: <http://www.nfpa.org/>].

2.2.2.2 CLASIFICACIÓN DE ALMACENAMIENTO POR COMUNIDAD DE RIESGO.

La Empresa Chilena Winkler es una industria dedicada a comercializar artículos para laboratorios y reactivos químicos y ha implementado sistemas eficientes de envasado, inspecciones y controles, los cuales garantizan que la calidad de los reactivos sea la misma que la de origen [Winkler, 2010].

El **Código de Almacenamiento Winkler**, sugerido por la propia empresa, permite tener a las sustancias químicas identificadas y etiquetadas para poder almacenarlas por comunidad de riesgo, y así, evitar posibles accidentes debido a incompatibilidades entre sustancias [Winkler, 2010].

La propuesta de utilizar el Código Winkler se debe a que hace uso de los mismos colores de identificación que son establecidos en el Diamante de Riesgo de la NFPA, tales como: el rojo para

inflamables, el amarillo para oxidantes, el blanco para los corrosivos, el azul para los tóxicos y el verde para los inocuos; permitiendo almacenar las sustancias químicas en las áreas de trabajo de una manera más apropiada (Ver Figura 2.3) [Winkler, 2010].

CLASIFICACIÓN	SIGNIFICADO	CÓDIGO WINKLER
Inflamables	Área de almacenamiento de reactivos y soluciones químicas con riesgo de inflamación e incendio.	Rojo
Oxidantes	Área de almacenamiento de reactivos y soluciones químicas con riesgo de oxidación y reactividad. Son sustancias que pueden reaccionar violentamente con el aire, agua u otros productos químicos. Posibilitan la ocurrencia de incendios y los acrecientan si están presentes.	Amarillo
Corrosivas	Área de almacenamiento de reactivos y soluciones químicas con riesgo por contacto, pueden ocasionar quemaduras en la piel, ojos y membranas mucosas.	Blanco
Tóxicas o venenosas	Área de almacenamiento de reactivos y soluciones químicas con riesgo para la salud, químicamente tóxicas al ser inhaladas, ingeridas o absorbidas a través de la piel.	Azul
Inocuas	Área general de almacenamiento de reactivos y soluciones químicas. Son sustancias que no ofrecen un riesgo importante para ser clasificadas en alguno de los grupos anteriores.	Verde

Figura 2.3 Código Winkler para el almacenamiento por comunidad de riesgo de sustancias químicas [Winkler, 2010].

2.2.2.3 EVALUACIÓN MEDIANTE UNA ESCALA ESTRELLAS.

La segunda parte del Diagnóstico del Riesgo se realizó mediante la aplicación de una “Lista de verificación del riesgo” (Anexo A), basada en el Método NTP 749 que se describe en el apartado 2.2.3, a fin de conocer las condiciones en las que se lleva a cabo el manejo actual de las SQP en las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería.

La Lista de verificación del riesgo está comprendida por 33 criterios que permiten la evaluación del manejo de SQP en los campos siguientes:

- 1) Identificación y clasificación de SQP.
- 2) Almacenamiento/envasado de SQP.

- 3) Utilización/proceso de SQP.
- 4) Organización de la prevención en el uso de SQP.
- 5) Uso de Equipo de Protección y controles y dispositivos de emergencia.

Los Jefes y/o Encargados de las áreas de trabajo contestaron a la lista de verificación, dando una respuesta positiva o negativa dependiendo del cumplimiento de los requerimientos establecidos en cada uno de los criterios a evaluar. Además, en caso de dar una respuesta negativa, se califica el incumplimiento como: muy deficiente, deficiente, mejorable o aceptable, en función de los factores de riesgo presentes y de la peligrosidad de las sustancias químicas que se manejan².

Cabe señalar que la evaluación no sólo dependió de la respuesta brindada por los Jefes y/o Encargados de las áreas de trabajo, sino también del propio evaluador quien realizó el proyecto e hizo las visitas que fuesen necesarias para homologar la información dada y tener una mayor objetividad en los resultados.

A fin de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos en la lista de verificación, éstos fueron presentados de manera general mediante una escala “Estrellas”³ cuya simbología se denota:

ESCALA “ESTRELLAS”

★★★★★	Muy eficiente
★★★★	Eficiente
★★★	Regular
★★	Deficiente
★	Muy deficiente

El número de estrellas asignado a los campos evaluados en las áreas de trabajo dependió del cumplimiento de los requerimientos con los que se efectúan las diferentes actividades en las que se manejan SQP. Se les asigna estrellas con el único propósito de encontrar oportunidades de mejora en el manejo de sustancias químicas para cada área de trabajo.

² La lista de verificación proporcionó información del nivel de deficiencia global con el que se manejan SQP en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería.

³ La escala “Estrellas” se propuso a partir del Programa “Sustainability Tracking Assessment & Rating System (STARS)”, desarrollado por la Asociación para el Avance de la Sustentabilidad en la Educación Superior (AASHE) de los Estados Unidos de América, que permite evaluar a las universidades en base a su desempeño ambiental, asignándoles estrellas [Fuente: <https://stars.aashe.org/>].

2.2.3 EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO.

En esta tercera etapa se cuantificó la magnitud de riesgo para determinar el grado de peligrosidad de las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería que manejan SQP.

Dada la diversidad de métodos para evaluar la magnitud del riesgo es recomendable empezar por los más sencillos, denominados análisis preliminares.

La ventaja de estas metodologías es que con pocos recursos permiten detectar muchas situaciones de riesgo y en consecuencia, prevenirlas. Estos métodos son útiles para obtener de forma rápida y sencilla, una estimación inicial del riesgo en aspectos de seguridad y de higiene relativos al uso y manipulación de agentes químicos. El método presentado en esta tesis de maestría corresponde a estas metodologías de evaluación simplificadas [INSHT, 2007].

Si bien, la evaluación del riesgo de accidente por exposición o contacto con un agente químico puede hacerse con cualquiera de las metodologías generales existentes (por ejemplo, la "Evaluación de Riesgos Laborales" publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España, o el "Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente" publicado en el Método de Notas Técnicas de Prevención: NTP 330, o utilizar directamente el método "Evaluación matemática para control de riesgos" de William T. FINE); las mismas no cubren las exigencias de evaluación, pues para profundizar en el análisis no se pueden obviar las propiedades intrínsecas de los distintos agentes químicos a la hora de evaluar el riesgo de "accidente químico" [INSHT, 2007].

La metodología que se utilice debe permitir con la mayor objetividad posible, cuantificar la magnitud de los riesgos existentes y consecuentemente, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección. Es por eso que se propuso utilizar el **Método NTP 749: Evaluación del riesgo de accidente por agentes químicos.**

El Método NTP 749 propone utilizar una metodología que partiendo de los criterios y filosofía de las metodologías generales citadas u otras análogas, se tengan en cuenta las propiedades intrínsecas de los distintos productos con los que se trabaja [INSHT, 2007].

Esta metodología va dirigida y está especialmente recomendada para: la evaluación del riesgo de "accidente convencional" en el almacenamiento y utilización de agentes químicos, la evaluación de los riesgos denominados "accidentes mayores" y/o la estimación de sus consecuencias [INSHT, 2007].

La metodología de evaluación del riesgo de accidente químico, que seguidamente se expone, es una propuesta encaminada a facilitar la identificación de los peligros y la evaluación de los riesgos asociados al manejo de SQP en las áreas de trabajo, con el fin de generar medidas de prevención adecuadas que minimicen la probabilidad de que ocurra un accidente por estas sustancias [INSHT, 2007].

El Método NTP 749 permite categorizar la magnitud de los riesgos existentes y, en consecuencia, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección. Para ello se parte de la identificación de las deficiencias existentes en las instalaciones, equipos, procesos o tareas con SQP, obteniendo el Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO) de la situación. Enseguida, se establece la frecuencia de exposición al nivel de peligrosidad identificado y, teniendo en cuenta la magnitud esperada de las consecuencias, se evalúa el riesgo, obteniendo el Nivel de Riesgo estimado para la situación valorada⁴ [INSHT, 2007].

El Método NTP 749 evalúa el Nivel de Riesgo como el producto de tres variables [INSHT, 2007]:

$$\text{NR} = \text{NPO} \times \text{NE} \times \text{NC} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

NR = Nivel del Riesgo

NE = Nivel de Exposición

NPO = Nivel de Peligrosidad Objetiva

NC = Nivel de Consecuencias

La información que aporta este método es orientativa, y su objetivo es facilitar al evaluador la priorización de sus acciones preventivas con criterios objetivos y consecuentemente, ayudarle en su planificación preventiva [INSHT, 2007]. A continuación se describe el proceso para la estimación de cada una de las variables citadas.

Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO).

⁴ Las consecuencias normalmente esperadas habrán de ser preestablecidas por la persona que aplica la metodología.

El Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO) corresponde a la magnitud de la vinculación esperada entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente [INSHT, 2007].

El punto de partida de la evaluación debe permitir identificar las deficiencias existentes en el manejo actual que se les da a las SQP en las áreas de trabajo. Dicha evaluación se realizó en función de las calificaciones de los 33 criterios que conforman la “Lista de verificación del riesgo” (Anexo A), en la que se obtiene como resultado una calificación global del nivel de deficiencia que puede ser: muy deficiente, deficiente, mejorable o aceptable; según lo siguiente [INSHT, 2007]:

- La calificación global será **muy deficiente**, si alguno de los criterios es calificado como muy deficiente o bien si más del 50% reciben la calificación de deficiente.
- La calificación global será **deficiente**, si alguno de los criterios es calificado como deficiente o bien si más del 50% reciben la calificación de mejorable.
- La calificación global será **mejorable**, si alguno de los criterios es calificado como mejorable.
- La calificación global será **aceptable**, si se les da una respuesta afirmativa a todos los criterios de la lista de verificación.

Una vez que se tiene el resultado de la calificación global del nivel de deficiencia, se determina el valor numérico para la variable del Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO), según lo indicado en la Tabla 2.1 [INSHT, 2007].

Tabla 2.1 Determinación del Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO).

Nivel de Deficiencia	NPO	Significado
Muy Deficiente	10	Se han detectado factores de riesgo significativos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente	6	Se han detectado factores de riesgo que precisan ser corregidos. El conjunto de medidas preventivas existentes con respecto al riesgo no garantiza un control suficiente del mismo.
Mejorable	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. El conjunto de medidas preventivas existentes con respecto al riesgo admite mejoras.
Aceptable	-	No se han detectado anomalías destacables. El riesgo está controlado. Comporta tomar las medidas establecidas en el Nivel de Riesgo 1 de la Tabla 2.4

Nivel de Exposición (NE).

El Nivel de Exposición (NE) es un indicador de la frecuencia con la que se presenta la exposición a un determinado riesgo. Este nivel se puede estimar en función de los tiempos de permanencia en áreas y/o tareas en que se haya identificado el riesgo, según lo indicado en la Tabla 2.2 [INSHT, 2007].

Tabla 2.2 Determinación del Nivel de Exposición (NE).

NE	Significado
4	Continuamente o varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.
3	Varias veces en su jornada laboral en tiempos cortos.
2	Alguna vez en su jornada laboral y con periodo corto de tiempo.
1	Ocasionalmente.

Los valores numéricos asignados al Nivel de Exposición (NE) son inferiores a los del Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO), ya que si la situación de riesgo está controlada, una exposición alta no debería ocasionar el mismo Nivel de Riesgo (NR) que una deficiencia alta con exposición baja [INSHT, 2007].

Nivel de Consecuencias (NC).

El Nivel de Consecuencias (NC) comprende cuatro niveles que categorizan los daños personales previsiblemente esperados en caso de que el riesgo se materialice (Tabla 2.3) [INSHT, 2007].

Tabla 2.3 Determinación del Nivel de Consecuencias (NC).

NC	Significado
100	Uno o varios muertos.
60	Lesiones graves que pueden ser irreparables.
25	Lesiones con incapacidad transitoria.
10	Pequeñas lesiones que pueden ser tratables con primeros auxilios.

El valor numérico asignado a las consecuencias es muy superior a los del Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO) y del Nivel de Exposición (NE), ya que la ponderación de las consecuencias debe tener siempre un peso mayor en la valoración del riesgo [INSHT, 2007].

Nivel de Riesgo (NR).

El Nivel de Riesgo (NR) corresponde al producto de los valores obtenidos para las variables: Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO), Nivel de Exposición (NE) y Nivel de Consecuencias (NC), lo que permite clasificar el riesgo en cuatro niveles (Tabla 2.4) [INSHT, 2007].

Tabla 2.4 Significado de los diferentes Niveles de Riesgo (NR).

Nivel de Riesgo	NR	Significado
1	20-40	Situación de mejora. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que la eficacia de las medias actuales se mantiene. Mejorar en lo posible.
2	50-120	Situación seria. Es necesario establecer medidas de reducción del riesgo e implementarlas en un periodo determinado
3	150-500	Situación grave. Es necesario corregir y adoptar medidas de control a corto plazo.
4	600-4000	Situación crítica. Requiere de una corrección urgente.

Es importante señalar que el valor asignado a cada una de las variables depende directamente de una comparación hecha de tres fuentes de información: 1) las respuestas que dan los jefes o encargados de los laboratorios (que son los que conocen las áreas de trabajo), 2) la inspección visual que hace el evaluador (a cargo de este estudio), y 3) la documentación existente (manuales de prácticas de laboratorio, compendio de las hojas de seguridad, medidas de prevención, entre otros). Cabe aclarar que, a pesar de que podría caerse en una de las indeterminaciones del riesgo que es la subjetividad, en esta investigación se privilegió de la coherencia y la objetividad.

A partir del riesgo cuantificado se determina un Nivel de Prioridad (NP), asignando el NP= 1 al área de trabajo cuyo NR sea el valor máximo; esto indica que el riesgo es mayor y que se requiere corregir o

generar medidas de prevención inmediatas. El NP=2 se asigna al área de trabajo con el segundo NR más elevado, y así sucesivamente, hasta asignar el último valor de NP al área de trabajo cuyo NR sea el mínimo; es decir, que requiere de una atención menor, aunque deben continuar aplicándose las medidas de seguridad que ya se han venido realizando.

El Método NTP 749 satisface los requerimientos de esta tesis de maestría, pues permitió jerarquizar a los sitios de estudio en base a la peligrosidad o nivel de riesgo, y así, priorizarlos para generar las medidas de prevención y/o corrección necesarias para minimizar el riesgo por el manejo de sustancias químicas peligrosas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

2.2.4 MODELADO DEL IMPACTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS.

En esta cuarta etapa se identificaron las SQP que representan un riesgo ambiental debido a su grado de peligrosidad y/o por la cantidad manejada en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería.

Se construyó una matriz de riesgo en la que se describen las características, los riesgos asociados y las medidas de prevención relacionados al manejo de las SQP identificadas. Estas sustancias fueron seleccionadas para estimar el impacto generado en caso de un accidente.

El modelado del impacto se hizo mediante el uso de software especializados, cuya descripción se realiza en el *Capítulo 4. Modelado de escenarios: impacto de sustancias químicas inflamables-explosivas (gas LP y acetileno)*. Los resultados obtenidos en el modelado permitieron identificar las zonas de riesgo y de amortiguamiento para cada situación, visualizando estas áreas de afectación a través de mapas apoyados en el Sistema de Información Geográfica ArcGis.

2.2.5 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MANEJO AMBIENTAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.

En esta última etapa se generaron las recomendaciones y medidas de prevención pertinentes para integrar los elementos de un Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas para la

Facultad de Ingeniería de la UASLP, a fin de reducir la probabilidad de que ocurra un accidente y minimizar los riesgos a los que está expuesto el ambiente universitario de esta dependencia.

Los elementos definidos están basados en: leyes, normas, reglamentos, especificaciones y disposiciones tanto ambientales, como laborales, vigentes en materias de riesgo y prevención de accidentes; así como en las medidas administrativas, operativas y de control, y en la experiencia del propio evaluador.

De igual manera, se definen los actores que deben participar en la implementación del Sistema, a fin de mejorar el correspondiente desempeño ambiental de las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.

3.1 ÁREAS DE TRABAJO EN LAS QUE SE MANEJAN SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS.

La primera etapa de la metodología del análisis de riesgo ambiental consistió en identificar las áreas de trabajo (sitios de estudio) en donde se hace uso y/o almacenamiento de sustancias químicas, combustibles y/o gases a presión. Esta información fue proporcionada por la Secretaria de la Subcomisión Mixta de Seguridad e Higiene en conjunto con el Área Administrativa de la Facultad de Ingeniería. Los sitios de estudio identificados se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería que manejan sustancias químicas, combustibles y/o gases a presión.

No.	Área Académica	Área de trabajo (laboratorios)	Ubicación	Utiliza reactivos químicos	Utiliza combustible y/o gas a presión
1	Metalurgia y Materiales	Beneficio de Materiales	Edificio B	No	Sí
2	Mecánica y Eléctrica	Procesos de Manufactura II	Edificio B	No	Sí
3	Metalurgia y de Materiales	Fundición y Vaciado	Edificio C.C.I.M.	Sí	Sí
4	Metalurgia y de Materiales	Evaluación de la Calidad	Edificio C.C.I.M.	Sí	No
5	Metalurgia y de Materiales	Control de Calidad del Proceso	Edificio C.C.I.M.	Sí	Sí
6	Civil	Ingeniería Sanitaria	Edificio D	Sí	No
7	Ciencias de la Tierra	Análisis	Edificio D	Sí	Sí
8	Ciencias de la Tierra	Petrografía y Minerografía	Edificio G	Sí	No
9	Ciencias de la Tierra	Paleontología	Edificio G	Sí	No
10	Mecánica y Eléctrica	Termodinámica	Edificio L L-03	No	Sí
11	Metalurgia y de Materiales	Metalurgia Extractiva	Edificio L L-05	Sí	No
12	Agroindustrial	Análisis Químicos y Biológicos	Edificio L L-21	Sí	Sí
13	Agroindustrial	Procesos Alimentarios Agropecuarios	Edificio L L-22	Sí	Sí
14	Metalurgia y de Materiales	Análisis de Materiales	Edificio L L-25	Sí	Sí
15	Agroindustrial	Procesos No Alimentarios	Edificio L L-26	Sí	No
16	Agroindustrial	Análisis Agrobiológicos	Edificio L L-27	Sí	Sí
17	Metalurgia y de Materiales	Microscopía	Edificio L L-28	Sí	Sí
18	Metalurgia y de Materiales	Taller de Materiales	Edificio L L-33	Sí	No
19	Mecánica y Eléctrica	Tratamiento de Aguas Residuales	Edificio L L-47	Sí	No

La Facultad de Ingeniería de la UASLP cuenta con 48 áreas de trabajo (Ver Tabla 1.2) de las cuales sólo 19 son las que manejan sustancias químicas, combustibles y/o gases a presión (tabla anterior), cuya ubicación dentro de la Facultad se muestra en la Figura 3.1.

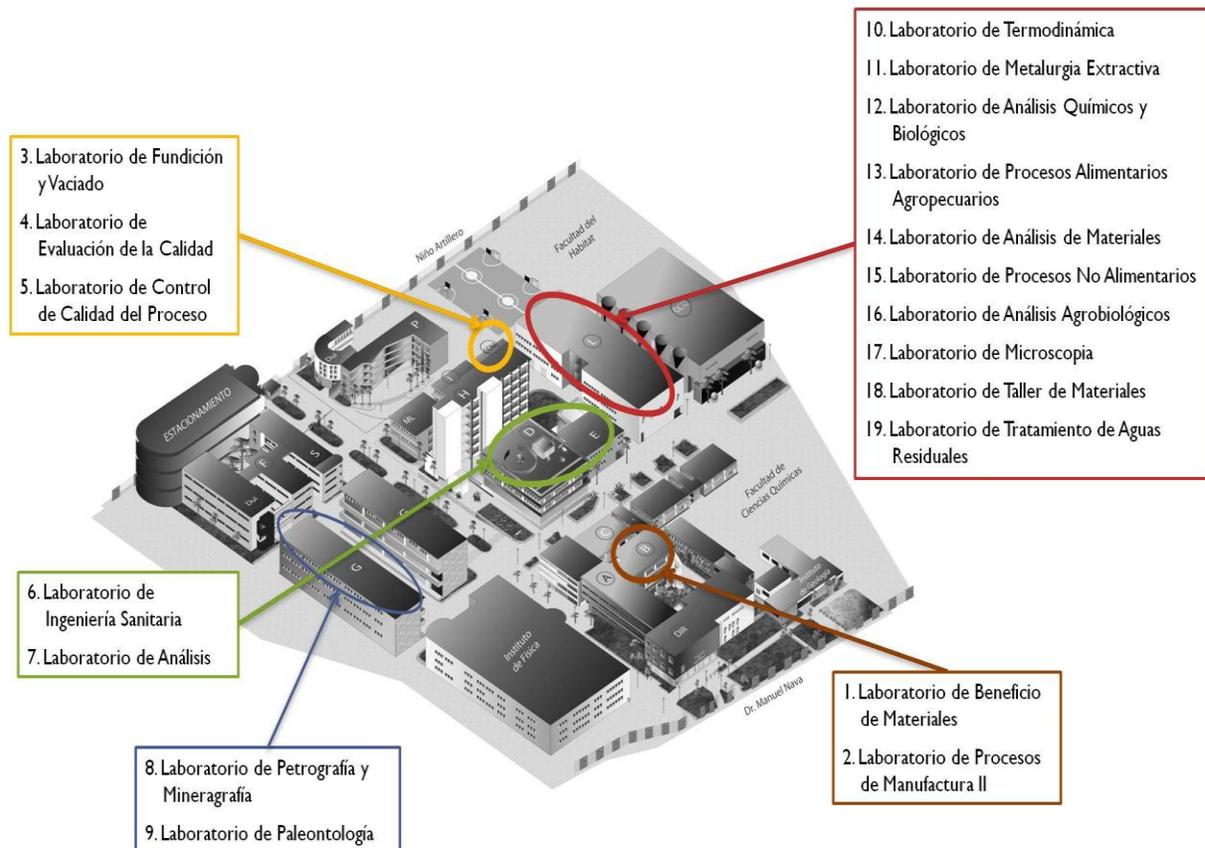


Figura 3.1 Ubicación de las áreas de trabajo (sitios de estudio) en la Facultad de Ingeniería de la UASLP [Fuente: <http://ingenieria.uaslp.mx>].

3.2 BASE DE DATOS DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS.

En las 19 áreas de trabajo se obtuvieron los inventarios de sustancias químicas manejadas con cantidades estimadas en un periodo semestral. Las sustancias registradas fueron clasificadas en base al tipo y grado de riesgo mediante el Diamante de riesgo NFPA (estipulado en la NOM-018-STPS-2000) y el almacenamiento por comunidad de riesgo a través del Código Winkler.

Las áreas de trabajo, en las que se realizaron los inventarios, se citan a continuación:

- Laboratorio de Beneficio de Materiales (Anexo B.1)
- Laboratorio de Procesos de Manufactura II (Anexo B.2)
- Laboratorio de Control de Calidad del Proceso (Anexo B.3)
- Laboratorio de Fundición y Vaciado (Anexo B.4)
- Laboratorio de Análisis (Anexo B.5)
- Laboratorio de Termodinámica (Anexo B.6)
- Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (Anexo B.7)
- Laboratorio de Petrografía y Mineragrafía (Anexo B.8)
- Laboratorio de Paleontología (Anexo B.9)
- Laboratorio de Metalurgia Extractiva (Anexo B.10)
- Laboratorio de Evaluación de la Calidad (Anexo B.11)
- Laboratorio de Análisis Químicos y Biológicos (Anexo B.12)
- Laboratorio de Procesos Alimentarios Agropecuarios (Anexo B.13)
- Laboratorio de Análisis de Materiales (Anexo B.14)
- Laboratorio de Procesos No Alimentarios (Anexo B.15)
- Laboratorio de Análisis Agrobiológicos (Anexo B.16)
- Laboratorio de Microscopía (Anexo B.17)
- Laboratorio de Taller de Materiales (Anexo B.18)
- Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales (Anexo B.19)

En los inventarios se tiene información de qué sustancias químicas están presentes y en qué cantidades existen en las áreas de trabajo (laboratorio), permitiendo conocer las condiciones de riesgo que podrían presentarse por el manejo de estas sustancias en las instalaciones.

3.3 MANEJO ACTUAL DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS EN LAS ÁREAS DE TRABAJO.

A fin de conocer el manejo actual de las sustancias químicas en las 19 áreas de trabajo, así como las condiciones en las que se trabaja en cada una de ellas, se aplicó la Lista de verificación del riesgo

(Anexo A), basada en el Método “NTP 749: Evaluación del riesgo de accidentes por agentes químicos”, la cual consta de campos siguientes:

- Campo 1. Identificación y clasificación de SQP (ID-CLAS).
- Campo 2. Almacenamiento/envasado de SQP (ALM).
- Campo 3. Utilización/proceso de SQP (USO).
- Campo 4. Organización de la Prevención en el uso de SQP (ORG).
- Campo 5. Uso de equipo de protección y controles y dispositivos de emergencias (EPP).

A su vez, la Lista de verificación del riesgo está comprendida por 33 criterios distribuidos entre los campos mencionados anteriormente y que son calificados como aceptables, mejorables, deficientes o muy deficientes, dependiendo de las condiciones en las que se lleva a cabo el manejo de sustancias químicas¹.

Los resultados obtenidos para cada área de trabajo se muestran en la Tabla 3.2 y en la Figura 3.2 se muestra el comportamiento general de los rubros de evaluación contra los campos de evaluación.

Posteriormente, los resultados de la evaluación del manejo que se les da a las SQP en cada área de trabajo se muestran en la Tabla 3.3 mediante la Escala “Estrellas”, descrita en el apartado 2.2.2.3 *Evaluación mediante una Escala Estrellas*. Se presentan de esta manera para facilitar la interpretación de los resultados y encontrar oportunidades de mejora en las áreas de trabajo para los diferentes campos de evaluación. Las recomendaciones y medidas de seguridad para la mejora del manejo de SQP en las áreas de trabajo se presentan en el capítulo 5.

¹Los Jefes y/o Encargados de los laboratorios fueron quienes dieron respuesta a esta Lista de verificación del riesgo, pero también, el propio evaluador (quien realiza el proyecto) intervino para homologar la información y tener una mayor objetividad en los resultados.

Tabla 3.2 Resultados obtenidos en la aplicación de la Lista de verificación del riesgo para las áreas de trabajo.

ÁREAS DE TRABAJO	CAMPOS DE EVALUACIÓN																																	
	CAMPO 1: ID-CLAS					CAMPO 2: ALM					CAMPO 3: USO										CAMPO 4: ORG							CAMPO 5: EPP						
	NÚMERO DE CRITERIOS A EVALUAR																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
B Laboratorio de Beneficio de Materiales	SI	M	M	D	A	D	D	NA	A	A	A	MD	NA	MD	NA	NA	A	MD	M	NA	NA	A	A	D	MD	A	MD	MD	A	MD	A	NA	D	
B Laboratorio de Procesos de Manufactura II	SI	A	A	D	M	D	MD	M	M	A	MD	D	NA	MD	NA	A	A	D	D	NA	D	M	M	M	M	M	M	NA	NA	M	MD	A	NA	D
C.C.I.M. Laboratorio de Control de Calidad del Proceso	SI	A	A	A	A	D	D	D	M	A	A	MD	A	MD	D	A	A	MD	D	MD	A	M	M	M	M	M	M	M	D	M	D	M	A	A
C.C.I.M. Laboratorio de Evaluación de la Calidad	SI	A	A	A	A	D	D	A	M	A	A	MD	A	MD	D	A	A	MD	D	MD	A	M	M	M	M	M	M	M	D	M	D	A	D	A
C.C.I.M. Laboratorio de Fundición y Vaciado	SI	D	D	NA	D	D	A	NA	NA	M	A	MD	NA	MD	D	A	A	MD	D	NA	A	M	M	D	D	A	NA	MD	M	D	A	D	A	
D Laboratorio de Análisis	SI	A	A	M	M	D	MD	NA	M	A	A	D	A	MD	MD	A	A	MD	MD	D	A	A	A	D	D	D	D	MD	A	MD	A	A	D	
D Laboratorio de Ingeniería Sanitaria	SI	A	A	NA	A	M	A	A	A	M	A	A	A	D	D	A	NA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	D	A	A	A	
G Laboratorio de Petrografía y Minerografía	SI	A	A	NA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	NA	NA	A	A	NA	A	NA	NA	A	A	A	NA	NA	NA	NA	A	A	A	A	A	
G Laboratorio de Paleontología	SI	A	A	NA	A	M	M	A	A	A	A	A	A	NA	NA	A	A	NA	NA	NA	NA	A	A	A	A	A	NA	M	A	A	A	A	A	
L-03 Laboratorio de Termodinámica	SI	A	A	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	A	A	NA	NA	NA	NA	NA	NA	A	NA	A	A	NA	A	A									
L-05 Laboratorio de Metalurgia Extractiva	SI	M	M	M	MD	M	D	A	A	A	M	A	A	NA	D	A	A	MD	A	A	A	A	M	MD	MD	A	A	A	A	A	A	A	A	
L-21 Laboratorio de Análisis Químicos y Biológicos	SI	A	A	M	A	M	MD	M	MD	A	M	A	A	MD	MD	A	A	MD	MD	MD	A	A	A	A	A	MD	M	M	A	MD	M	A	D	
L-22 Laboratorio de Procesos Alimentarios Agropecuarios	SI	A	A	A	M	A	M	A	M	A	A	A	A	D	D	A	A	M	NA	NA	A	A	A	A	D	NA	D	D	A	A	A	M	A	
L-25 Laboratorio de Análisis de Materiales	SI	A	A	A	A	A	M	A	A	A	A	M	A	MD	MD	A	A	D	A	M	A	A	A	A	D	MD	A	MD	A	MD	A	A	D	
L-26 Laboratorio de Procesos No Alimentarios	SI	M	M	NA	D	M	M	NA	M	NA	D	D	NA	M	D	D	D	M	NA	NA	NA	A	D	A	NA	M								
L-27 Laboratorio de Análisis Agrobiológicos	SI	A	A	NA	A	M	A	NA	NA	NA	A	A	A	D	D	A	A	NA	NA	NA	A	A	A	A	D	NA	D	D	A	D	A	A	M	
L-28 Laboratorio de Microscopia	SI	A	A	NA	A	A	M	A	A	A	A	M	A	NA	NA	A	A	NA	NA	M	NA	A	A	A	M	NA	A	M	A	M	A	M	M	
L-33 Laboratorio de Taller de Materiales	SI	A	A	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	A	A	NA	NA	NA	NA	NA	A	NA	A	A	NA	A	A	A									
L-47 Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales	SI	MD	D	NA	D	MD	M	M	M	A	MD	MD	A	MD	MD	A	M	D	M	D	A	M	M	D	MD	D	D	MD	A	D	M	M	D	

Rubros de Evaluación: Aceptable (A), Mejorable (M), Deficiente (D), Muy Deficiente (MD) y No Aplica (NA).

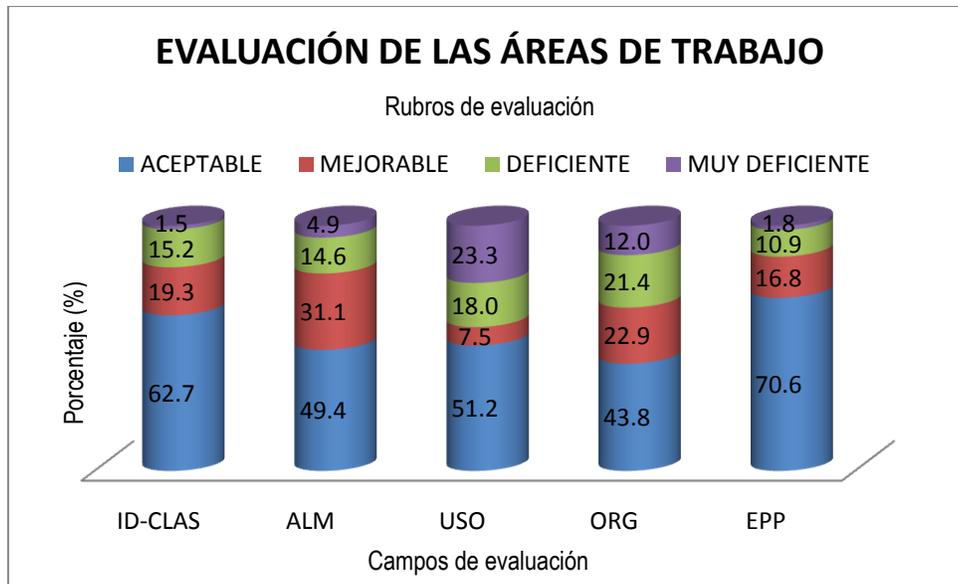


Figura 3.2 Comportamiento general de los rubros de evaluación contra los campos de evaluación para las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería [Fuente: elaboración propia].

Tal como se muestra en la figura anterior, la mayor deficiencia (23.3%) se encuentra en el Campo de Evaluación 3 (USO), que corresponde a la Utilización/Proceso de SQP en las áreas de trabajo. Esto se debe principalmente a que dentro de los laboratorios las instalaciones eléctricas no son adecuadas para el uso de SQP manejadas (productos corrosivos y explosivos), tampoco se cuentan con sistemas de detección (alarmas) de condiciones inseguras, ni con una buena ventilación al operar con SQP que desprenden gases, vapores o polvos. Además, existen cantidades superiores a las necesarias para llevar a cabo las prácticas de laboratorio, por lo tanto es requerido mejorar en la gestión de compras de reactivos químicos.

El Campo de Evaluación 4 (ORG), que corresponde a la Organización de la Prevención en el Uso de SQP, muestra un 12% de muy deficiente, esto se adjudica a que en las áreas de trabajo no se cuentan con Planes de Manejo de SQP, Planes de Manejo de Residuos y Planes de Contingencias, por lo que es importante integrarlos para tener un mayor control y seguridad en el manejo de SQP en las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

En los Campos 1 (ID-CLAS), 2 (ALM) y 5 (EPP), que corresponden a la Identificación, Almacenamiento y Equipos de Protección Personal, respectivamente; se puede observar que son las áreas en donde más se han hecho esfuerzos para la mejora del manejo de SQP en las áreas de trabajo de la Facultad.

Tabla 3.3 Evaluación del manejo actual de las sustancias químicas en las áreas de trabajo en base a la escala Estrellas.

ÁREAS DE TRABAJO	CAMPO 1 (ID-CLAS)	CAMPO 2 (ALM)	CAMPO 3 (USO)	CAMPO 4 (ORG)	CAMPO 5 (EPP)
B Laboratorio de Beneficio de Materiales	★★	★★	★	★	★★★★
B Laboratorio de Procesos de Manufactura II	★★	★	★	★	★★
C.C.I.M. Laboratorio de Control de Calidad del Proceso	★★★★★	★★	★	★★	★★★★
C.C.I.M. Laboratorio de Evaluación de la Calidad	★★★★★	★★	★	★★	★★
C.C.I.M. Laboratorio de Fundición y Vaciado	★★	★★	★	★	★★
D Laboratorio de Análisis	★★★★	★	★	★	★★
D Laboratorio de Ingeniería Sanitaria	★★★★★	★★★★	★★	★★	★★★★★
G Laboratorio de Petrografía y Minerografía	★★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
G Laboratorio de Paleontología	★★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
L-03 Laboratorio de Termodinámica	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
L-05 Laboratorio de Metalurgia Extractiva	★	★★	★	★	★★★★★
L-21 Laboratorio de Análisis Químicos y Biológicos	★★	★	★	★	★★
L-22 Laboratorio de Procesos Alimentarios Agropecuarios	★★★★	★★★★	★★	★★	★★★★
L-25 Laboratorio de Análisis de Materiales	★★★★★	★★★★	★	★	★★
L-26 Laboratorio de Procesos No Alimentarios	★★	★★★★	★★	★★	★★★★
L-27 Laboratorio de Análisis Agrobiológicos	★★★★★	★★★★	★★	★★	★★★★
L-28 Laboratorio de Microscopía	★★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
L-33 Laboratorio de Taller de Materiales	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
L-47 Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales	★	★	★	★	★★

★★★★★ Muy eficiente, ★★★★ Eficiente, ★★★ Regular, ★★ Deficiente, ★ Muy deficiente.

Los campos de evaluación mejores calificados en base a Estrellas corresponden al Campo 1. Identificación y clasificación de las SQP y al Campo 5. Uso de Equipos de Protección y controles y dispositivos de emergencias (EPP), esto se debe a que la mayoría de las áreas de trabajo han identificado y clasificado las sustancias químicas en base al riesgo con el que se les asocia. Además, cuentan con equipos de protección personal (guantes, cubre bocas, lentes, mascarillas, entre otros), regaderas, fuentes lavajos y señalizaciones de rutas de evacuación. Los Encargados y/o Jefes de laboratorio han dado una mayor atención en contar con estas medidas e instrumentos para prevenir accidentes.

Tal como fue discutido en la Figura 3.2, la tabla anterior muestra que el Campo 3. Utilización/proceso de SQP es el que tiene mayores oportunidades de mejora, asignándole una menor cantidad de estrellas y siendo 10 laboratorios calificados con 1 sola que denota que el manejo es muy deficiente.

A las áreas de trabajo que se les asignaron de 3 a 4 estrellas en los distintos campos se debe a que utilizan muy pocas sustancias químicas (no más de 10) y con cantidades mínimas (no más de 1L), lo que hace tener un mayor control sobre el manejo de estas sustancias, si se compara con las áreas que manejan una mayor cantidad y en volúmenes superiores a los anteriormente mencionados.

El área de trabajo con mayores oportunidades de mejora es el Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales, ya que no se tiene un control sobre qué sustancias químicas están presentes y en qué cantidades. Además, las sustancias químicas no están debidamente clasificadas, ni almacenadas por comunidad de riesgo. En el laboratorio se tienen reactivos inactivos (caducos) a los cuales no se les da ningún uso, ni tampoco han sido desechados; y se mantienen algunos residuos que tampoco se les ha dado ningún tratamiento o disposición final.

Cabe señalar que las oportunidades de mejora descritas en el párrafo anterior también las presentan otras áreas de trabajo, pero no son tan significativas como lo son para el Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales.

En general, las oportunidades de mejora que son compartidas para la mayoría de las áreas de trabajo son las que fueron descritas para los Campos de Evaluación 3 y 4.

3.4 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO EN LAS ÁREAS DE TRABAJO.

Para determinar el Nivel de Riesgo (NR) en las áreas de trabajo se aplicó el Método “NTP 749: Evaluación del riesgo de accidentes por agentes químicos” descrito en el apartado 2.2.3 *Método NTP 749: Evaluación del riesgo de accidente por agentes químicos*, la cual permitió cuantificar el riesgo a partir de la Ecuación 2.1.

La Lista de verificación del riesgo (Anexo A) y la evaluación de las áreas de trabajo en base a una escala Estrellas permitieron establecer un nivel de deficiencia global (ND) en el manejo actual que se les da a las SQP en cada área de trabajo, con los niveles de deficiencia establecidos se asignó el valor para la variable del Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO) en base a lo indicado la Tabla 2.1.

Los valores para las variables del Nivel de Exposición (NE) y del Nivel de Consecuencias (NC) fueron asignados en base a lo que se indica en las Tablas 2.2 y 2.3, respectivamente; dependiendo de qué tan frecuente se encuentran las personas expuestas a las SQP que existen en los laboratorios y de cuáles serían las consecuencias (más graves) en caso de que ocurriera un accidente.

El producto de los valores de cada una de las variables: Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO), Nivel de Exposición (NE) y Nivel de Consecuencias (NC), permitió obtener un resultado numérico el cual se compara con la escala establecida en la Tabla 2.4, y se define un Nivel de Riesgo (NR) para el área de trabajo que ha sido evaluada.

En la Tabla 3.4 se muestra el valor establecido para cada una de las variables: Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO), Nivel de Exposición (NE) y Nivel de Consecuencias (NC); el producto de ellas y el Nivel de Riesgo (NR) asignado para cada área de trabajo.

Es importante señalar que el valor asignado a cada una de las variables depende directamente de una comparación hecha de tres fuentes de información: 1) Las respuestas que dan los jefes o encargados de los laboratorios (que son los que conocen las áreas de trabajo); 2) La inspección visual que hace el evaluador (a cargo de este estudio); y 3) La documentación existente (manuales de prácticas de laboratorio, compendio de las hojas de seguridad, medidas de prevención, entre otros).

Cabe aclarar que, a pesar de que podría caerse en una de las indeterminaciones del riesgo que es la subjetividad, en esta investigación se privilegió de la coherencia y la objetividad.

Tabla 3.4 Resultados del cálculo del Nivel de Riesgo en las áreas de trabajo.

No.	ÁREAS DE TRABAJO	VALORES DE LAS VARIABLES			TOTAL	Nivel de Riesgo NR
		NPO	NE	NC	NPO * NE * NC	
1	B Laboratorio de Beneficio de Materiales	10	2	100	2000	4
2	B Laboratorio de Procesos de Manufactura II	10	4	100	4000	4
3	C.C.I.M. Laboratorio de Control de Calidad del Proceso	10	2	10	200	3
4	C.C.I.M. Laboratorio de Evaluación de la Calidad	10	1	25	250	3
5	C.C.I.M. Laboratorio de Fundición y Vaciado	10	2	60	1200	4
6	D Laboratorio de Análisis	10	2	60	1200	4
7	D Laboratorio de Ingeniería Sanitaria	6	1	10	60	2
8	G Laboratorio de Petrografía y Minerografía	2	1	10	20	1
9	G Laboratorio de Paleontología	-	2	10	20	1
10	L-03 Laboratorio de Termodinámica	-	2	10	20	1
11	L-05 Laboratorio de Metalurgia Extractiva	10	2	10	200	3
12	L-21 Laboratorio de Análisis Químicos y Biológicos	10	2	25	500	3
13	L-22 Laboratorio de Procesos Alimentarios Agropecuarios	6	1	10	60	2
14	L-25 Laboratorio de Análisis de Materiales	10	3	60	1800	4
15	L-26 Laboratorio de Procesos No Alimentarios	2	2	10	40	1
16	L-27 Laboratorio de Análisis Agrobiológicos	6	1	10	60	2
17	L-28 Laboratorio de Microscopía	2	2	10	40	1
18	L-33 Laboratorio de Taller de Materiales	-	2	10	20	1
19	L-47 Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales	10	1	25	250	3

Tal como se muestra en la tabla anterior, la mayoría de las áreas de trabajo (10 de 19) tienen el valor máximo de la variable Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO) debido a que en el manejo actual de las SQP en los laboratorios se detectaron niveles de deficiencia significativos con oportunidades de mejora a partir de la aplicación de la Lista de verificación del riesgo (Anexo A) y la evaluación de escala Estrellas.

El valor del Nivel de Exposición (NE) varía para las áreas de trabajo, esto se debe a que depende de la frecuencia con la que se realizan las prácticas de laboratorio y si se hace uso de sustancias químicas, combustibles y/o gases a presión en ellas. De igual manera, se consideró la frecuencia con la que las personas están expuestas a alguna SQP que esté almacenada en el área de trabajo.

Los valores máximos (60 y 100) del Nivel de Consecuencias (NC) fueron asignados a las áreas de trabajo que almacenan sustancias químicas altamente inflamables-explosivas (gas LP y acetileno) que provocarían una situación adversa catastrófica en caso de un accidente asociado al manejo de estas sustancias. Por ende, se estableció el máximo Nivel de Riesgo (NR=4) a estas áreas de trabajo consideradas como las zonas de mayor riesgo², ya que requieren de una atención inmediata para implementar medidas de prevención que minimicen riesgos por el manejo de SQP.

Asimismo, los Niveles de Riesgo 1, 2 y 3 se determinaron en base al producto obtenido de las variables: Nivel de Peligrosidad Objetiva (NPO), Nivel de Exposición (NE) y Nivel de Consecuencias (NC) para cada área de trabajo; esto permite hacer una clasificación de las áreas de trabajo en base al Nivel de Riesgo (NR) cuantificado (Tabla 3.5).

En la Tabla 3.5 se puede observar que 5 áreas de trabajo corresponden a una situación crítica (Nivel de Riesgo tipo 4), 5 áreas se encuentran en una situación grave (Nivel de Riesgo tipo 3), 3 pertenecen a una situación seria (Nivel de Riesgo tipo 2) y 6 a una situación mejorable (Nivel de Riesgo tipo 1).

²Se hace referencia a las zonas de alto riesgo como aquellas en las que el impacto sería más significativo si se llegara a presentar un accidente, y no refiriéndose como las más vulnerables, es decir, que la probabilidad de que ocurra un accidente en esas áreas sea mayor.

Tabla 3.5 Clasificación de las áreas de trabajo en base a su Nivel de Riesgo.

Nivel 1 – Situación de Mejora	Nivel 2 – Situación Seria
G Laboratorio de Petrografía y Minerografía G Laboratorio de Paleontología L-03 Laboratorio de Termodinámica L-26 Laboratorio de Procesos No Alimentarios L-28 Laboratorio de Microscopia L-33 Laboratorio de Taller de Materiales	D Laboratorio de Ingeniería Sanitaria L-22 Laboratorio de Procesos Alimentarios Agropecuarios L-27 Laboratorio De Análisis Agrobiológicos
Nivel 3 – Situación Grave	Nivel 4 – Situación Crítica
C.C.I.M. Laboratorio de Control de Calidad del Proceso C.C.I.M. Laboratorio de Evaluación de la Calidad L-05 Laboratorio de Metalurgia Extractiva L-21 Laboratorio de Análisis Químicos y Biológicos L-47 Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales	B Laboratorio de Beneficio de Materiales B Laboratorio de Procesos de Manufactura II C.C.I.M. Laboratorio de Fundición y Vaciado D Laboratorio de Análisis L-25 Laboratorio de Análisis de Materiales

3.5 PRIORIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO EN BASE AL NIVEL DE RIESGO.

Una vez que el Nivel de Riesgo (NR) fue determinado para cada área de trabajo, el Método NTP 749 también permite establecer Niveles de Prioridad (NP) asignando el NP=1 al área de trabajo cuyo NR fue el valor máximo; esto indica que el riesgo es mayor y que se requiere corregir o generar medidas de prevención inmediatas. El NP=2 se asigna al área de trabajo con el segundo NR más elevado, y así sucesivamente, hasta asignar el último valor de NP al área de trabajo cuyo NR fue el mínimo; es decir, que requiere de una atención menor, aunque deben continuar aplicándose las medidas de seguridad que ya se han venido realizando. El Nivel de Priorización (NP) asignado a las áreas de trabajo se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Nivel de Priorización de las áreas de trabajo en base a al Nivel de Riesgo cuantificado.

No.	ÁREAS DE TRABAJO	TOTAL	NR	NP
1	B Laboratorio de Procesos de Manufactura II	4000	4	1
2	B Laboratorio de Beneficio de Materiales	2000	4	2
3	L-25 Laboratorio de Análisis de Materiales	1800	4	3
4	C.C.I.M. Laboratorio de Fundición y Vaciado	1200	4	4
5	D Laboratorio de Análisis	1200	4	4
6	L-21 Laboratorio de Análisis Químicos y Biológicos	500	3	5
7	C.C.I.M. Laboratorio de Evaluación de la Calidad	250	3	6
8	L-47 Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales	250	3	6
9	L-05 Laboratorio de Metalurgia Extractiva	200	3	7
10	C.C.I.M. Laboratorio de Control de Calidad del Proceso	200	3	7
11	D Laboratorio de Ingeniería Sanitaria	60	2	8
12	L-27 Laboratorio de Análisis Agrobiológicos	60	2	8
13	L-22 Laboratorio de Procesos Alimentarios Agropecuarios	60	2	8
14	L-28 Laboratorio de Microscopía	40	1	9
15	L-26 Laboratorio de Procesos No Alimentarios	40	1	9
16	G Laboratorio de Petrografía y Minerografía	20	1	10
17	G Laboratorio de Paleontología	20	1	10
18	L-03 Laboratorio de Termodinámica	20	1	10
19	L-33 Laboratorio de Taller de Materiales	20	1	10

Tal como se muestra en la tabla anterior, las áreas de trabajo que tienen un mayor nivel de riesgo (NR=4) y nivel de prioridad significativo (NP de 1 a 4) se debe a que hacen uso de sustancias químicas altamente explosivas (gas LP y acetileno) en cantidades importantes y en condiciones de manejo mejorables, representando un riesgo ambiental en el que se podrían ver afectados la integridad humana, los bienes materiales y el ambiente de esta dependencia universitaria.

Las áreas de trabajo que tienen un menor nivel de riesgo (NR=1) y niveles de prioridad poco significativos (NP de 9 a 10) se debe a que hacen uso de pocas sustancias químicas (máximo 10) con cantidades mínimas (manejadas en ml) y cuya probabilidad de representar un riesgo potencial es casi nula.

La mayoría de las sustancias químicas manejadas en las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería son consideradas como peligrosas y aunque se manejen en cantidades menores para ser consideradas como de alto riesgo, no deben subestimarse, pues algunas tienen propiedades que pueden maximizar el impacto ocasionado por un accidente (explosión, incendio, fuga...) o bien, pueden implicar riesgos laborales en los que la integridad de las personas también podría verse afectada.

En comparación con lo descrito anteriormente, el gas LP y el acetileno son las únicas que representan un riesgo ambiental debido a que son sustancias químicas que provocan reacciones violentas, daños ambientales irreversibles y situaciones incontrolables en caso de una explosión y/o incendio; además, las cantidades que se manejan en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP son más significativas que las de las otras sustancias. Por lo que, el modelado de los escenarios de riesgo debido al impacto ocasionado por estos dos gases en un accidente se presenta en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 4. MODELADO DE ESCENARIOS: IMPACTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS INFLAMABLES-EXPLOSIVAS (GAS LP Y ACETILENO).

4.1. MODELO DE SIMULACIÓN: SCRI-FUEGO.

En el Capítulo 3 se presentaron los resultados obtenidos de la evaluación del Nivel de Riesgo (NR) en las áreas de trabajo que pertenecen a la Facultad de Ingeniería y se observó que aquellas identificadas como las zonas de mayor riesgo (NR=4) con los primeros niveles de prioridad (NP de 1 a 4) tienen la característica en común de manejar sustancias químicas altamente inflamables-explosivas.

Las sustancias químicas seleccionadas para el modelado de escenarios de riesgo son el gas LP y el acetileno, pues aparte de ser inflamables-explosivos, tienen las características de provocar reacciones violentas, daños ambientales irreversibles y situaciones incontrolables que en caso de una explosión y/o incendio en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP, representarían un riesgo ambiental afectando a la infraestructura, la integridad humana y al ambiente de esta dependencia universitaria.

Las sustancias químicas restantes (listadas en los inventarios de los laboratorios del Anexo B) representan un riesgo en virtud de un accidente laboral en el que la sustancia puede dañar la salud de los trabajadores o de las personas expuestas a ella en los centros de trabajo. Estas sustancias no representan un riesgo potencial, ya que las cantidades manejadas son mínimas, aunque no debe subestimarse su peligrosidad.

El Modelo de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones denominado SCRI fue el simulador utilizado para este estudio, ya que permitió conocer los impactos en caso de explosión del gas LP y el acetileno. Este modelo fue desarrollado por Dinámica Heurística, basado en metodologías de la Agencia de Protección Ambiental de EUA (EPA), del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) y de la Agencia de Administración Federal de Emergencias de EUA (FEMA) [DH, 2005].

En 1985, el software SCRI fue concebido como el Sistema de Información Rápido de Impacto Ambiental "SIRIA" y a partir del cual se creó SCRI en su primera versión, con el fin de apoyar al personal dedicado

al análisis de riesgo e impacto ambiental con una herramienta de uso sencillo, que requeriría información o datos fácilmente obtenibles y cuyos resultados fueran una primera aproximación de las consecuencias de la contaminación o de siniestros provocados por fugas de productos tóxicos y/o inflamables o daños de nubes explosivas, basándose primordialmente en técnicas o metodologías de la EPA de EUA, lo que ha permitido elaborar planes de contingencia y poner atención especial en la disminución de accidentes y en la contaminación ambiental [DH, 2005].

Los modelos de SCRI fueron validados extensivamente comparando los resultados con tablas del manual (RMP) "Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis", EPA 550-B-99-009 (abril 1999), para el caso de fuego en derrames, radiación térmica por BLEVE y nubes explosivas; y para radiación térmica por chorros de fuego se validó comparando con tablas de "Guidance Document on Process Hazard Analysis with Risk Assessment for Flammable Substances" (agosto 2004), New Jersey Department of Environmental Protection Bureau of Release Prevention Toxic Catastrophe Prevention Act (TCPA) Program [DH, 2005].

La base de datos del Modelo SCRI integra aproximadamente 2,000 productos con sinónimos en inglés y español, con los datos físicos y químicos requeridos para los modelos e incluye cálculos de variables que dependen de la temperatura, así como algoritmos para considerar propiedades de mezclas [DH, 2005].

El Modelo SCRI permitió conocer las áreas de afectación (zonas de riesgo y de amortiguamiento¹) mediante un Análisis de las Consecuencias por fuego y/o explosiones de los gases LP y acetileno, identificados como las SQP que representan un riesgo ambiental para las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP y su entorno.

El Análisis de las Consecuencias por fuego y/o explosiones se hizo mediante la Metodología aprobada por la EPA del Peor Escenario Probable para sustancias químicas inflamables-explosivas a través del Modelo de Nubes Explosivas, en el que se adjudica que la cantidad total de la sustancia inflamable

¹**Zona de riesgo:** Área en la cual se presentarían límites superiores a los permisibles para la salud del hombre y afectaciones a sus bienes y al ambiente, en caso de fugas accidentales de sustancias tóxicas y de la presencia de ondas de sobrepresión por la formación de nubes explosivas.

Zona de amortiguamiento: Área en donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente, restringiendo el incremento de la población asentada [SEMARNAT, 2007].

forma una nube de vapor que se encuentra dentro de los límites superior e inferior de inflamabilidad² y que la nube detona; es decir, se asume a la liberación total de la sustancia contenida en el tanque de almacenamiento en condiciones atmosféricas críticas [DH, 2005].

El Modelo de Nubes Explosivas calcula los radios de sobrepresión causados por explosivos, o de sustancias gaseosas o líquidas que al vaporizarse forman una nube explosiva. El procedimiento consiste en calcular la masa y el diámetro de la nube explosiva, el peso equivalente de la sustancia en el proceso en kg de trinitrotolueno (TNT), la energía desprendida, las distancias de las ondas de sobrepresión y los daños esperados en las personas e instalaciones adyacentes. Este modelo determina la magnitud de los diámetros asociados a la sobrepresión de las ondas mediante la Ecuación 4.1 [DH, 2005].

$$D = 17 \times \left(0.1 \times W_f \times \frac{HC_f}{HC_{TNT}} \right)^{1/3} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

D = Distancia de 1 psi de sobrepresión (m).

W_f = Peso de la sustancia inflamable (kg).

HC_f = Calor de combustión de la sustancia inflamable (kJ/kg).

HC_{TNT} = Calor de explosión del trinitrotolueno (TNT) (4,680kJ/kg).

El factor 17 es una constante con daños de 1 psi de sobrepresión.

Las ondas expansivas se expresan en unidades de presión que van desde 0.5 psi hasta 30 psi, las de mayor presión se encuentran en circunferencias cercanas al centro de la nube explosiva, mientras que las de presiones más pequeñas se situarán en circunferencias alejadas.

La estimación de las consecuencias de estos escenarios se fija a partir de los parámetros establecidos en la “Guía del Estudio de Riesgo Ambiental” expedida por la SEMARNAT (Tabla 4.1) para la determinación de las zonas de riesgo y de amortiguamiento [SEMARNAT, 2007].

² El **límite inferior de inflamabilidad**: es la concentración mínima de cualquier vapor o gas (% por volumen de aire), que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente.

El **límite superior de inflamabilidad**: es la concentración máxima de cualquier vapor o gas (% por volumen de aire), que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente [SCRI, 2005].

Tabla 4.1 Niveles de sobrepresión determinados en la Guía del Estudio de Riesgo Ambiental de SEMARNAT [SEMARNAT, 2007].

Zona	INFLAMABILIDAD (radiación térmica)	EXPLOSIVIDAD (sobrepresión)
Riesgo	5 kW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h	1.0 lb/plg ²
Amortiguamiento	1.4 kW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0.5 lb/plg ²

Los límites marcados como la “zona de riesgo”, son referidos a que en estas áreas de afectación se presentan niveles de sobrepresión superiores a 1 lb/plg² (psi), que causarían la demolición de los edificios circunvecinos a la fuente de explosión, lesiones serias a las personas y la fractura de los cristales en las ventanas que producirían aceración cutánea por el impacto de los mismos [DH, 2005].

Los límites marcados como la “zona de amortiguamiento” que van de niveles de sobrepresión de 0.5 a 1 lb/plg² (psi), sirven como un parámetro de confianza al evaluar la zona de riesgo, la cual no debe subestimarse, ya que en esta zona aún pueden presentarse efectos adversos como rupturas en vidrios de ventana, ruido elevado (143 dB) y cierto daño en la infraestructura de edificios [DH, 2005].

La importancia de evaluar las zonas de riesgo y amortiguamiento (áreas de afectación) para la explosión de gas LP y/o acetileno es que a partir de ellas pueden generarse medidas de prevención y planes de contingencia que den respuesta oportuna y adecuada a la presencia de un accidente ocasionado por este tipo de fuentes.

Las suposiciones inherentes del Modelo SCRI-FUEGO que permiten efectuar las estimaciones y predicciones de daños provocados por la explosión de una sustancia química son [DH, 2005]:

- 1) La fuga de la sustancia química es instantánea, excluyéndose escapes paulatinos de gas.
- 2) El material fugado se vaporiza de manera instantánea formándose inmediatamente la nube.
- 3) Se asume una nube de forma cilíndrica la cual no es distorsionada por el viento, ni por estructuras o edificios cercanos.
- 4) La composición de la nube es uniforme y su concentración corresponde a la media aritmética de los límites superior e inferior de explosividad del material.
- 5) El calor de combustión del material se transforma a un equivalente en peso de TNT.

- 6) La temperatura ambiente del aire se considera constante e igual a 21°C.
- 7) Se considera que una nube originada en el interior de un edificio formará una nube de las mismas dimensiones que una en el exterior del mismo.

Los datos de entrada para el uso del Modelo SCRI-FUEGO son:

- a) El tipo de escenario que se desea simular, para este caso el Modelo de Nubes Explosivas.
- b) La sustancia química que participa en el modelado.
- c) La cantidad de sustancia química (en kg) contenida en el tanque.
- d) Los límites inferior y superior de inflamabilidad de la sustancia química a modelar.

Consideraciones:

- a. Para el gas LP fueron tomadas las proporciones promedio de los gases que lo constituyen, las cuales corresponden a 70% de butano y 30% de propano; los valores de los límites de inflamabilidad inferior y superior para el gas LP, siendo 1.73% y 8.9%, respectivamente, a partir de lo reportado en la hoja de seguridad de la sustancia; y se consideró que el tanque contenía gas LP en un 90% de su capacidad, puesto que por normativa de seguridad los tanques que contienen este gas no son llenados a su capacidad máxima.
- b. Para el acetileno fueron tomados los valores de los límites de inflamabilidad inferior y superior, los cuales son 2.5% y 100%, respectivamente, a partir de lo reportado en la hoja de seguridad de la sustancia; y se consideró la cantidad de acetileno (en kg) contenida en el tanque.

El Simulador SCRI-FUEGO tiene las restricciones siguientes:

1. Condiciones de muros de contención, que tienen la finalidad de resistir las presiones laterales producidas por el material retenido, en este caso, los tanques de gas. Esto implicaría que el impacto generado en caso de un accidente sea menor al contar con este tipo de salvaguardas.
2. Condiciones de infraestructura, puesto que los edificios que se encuentran alrededor de los tanques actuarían como muros de contención y pueden amortiguar el impacto ocasionado al momento de la explosión.
3. Condiciones de altura y ubicación, referida a que no considera si el tanque de gas a simular se encuentra en el piso o en la parte de arriba de una azotea, ni tampoco si está ubicado en el interior o exterior de un edificio; ya que el efecto en caso de una explosión no sería el mismo para estos

criterios. Si el tanque está dentro de un edificio y en el piso, la infraestructura y el suelo actuarían como muros de contención amortiguando el impacto de la explosión.

Los criterios de restricción, mencionados anteriormente, no reducen la confiabilidad de los resultados obtenidos en el modelo, puesto que al simularse en SCRI-FUEGO el peor escenario probable y al delimitar las áreas de afectación (zonas de riesgo y de amortiguamiento); al establecer medidas de seguridad para estos impactos, éstas medidas serán aún más factibles si las condiciones de infraestructura, altura y salvaguardas disminuyen el impacto ocasionado de la explosión de alguna sustancia química.

4.2. MATRIZ DE RIESGO PARA LOS GASES A MODELAR: GAS LP Y ACETILENO.

La matriz de riesgo constituye una herramienta de control y de gestión normalmente utilizada para identificar tipos, niveles y factores de riesgos inherentes a cualquier actividad en la que se maneje alguna SQP [EPA, 2009].

Antes de dar a conocer los resultados de la simulación, en este apartado se presentan las matrices de riesgo construidas para el acetileno y gas LP mostradas en las Tablas 4.2 y 4.3, respectivamente.

La información proporcionada en cada matriz corresponde a las cantidades manejadas dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, su ubicación en las áreas de trabajo, la forma de almacenamiento, los riesgos asociados a la sustancia y las medidas de prevención para su manejo.

La construcción de las matrices de riesgo para gas LP y acetileno no fue resultado de un análisis detallado sobre los riesgos y/o peligros de cada uno para diferentes situaciones, sino se hizo de una manera generalizada. Se debe tomar en cuenta que la construcción de una matriz con un análisis de riesgo detallado, requiere de un trabajo muy extenso y de mucho tiempo, esto se debe a que se tendrían que analizar todos los posibles daños que ocasionaría cada sustancia contra todas las posibles amenazas existentes dentro de la institución. Entonces, lo que se pretende mostrar en las matrices construidas es sólo la localización y visualización de las áreas de trabajo que manejan gas LP y acetileno y que por lo tanto, son considerados como los puntos “rojos” en los que un accidente asociado

al manejo de esas sustancias en las instalaciones, representan un mayor peligro en el que podría verse afectada principalmente la comunidad universitaria.

Las fotografías en las que se visualiza la ubicación y forma de almacenamiento de cada uno de los tanques de gas LP y acetileno en las áreas de trabajo se muestran a continuación.



Fotografía 1. Tanques de acetileno en el Laboratorio de Procesos de Manufactura II.



Fotografía 2. Tanque de acetileno en el Laboratorio de Análisis de Materiales.



Fotografía 3. Tanque de acetileno en el Laboratorio de Fundición y Vaciado.



Fotografía 4. Tanque de acetileno en el Laboratorio de Análisis.



Fotografía 5. Tanque de gas LP en el Laboratorio de Beneficio de Materiales.



Fotografía 7. Tanque de gas LP en el Edificio C.C.I.M.



Fotografía 6. Tanques de gas LP en el Edificio L. Los dos primeros (a y b) corresponden a tanques de 500L y la tercera (c) a los tanques de 300L.

Tabla 4.2 Matriz de riesgo para el acetileno.

ÁREAS DE TRABAJO	SUSTANCIA QUÍMICA PELIGROSA	CANTIDAD MANEJADA	ALMACENAMIENTO EN EL ÁREA DE TRABAJO	RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
B Laboratorio de Procesos de Manufactura II	A C E T I L E N O	2 tanques de 3.5 kg y 2 tanques de 4.0 kg.	Al interior, sin salvaguardas (Fotografía 1).	<ul style="list-style-type: none"> Alta inflamabilidad por contacto con fuentes de ignición. 	<ul style="list-style-type: none"> Utilización del equipo de protección personal. Evitar la exposición del tanque al calor, chispas y otras fuentes de ignición. Restringir el área de almacenamiento. Almacenarse en áreas frescas, secas, propiamente ventiladas y en áreas con salidas de emergencia adecuadas. Evitar sales o químicos corrosivos en el almacén de acetileno. Contar con equipos de detección en caso de escape del gas y con un extinguidor de fuego apropiado. No almacenarse en áreas de tráfico. Aumentar la ventilación en áreas cerradas para prevenir la formación de mezclas inflamables. En caso de fuga o escape, cerrar la válvula rápidamente. En caso de escape, despejar el área afectada y evacuar en contra de la dirección del viento. No almacenar tanques llenos por un largo periodo de tiempo. El tanque vacío debe ser regresado al proveedor para que éste se encargue de su disposición final de acuerdo a la normatividad ambiental establecida.
L-25 Laboratorio de Análisis de Materiales		1 tanque de 12 kg.	Al interior, con salvaguardas (Fotografía 2).	<ul style="list-style-type: none"> Explosión violenta al estar expuesto a altas temperaturas. 	
C.C.I.M. Laboratorio de Fundición y Vaciado		1 tanque de 1.5 kg.	Al interior, sin salvaguardas (Fotografía 3).	<ul style="list-style-type: none"> Asfixia por desplazamiento de oxígeno en caso de escape del gas. 	
D Laboratorio de Análisis		1 tanque de 6.1 kg.	Al exterior, con salvaguardas (Fotografía 4).	<ul style="list-style-type: none"> En incendios, produce gases tóxicos como monóxido y bióxido de carbono. 	

Tabla 4.3 Matriz de riesgo para el gas LP.

ÁREAS DE TRABAJO	SUSTANCIA QUÍMICA PELIGROSA	CANTIDAD MANEJADA	ALMACENAMIENTO EN EL ÁREA DE TRABAJO	RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
B Laboratorio de Beneficio de Materiales	G A S L P	1 tanque de 30kg.	Al exterior y al interior; sin salvaguardas (Fotografía 5).	<ul style="list-style-type: none"> Alta inflamabilidad por contacto con fuentes de ignición. Explosión violenta al estar expuesto a altas temperaturas. Asfixia por desplazamiento de oxígeno en caso de escape del gas. Formación de nubes explosivas al entrar en contacto con el aire. 	<ul style="list-style-type: none"> Evitar que el gas entre en contacto con materiales incompatibles, exposición al calor, chispas u otras fuentes de ignición. Los cilindros no deben exponerse a temperaturas altas o llamas directas ya que pueden romperse o estallar. Contar con equipo eléctrico a prueba de explosión. Restringir el área de almacenamiento. Almacenarse en áreas frescas, secas, propiamente ventiladas, y lejos de áreas congestionadas o salidas de emergencia. Contar con un extintor de fuego apropiado. En caso de fuga, cerrar la válvula inmediatamente. En caso de escape, despejar el área afectada y evacuar en contra de la dirección del viento. No almacenar tanques llenos por un largo periodo de tiempo. El tanque vacío debe ser regresado al proveedor para que éste se encargue de su disposición final de acuerdo a la normatividad ambiental establecida.
Edificio L		2 tanques de 500 L y 2 tanques de 300 L.	Al exterior, sin salvaguardas (Fotografía 6).		
Edificio C.C.I.M.		1 tanque de 500 L.	Al exterior, sin salvaguardas (Fotografía 7).		

4.3. RESULTADOS DEL MODELO.

Para el Análisis de Consecuencias del Modelo de Nubes Explosivas de SCRI-FUEGO y siguiendo la Metodología del Peor Escenario Probable, se utilizó la información de gas LP y acetileno recabada a partir de la elaboración de los inventarios de sustancias químicas manejadas en las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP (Anexo B) y presentada también en las matrices de riesgo anteriores (Tablas 4.2 y 4.3).

Los resultados obtenidos de la simulación y la visualización de las áreas de afectación, indicando las zonas de riesgo y de amortiguamiento, se muestran utilizando la herramienta de Sistema de Información Geográfica ArcGIS 9.0.

A continuación se presentan los escenarios de riesgo para los diferentes tanques de gas LP y acetileno que se tienen en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

4.3.1 ÁREAS DE AFECTACIÓN PARA LOS TANQUES DE ACETILENO.

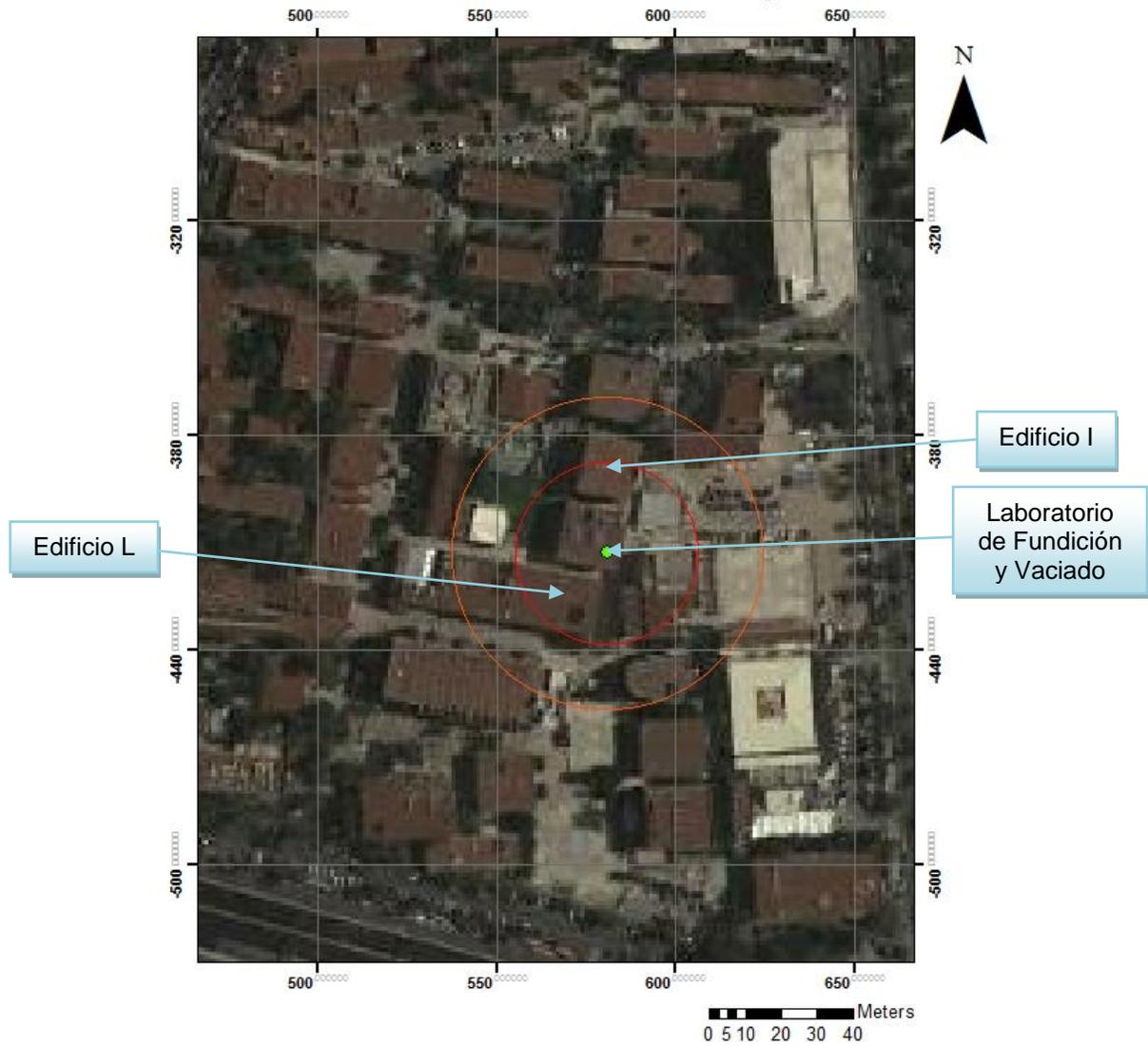
En la Figura 4.1 se presenta el modelo de la explosión del tanque de acetileno de 1.5 kg que se encuentra en el interior del Laboratorio de Fundición y Vaciado en el Edificio C.C.I.M. (Fotografía 3).

En la Figura 4.2 se presenta el modelo de la explosión del tanque de acetileno de 6.1 kg que se encuentra en el exterior del Laboratorio de Análisis en el Edificio D (Fotografía 4).

En la Figura 4.3 se presenta el modelo de la explosión de los 4 tanques de acetileno (2 de 3.5 kg y 2 de 4.0 kg) que se encuentran en el interior del Laboratorio de Procesos de Manufactura II. En este caso, la cantidad de entrada en el simulador fue de 15 kg, que corresponde a la cantidad total de acetileno (en kg) que se encuentra en esta área de trabajo; pues se considera que la explosión de uno de ellos, provoca de manera simultánea la de los demás (Fotografía 1).

En la Figura 4.4 se modela la explosión del tanque de acetileno de 12 kg que se encuentra en el interior del Laboratorio de Análisis de Materiales del Edificio L (Fotografía 2).

Figura 4.1 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de acetileno de 1.5 kg en el Laboratorio de Fundición y Vaciado de la Facultad de Ingeniería.



Simulador: SCRI-FUEGO versión 1.3.2.

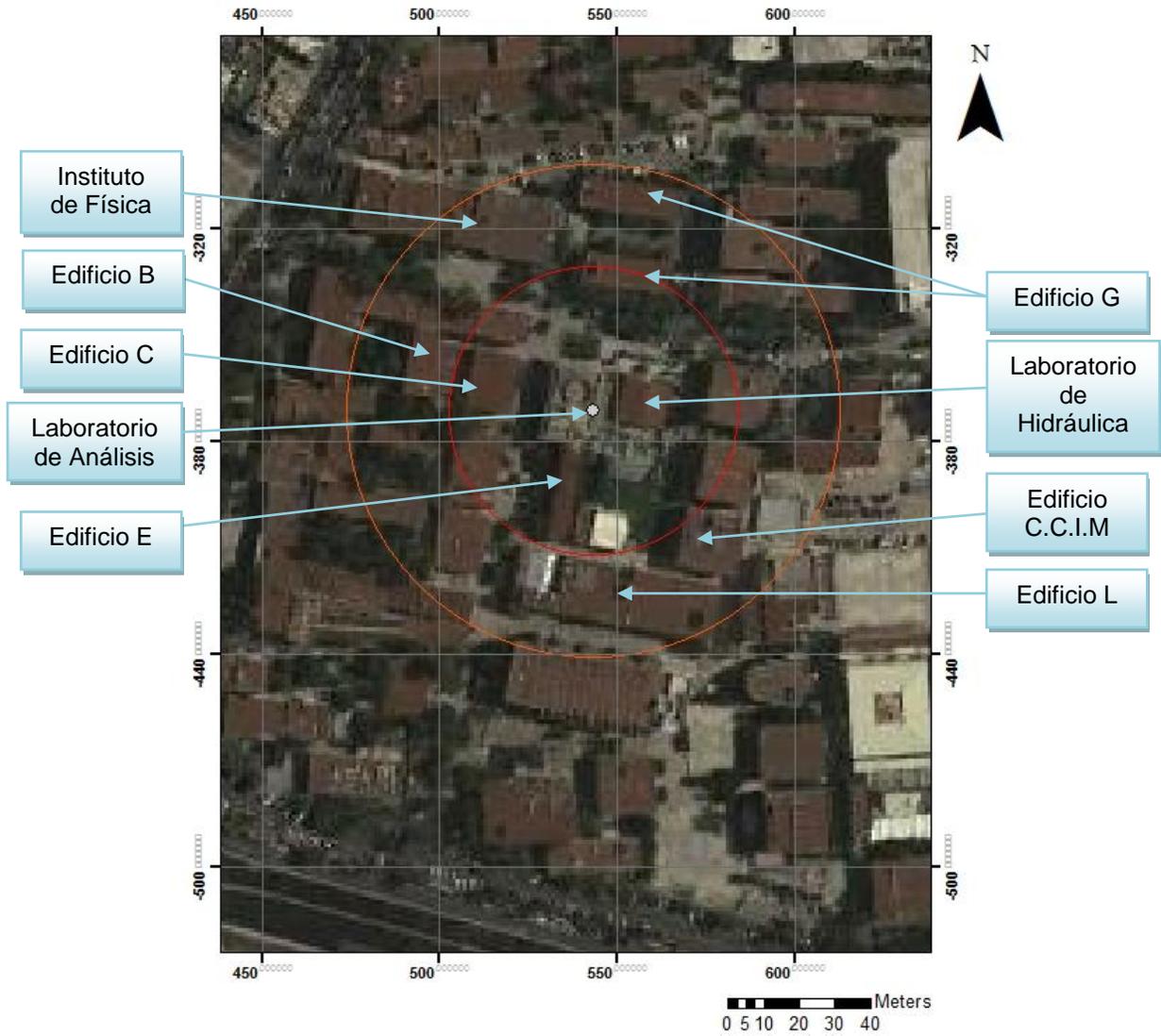
- Zona de Riesgo (Radio = 25m).
- Zona de Amortiguamiento (Radio = 43m).

Imagen Satelital: Google Earth 2010.

Fecha: Noviembre 2010.

Elaborado por: I.Q. Miguel Mauricio Aguilera Flores.

Figura 4.2 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de acetileno de 6.1 kg en el Laboratorio de Análisis de la Facultad de Ingeniería.



Simulador: SCRI-FUEGO versión 1.3.2.

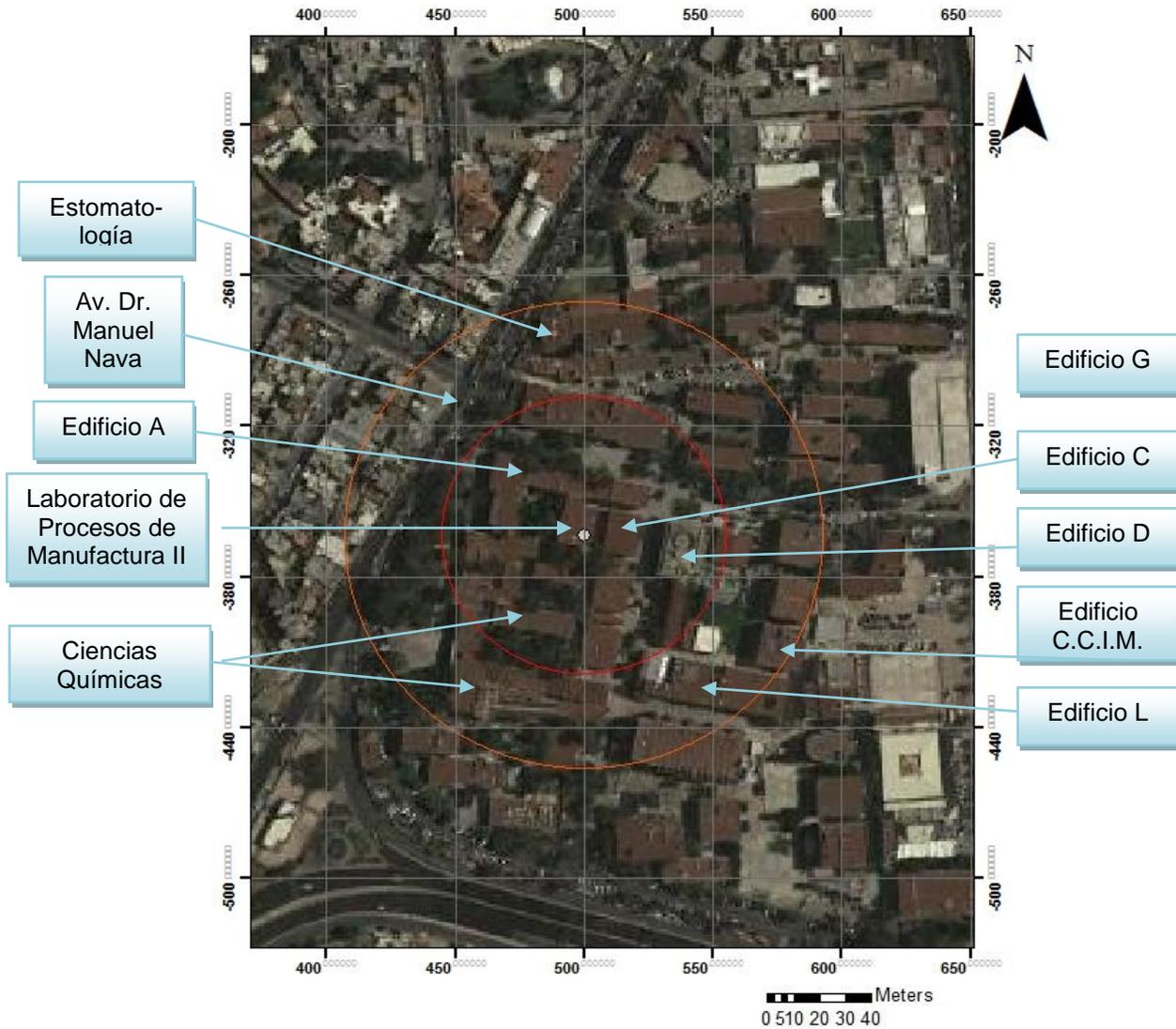
- Zona de Riesgo (Radio = 40m).
- Zona de Amortiguamiento (Radio = 69m).

Imagen Satelital: Google Earth 2010.

Fecha: Noviembre 2010.

Elaborado por: I.Q. Miguel Mauricio Aguilera Flores.

Figura 4.3 Áreas de afectación debido a la explosión de los 4 tanques de acetileno en el Laboratorio de Procesos de Manufactura II de la Facultad de Ingeniería.



Simulador: SCRI-FUEGO versión 1.3.2.

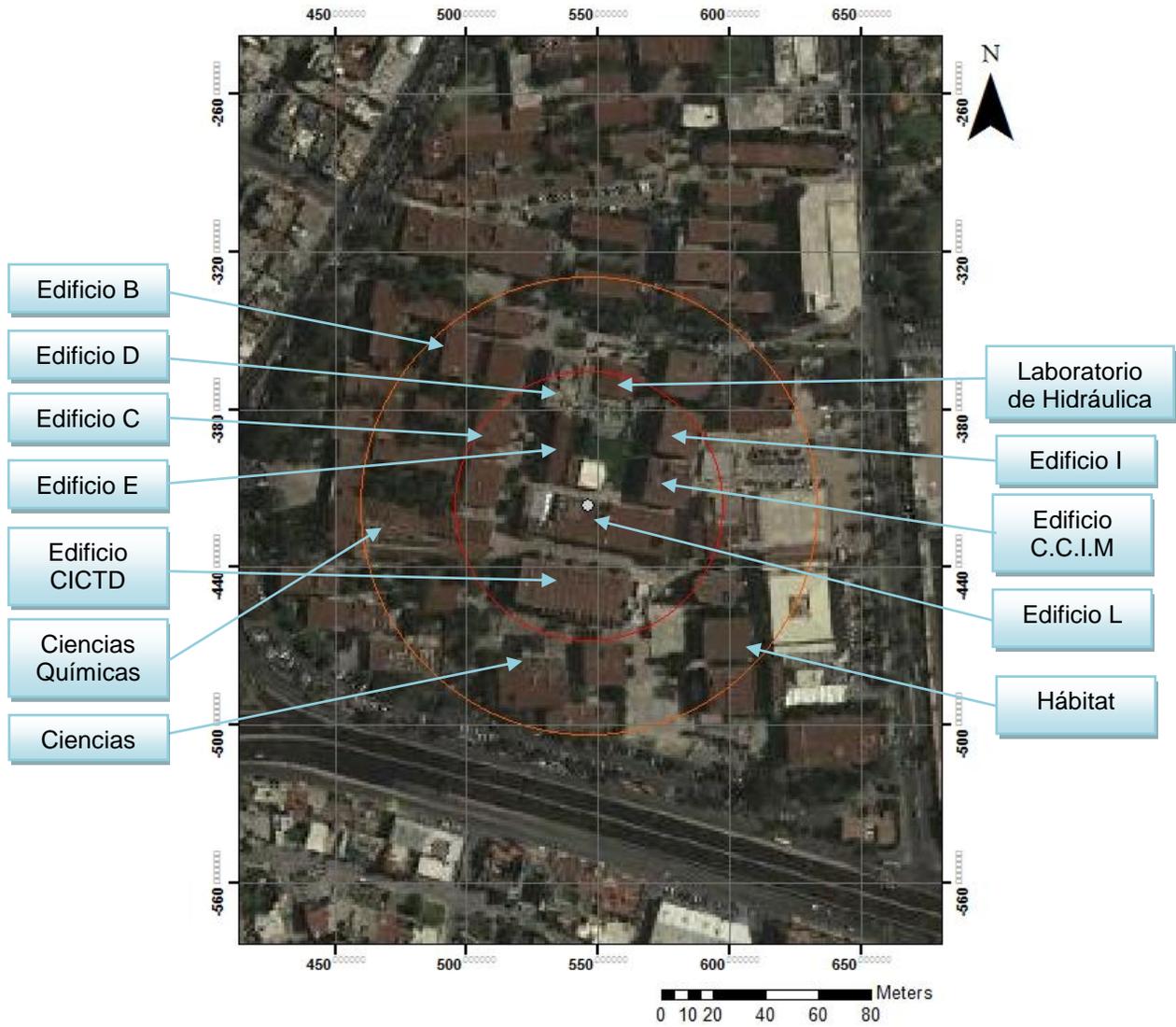
- Zona de Riesgo (Radio = 55m).
- Zona de Amortiguamiento (Radio = 93m).

Imagen Satelital: Google Earth 2010.

Fecha: Noviembre 2010.

Elaborado por: I.Q. Miguel Mauricio Aguilera Flores.

Figura 4.4 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de acetileno de 12 kg en el Laboratorio de Análisis de Materiales de la Facultad de Ingeniería.



Simulador: SCRI-FUEGO versión 1.3.2.

- Zona de Riesgo (Radio = 51m).
- Zona de Amortiguamiento (Radio = 86m).

Imagen Satelital: Google Earth 2010.

Fecha: Noviembre 2010.

Elaborado por: I.Q. Miguel Mauricio Aguilera Flores.

4.3.2 ÁREAS DE AFECTACIÓN PARA LOS TANQUES DE GAS LP.

En la Figura 4.5 se presenta el modelo de la explosión del tanque de gas LP de 30 kg en el Laboratorio de Beneficio de Materiales (Fotografía 5).

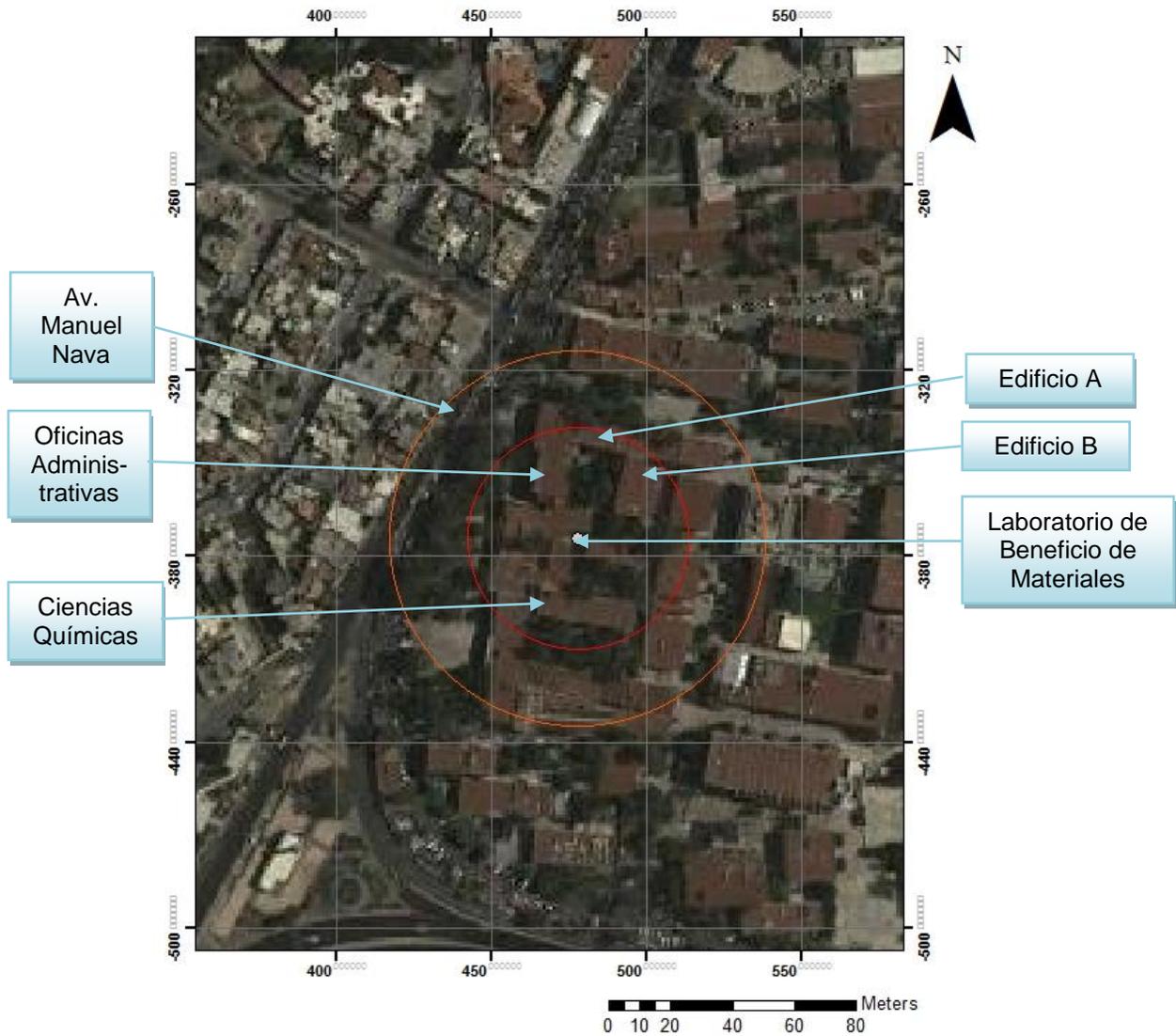
En la Figura 4.6 se presenta el modelo de la explosión del tanque de gas LP de 500 L que se encuentra en la azotea del Edificio C.C.I.M (Fotografía 7).

En la Figura 4.7 se presenta el modelo de un sólo tanque de los cuatro de gas LP (2 de 300 L y 2 de 500 L), con el fin de representar el efecto de la explosión de uno de ellos. En este caso, se seleccionó el de 500 L y el que está situado en medio del Edificio L (Fotografía 6), puesto que representaría el peor escenario, ya que la cantidad de gas es mayor y al explotar, existe una mayor probabilidad de que ocasione la explosión simultánea de los demás tanques.

En la Figura 4.8 se presenta un diagrama de pétalos³, debido a que la explosión de un tanque de los cuatro de gas LP (2 de 300 L y 2 de 500 L), que se encuentran en la azotea del Edificio L (Fotografía 6), provocaría de manera simultánea las explosiones de los otros tres tanques que están cercanos. En este caso, no fue estimado el alcance que podría presentarse en los tanques de edificios aledaños, pues sólo se tomaron a consideración los del Edificio L, a fin de mostrar el riesgo potencial derivado de una secuencia de incidentes provocada por la explosión de uno de los tanques de gas LP.

³ Se le denomina diagrama de pétalos porque cuando se simula la explosión simultánea de diferentes tanques que contienen a la SQP, al representar se en un mapa, las circunferencias de las áreas de afectación (zonas de riesgo y amortiguamiento) aparentan reflejar los pétalos de una flor.

Figura 4.5 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de gas LP de 30 kg en el Laboratorio de Beneficio de Materiales de la Facultad de Ingeniería.



Simulador: SCRI-FUEGO versión 1.3.2.

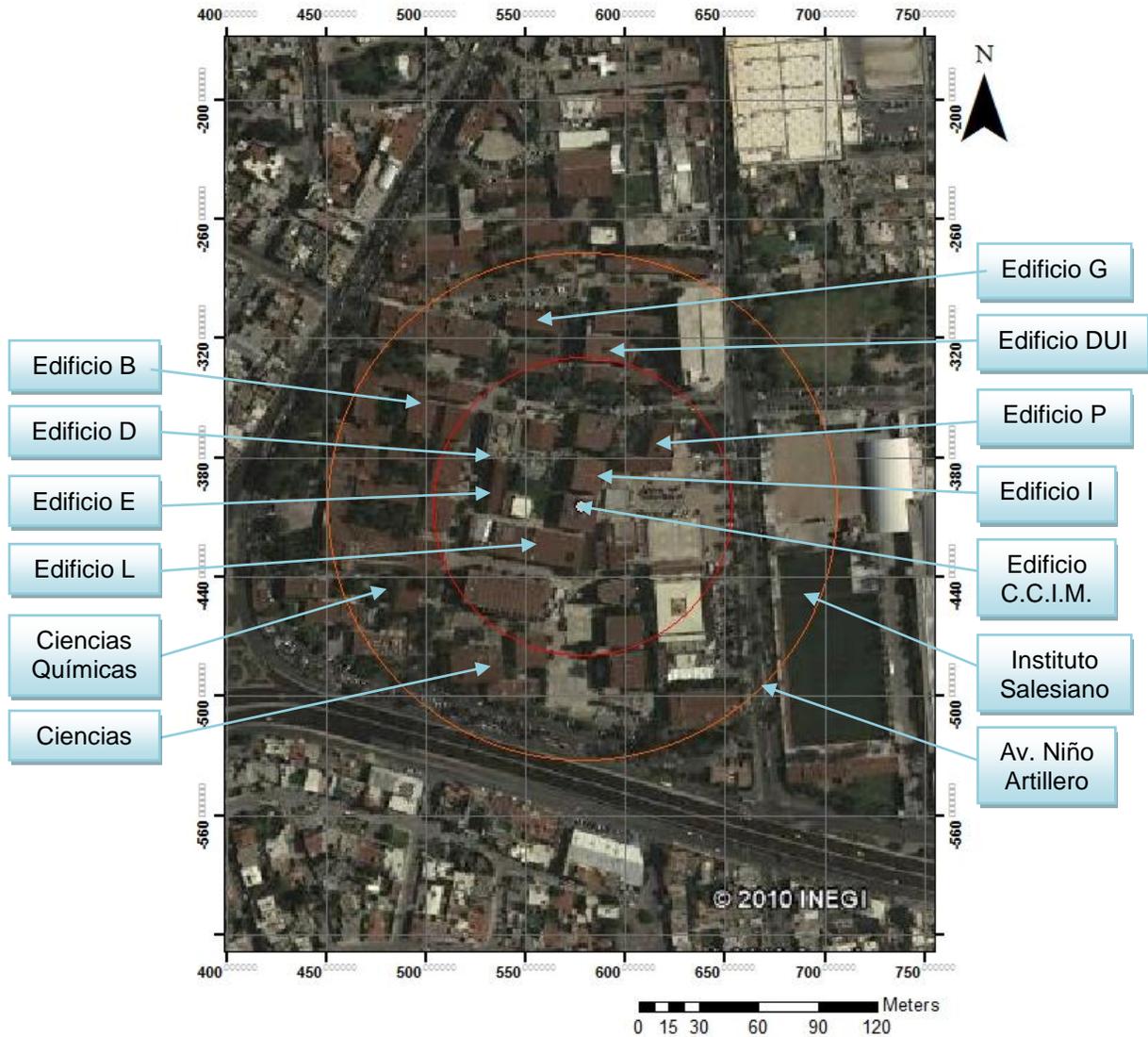
- Zona de Riesgo (Radio = 35m).
- Zona de Amortiguamiento (Radio = 60m).

Imagen Satelital: Google Earth 2010.

Fecha: Noviembre 2010.

Elaborado por: I.Q. Miguel Mauricio Aguilera Flores.

Figura 4.6 Áreas de afectación debido a la explosión del tanque de gas LP de 500 L en el Edificio C.C.I.M. de la Facultad de Ingeniería.



Simulador: SCRI-FUEGO versión 1.3.2.

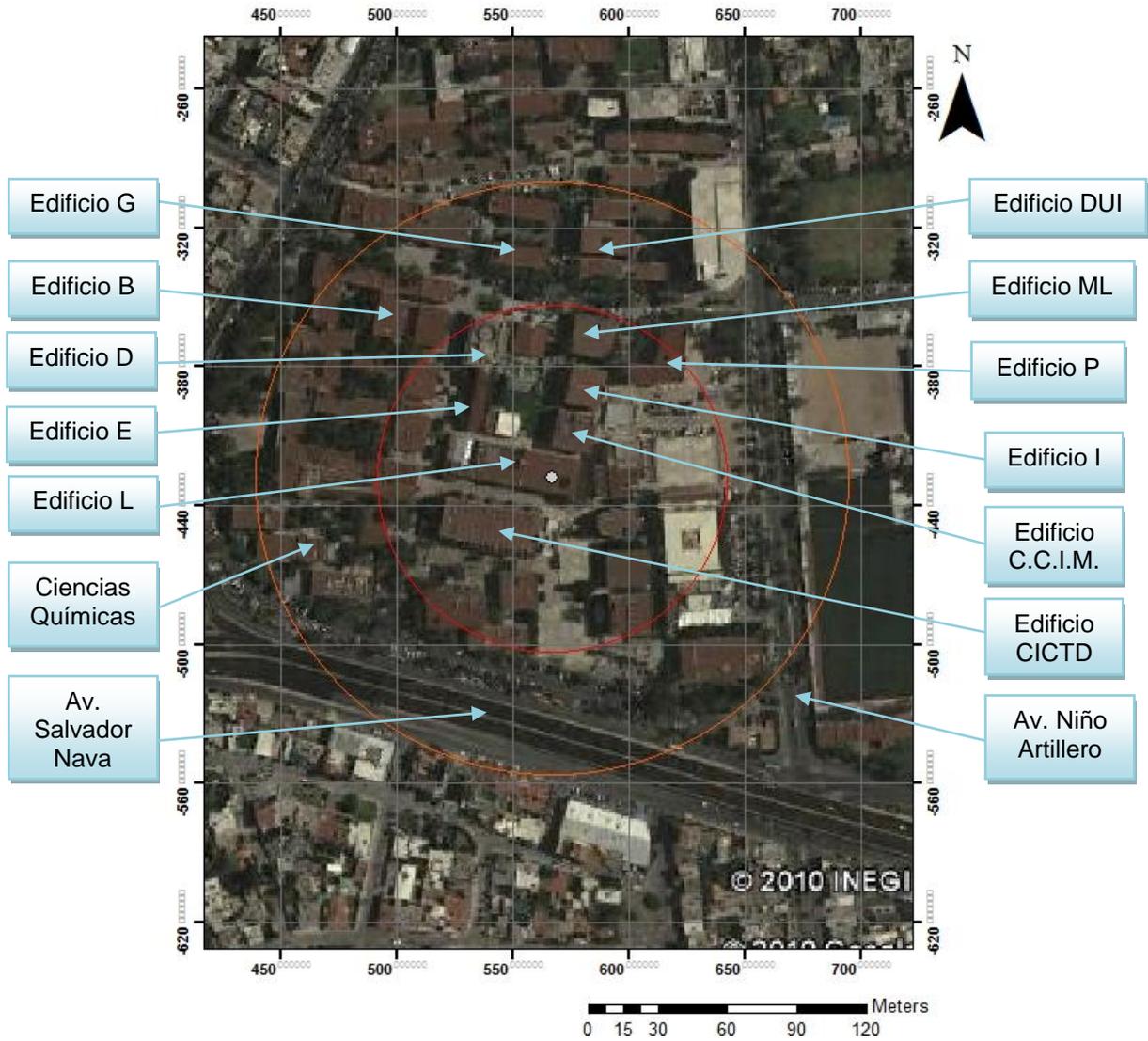
- Zona de Riesgo (Radio = 74m).
- Zona de Amortiguamiento (Radio = 127m).

Imagen Satelital: Google Earth 2010.

Fecha: Noviembre 2010.

Elaborado por: I.Q. Miguel Mauricio Aguilera Flores.

Figura 4.7 Áreas de afectación debido a la explosión de un tanque de gas LP de 500 L en el Edificio L de la Facultad de Ingeniería.



Simulador: SCRI-FUEGO versión 1.3.2.

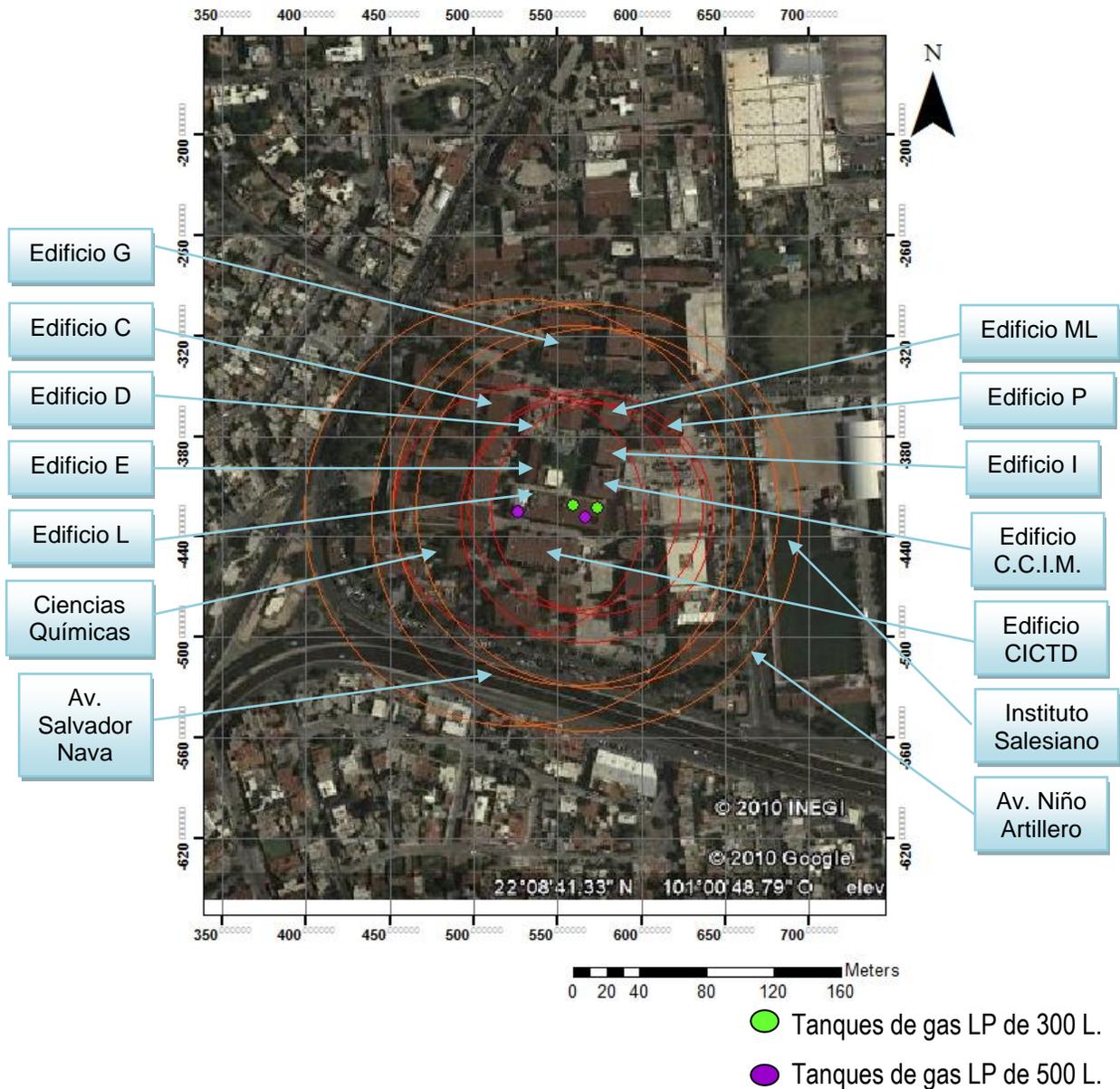
- Zona de Riesgo (Radio = 74m).
- Zona de Amortiguamiento (Radio = 127m).

Imagen Satelital: Google Earth 2010.

Fecha: Noviembre 2010.

Elaborado por: I.Q. Miguel Mauricio Aguilera Flores.

Figura 4.8 Diagrama de pétalos que representa las explosiones simultáneas de los tanques de gas LP en el Edificio L de la Facultad de Ingeniería.



Simulador: SCRI-FUEGO versión 1.3.2.

- Zonas de Riesgo (Radio = 63 y 74m, para tanques de 300 y 500 L, respectivamente).
- Zonas de Amortiguamiento (Radio = 107 y 127m, para tanques de 300 y 500 L, respectivamente).

Imagen Satelital: Google Earth 2010.

Fecha: Noviembre 2010.

Elaborado por: I.Q. Miguel Mauricio Aguilera Flores.

4.3.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

En la Figura 4.1, que representa las áreas de afectación debido a la explosión del tanque de acetileno de 1.5 kg en el Laboratorio de Fundición y Vaciado, se obtuvo que las ondas de sobrepresión iguales o mayores a 1psi (lb/in²), que corresponden a la zona de riesgo, pueden alcanzar radios de afectación hasta de 25m, localizándose dentro de esta área de influencia: el Edificio C.C.I.M (donde está este laboratorio) y parte de los Edificios I (al norte) y L (al sur).

La zona de amortiguamiento (ondas de sobrepresión de 0.5 a 1 psi) alcanza radios de afectación hasta de 43m encontrándose en esta área de influencia los edificios mencionados anteriormente, los Edificios ML y P (al norte y noreste), el área de deportes (al este), el Edificio CICTD (al suroeste) y el Laboratorio de Hidráulica (al oeste).

En la Figura 4.2, que representa las áreas de afectación debido a la explosión del tanque de acetileno de 6.1 kg en el Laboratorio de Análisis, se obtuvo que las ondas de sobrepresión iguales o mayores a 1psi (lb/in²), que corresponden a la zona de riesgo, pueden alcanzar radios de afectación hasta de 40m, encontrándose dentro de esta área de influencia: el Edificio D (donde está este laboratorio), el Edificio G (al norte), el Laboratorio de Hidráulica y los Edificios I y ML (al este), el Edificio C.C.I.M. (al sureste), el Edificio E (al sur) y el Edificio C (al oeste). El impacto de esta explosión es más significativo que el anterior, puesto que es mayor la magnitud de afectación a edificios y personas que pudieran encontrarse en estos espacios.

La zona de amortiguamiento (ondas de sobrepresión de 0.5 a 1 psi) alcanza radios de afectación hasta de 69m encontrándose en esta área de influencia los edificios mencionados anteriormente, el Edificio DUI (al noreste), el Edificio P (al este), el Edificio L (al sur), edificios de la Facultad de Ciencias Químicas (al suroeste), los Edificios A, B y Oficinas Administrativas de la Facultad de Ingeniería (al oeste) y el Instituto de Física (al noroeste).

En la Figura 4.3, que representa las áreas de afectación debido a la explosión de los 4 tanques de acetileno (2 de 3.5 kg y 2 de 4.0 kg) en el Laboratorio de Procesos de Manufactura II, que corresponden a la zona de riesgo, pueden alcanzar radios de afectación hasta de 55m, encontrándose dentro de esta área de influencia: el Edificio B (donde está este laboratorio), el Edificio A y el Instituto de Física (al

norte), los Edificios C, D y E (al este), edificios de la Facultad de Ciencias Químicas (al sur), las Oficinas Administrativas de la Facultad de Ingeniería (al oeste). La magnitud de afectación es mayor que en los dos casos anteriores, los 4 tanques que están dentro de esta área de trabajo no cuentan con ningún tipo de salvaguardas, ni medios de protección; la explosión de uno de ellos provocaría simultáneamente la de los demás, las pérdidas humanas, de infraestructura y los daños ambientales serían catastróficos, pues los edificios que están dentro de la zona de riesgo corresponden a áreas donde hay tránsito de personas durante el día.

La zona de amortiguamiento (ondas de sobrepresión de 0.5 a 1 psi) alcanza radios de afectación hasta de 93m encontrándose en esta área de influencia los edificios mencionados anteriormente, edificios de la Facultad de Estomatología (al norte), Edificio G (al noreste), Edificios ML, I y C.C.I.M. (al este), Edificios L y CICTD (al sureste), edificios de la Facultad de Ciencias Químicas (al suroeste y oeste) y la Avenida Manuel Nava y establecimientos (al oeste). Para este caso, la zona de amortiguamiento sobrepasa la infraestructura de la zona universitaria y afecta a la Av. Manuel Nava y los establecimientos que hay en la parte oeste frente a la universidad.

En la Figura 4.4, que representa las áreas de afectación debido a la explosión del tanque de acetileno de 12 kg en el Laboratorio de Análisis, se obtuvo que las ondas de sobrepresión iguales o mayores a 1psi (lb/in²), que corresponden a la zona de riesgo, pueden alcanzar radios de afectación hasta de 51m, encontrándose dentro de esta área de influencia: el Edificio L (donde está este laboratorio), el Laboratorio de Hidráulica y los Edificios D y E (al norte), los Edificios I y C.C.I.M. (al noreste), el Edificio C (al oeste) y el Edificio CICTD (al sur). El impacto de esta explosión es más significativo que el descrito anteriormente, puesto que son 8 edificios los que podrían verse afectados, aunado a las personas que pudieran encontrarse en estos espacios. Además, este tanque de acetileno se encuentra en el primer nivel del Edificio L, que en caso de una contingencia, las rutas de evacuación no son las más adecuadas, pues el Edificio tiene 4 pisos en los que existen de 10 a 12 áreas de trabajo en cada uno de ellos y sólo existe una salida; que al ser la única, resulta insuficiente para evacuar a todas las personas que se encontraran dentro de este edificio.

La zona de amortiguamiento (ondas de sobrepresión de 0.5 a 1 psi) alcanza radios de afectación hasta de 86m encontrándose en esta área de influencia los edificios mencionados anteriormente, el Edificio G

(al norte), los Edificios P y ML (al noreste), el área de deportes (al este), edificios de la Facultad del Hábitat (al sureste), edificios de la Facultad de Ciencias y Ciencias Químicas (al sur y suroeste) y los Edificios A, B y Oficinas Administrativas de la Facultad de Ingeniería (al noroeste). En esta área de influencia se encuentra incluida la Facultad de Ingeniería en su totalidad y también gran parte de las Facultades de Ciencias, Ciencias Químicas y del Hábitat.

En la Figura 4.5, que representa las áreas de afectación debido a la explosión del tanque de gas LP de 30 kg en el Laboratorio de Beneficio de Materiales, se obtuvo que las ondas de sobrepresión iguales o mayores a 1psi (lb/in²), que corresponden a la zona de riesgo, pueden alcanzar radios de afectación hasta de 35m, encontrándose dentro de esta área de influencia: el Edificio B (donde está este laboratorio), el Edificio A (al norte), el Edificio C (al este), las Oficinas Administrativas de la Facultad de Ingeniería (al noroeste y oeste) y dos edificios que corresponden a la Facultad de Ciencias Químicas (al sur).

La zona de amortiguamiento (ondas de sobrepresión de 0.5 a 1 psi) alcanza radios de afectación hasta de 60m encontrándose en esta área de influencia los edificios mencionados anteriormente, el Instituto de Física (al norte), los Edificios D y E (al este), edificios de la Facultad de Ciencias Químicas (al sur) y las entradas de las Facultades de Ingeniería y Ciencias Químicas, incluyendo a la Avenida Dr. Manuel Nava (al oeste). Los límites de esta área van más allá de la infraestructura de la zona universitaria, pues el impacto de la explosión puede alcanzar hasta la avenida en la que transitan vehículos, autobuses y personas que no necesariamente pertenecen a la comunidad universitaria y que también podrían verse afectados.

En la Figura 4.6, que representa las áreas de afectación debido a la explosión del tanque de gas LP de 500L en el Edificio C.C.I.M., se obtuvo que las ondas de sobrepresión iguales o mayores a 1psi (lb/in²), que corresponden a la zona de riesgo, pueden alcanzar radios de afectación hasta de 74m, encontrándose dentro de esta área de influencia: el Edificio C.C.I.M. (donde está el tanque), los Edificios G, ML, I y DUI (al norte), el Edificio P (al noreste), el área de deportes (al este), edificios de la Facultad del Hábitat (al sureste), el Edificio L (al sur), el Edificio CICTD (al suroeste), los Edificios C, D y E (al oeste) y el Laboratorio de Hidráulica (al noroeste).

La zona de amortiguamiento (ondas de sobrepresión de 0.5 a 1 psi) alcanza radios de afectación hasta de 127m encontrándose en esta área de influencia los edificios mencionados anteriormente, la Facultad de Enfermería y el Departamento de Físico-Matemático (al norte), el estacionamiento de la universidad (al noreste), la Avenida Niño Artillero y el Instituto Salesiano Carlos Gómez (al este y sureste), la Avenida Salvador Nava (al sur), la Facultad de Ciencias y Ciencias Químicas (al suroeste) y los Edificios A, B y Oficinas Administrativas de la Facultad de Ingeniería y el Instituto de Física (al oeste y noroeste).

Al igual que el caso anterior, los límites de esta área van más allá de la infraestructura de la zona universitaria, pues el impacto de la explosión puede alcanzar hasta las Avenidas Niño Artillero y Salvador Nava en la que transitan vehículos, autobuses y personas que no necesariamente pertenecen a la comunidad universitaria y que también podrían verse afectados. Además, el Instituto Salesiano se encuentra también dentro de los parámetros de afectación.

En la Figura 4.7, que representa las áreas de afectación debido a la explosión de un tanque de gas LP de 500L en el Edificio L, se obtuvo que las ondas de sobrepresión iguales o mayores a 1psi (lb/in²), que corresponden a la zona de riesgo, pueden alcanzar radios de afectación hasta de 74m, encontrándose dentro de esta área de influencia: el Edificio L (donde está el tanque), los Edificios C.C.I.M., I y ML (al norte), el Edificio P (al noreste), el área de deportes (al este), Edificios de la Facultad del Hábitat (al sureste), el Edificio CICTD y parte de la Facultad de Ciencias (al sur y suroeste), el Edificio C (al oeste), los Edificios D y E y el Laboratorio de Hidráulica (al noroeste).

La zona de amortiguamiento (ondas de sobrepresión de 0.5 a 1 psi) alcanza radios de afectación hasta de 127m encontrándose en esta área de influencia los edificios mencionados anteriormente, los Edificios G y DUI (al norte), el estacionamiento de la universidad (al noreste), la Avenida Niño Artillero y el Instituto Salesiano Carlos Gómez (al este y sureste), la Avenida Salvador Nava y establecimientos (al sur), la Facultad de Ciencias Químicas y el Centro de Salud Universitario (al suroeste) y los Edificios A, B y Oficinas Administrativas de la Facultad de Ingeniería (al oeste) y el Instituto de Física (al noroeste).

Los límites de esta área sobrepasan la infraestructura de la zona universitaria, pues el impacto de la explosión puede alcanzar hasta las Avenidas Niño Artillero y Salvador Nava en la que transitan

vehículos, autobuses y personas que no necesariamente pertenecen a la comunidad universitaria y que también podrían verse afectados. Además, el Instituto Salesiano y los establecimientos localizados en la parte sur frente a la zona universitaria oeste de la UASLP se encuentran también dentro de los parámetros de afectación.

En la Figura 4.8, que se presentan las áreas de afectación debido a las explosiones simultáneas (diagrama de pétalos) de los tanques de gas LP en el Edificio L, se obtuvo que las ondas de sobrepresión iguales o mayores a 1psi (lb/in²), que corresponden a la zona de riesgo, pueden alcanzar radios de afectación hasta de 63 y 74m, para tanques de 300 y 500 L, respectivamente; encontrándose dentro de esta área de influencia: el Edificio L (donde están los tanques), los Edificios C.C.I.M., I, ML, D, E y el Laboratorio de Hidráulica (al norte), el Edificio P (al noreste), el área de deportes (al este), edificios de la Facultad del Hábitat (al sureste), el Edificio CICTD y la Facultad de Ciencias (al sur), edificios de la Facultad de Ciencias Químicas (al sureste), los Edificios C, A, B y Oficinas Administrativas de la Facultad de Ingeniería (al norte y noroeste).

La zona de amortiguamiento (ondas de sobrepresión de 0.5 a 1 psi) alcanza radios de afectación hasta de 107 y 127m, para tanques de 300 y 500 L, respectivamente; encontrándose en esta área de influencia los edificios mencionados anteriormente, los Edificios G y DUI (al norte), el estacionamiento de la universidad (al noreste), la Avenida Niño Artillero y el Instituto Salesiano Carlos Gómez (al este y sureste), la Avenida Salvador Nava y establecimientos (al sur), la Facultad de Ciencias Químicas y el Centro de Salud Universitario (al suroeste), las entradas a las Facultades de Ciencias Químicas e Ingeniería, la Avenida Dr. Manuel Nava y establecimientos (al oeste) y el Instituto de Física (al noroeste).

Los límites de esta área sobrepasan la infraestructura de la zona universitaria, pues el impacto de la explosión puede alcanzar hasta las Avenidas Niño Artillero, Salvador y Manuel Nava en la que transitan vehículos, autobuses y personas que no necesariamente pertenecen a la comunidad universitaria y que también podrían verse afectados. Además, el Instituto Salesiano y los establecimientos localizados en la parte sur y oeste, frente a la zona universitaria oeste de la UASLP se encuentran también dentro de los parámetros de afectación.

En general, los resultados obtenidos del modelo permitieron identificar al Edificio L como la zona de mayor riesgo, ya que en él se encuentran 10 áreas de trabajo que utilizan reactivos químicos, se tiene un área de trabajo con 1 tanque de acetileno de 12 kg y en la azote hay 4 tanques de gas LP (2 de 300L y 500 L): por lo que el impacto, derivado de la explosión de alguno de los tanques que contienen a la SQP, el área de influencia (zona de riesgo) sería más significativo al compararse con los otros casos presentados anteriormente. Además, es un edificio grande en donde la protección de bienes sería mayor a la de otros edificios; y también la de la integridad de la gente, ya que al existir un mayor número de laboratorios, hay una mayor concentración de personas (alumnado, personal administrativo y de docencia).

En este caso específico, lo recomendable es que el almacenamiento de los tanques de gas LP y acetileno sea en el exterior, con salvaguardas y una ventilación propia, respetando las zonas de riesgo y de amortiguamiento; por lo que ninguna de las áreas de trabajo se sujeta a estas medidas de prevención.

A partir del modelado de la explosión de los tanques de gas LP y acetileno se visualizó que la infraestructura de la zona universitaria es inapropiada, puesto que en la ocurrencia de un evento adverso, no da cabida al movimiento de grupos de seguridad (brigadas, bomberos, personal de protección civil...), que den una respuesta oportuna y adecuada en caso de emergencia.

En consecuencia, el diseño de la infraestructura y la localización de las áreas de trabajo impiden la entrada de camillas, camiones con extintores de fuego, rutas de acceso y de evacuación; pero el rediseño de la infraestructura de la universidad no es una opción factible, porque simplemente al hacer un análisis costo-beneficio implicaría grandes gastos de espacios o terrenos, construcción y transporte, por lo que se propone mejorar en el manejo que se les da a los reactivos químicos mediante la implementación de elementos de un SMA de SQP para la Facultad de Ingeniería de la UASLP, los cuales se describen en el Capítulo 5.

CAPÍTULO 5: SISTEMA DE MANEJO AMBIENTAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.

5.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MANEJO AMBIENTAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.

Es importante que las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería que manejan reactivos, productos o residuos químicos; implementen un Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas (SMASQP) para mejorar el uso que debe dárseles a estas sustancias y contar con las medidas de prevención que permitan minimizar los riesgos y la probabilidad de que ocurra un evento adverso.

Los elementos del SMASQP se proponen a partir de los resultados del análisis de riesgo ambiental aplicado en esta tesis de maestría, los cuales permitieron identificar oportunidades de mejora y hacer algunas recomendaciones sobre el manejo de sustancias químicas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

Los elementos del SMASQP se fundamentan en la aplicación de los 5 campos del Método NTP: 749 en los que las áreas de trabajo fueron evaluadas. A partir de estos elementos, se establecieron las condiciones que deben cumplirse para tener un mayor control en el manejo de sustancias químicas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

Los elementos que conforman el SMASQP están relacionados con los objetivos de los módulos: 1, 2 y 9 del SMA de la UASLP, por lo que en la Figura 5.1 se presentan estos elementos y su relación con los módulos del sistema.

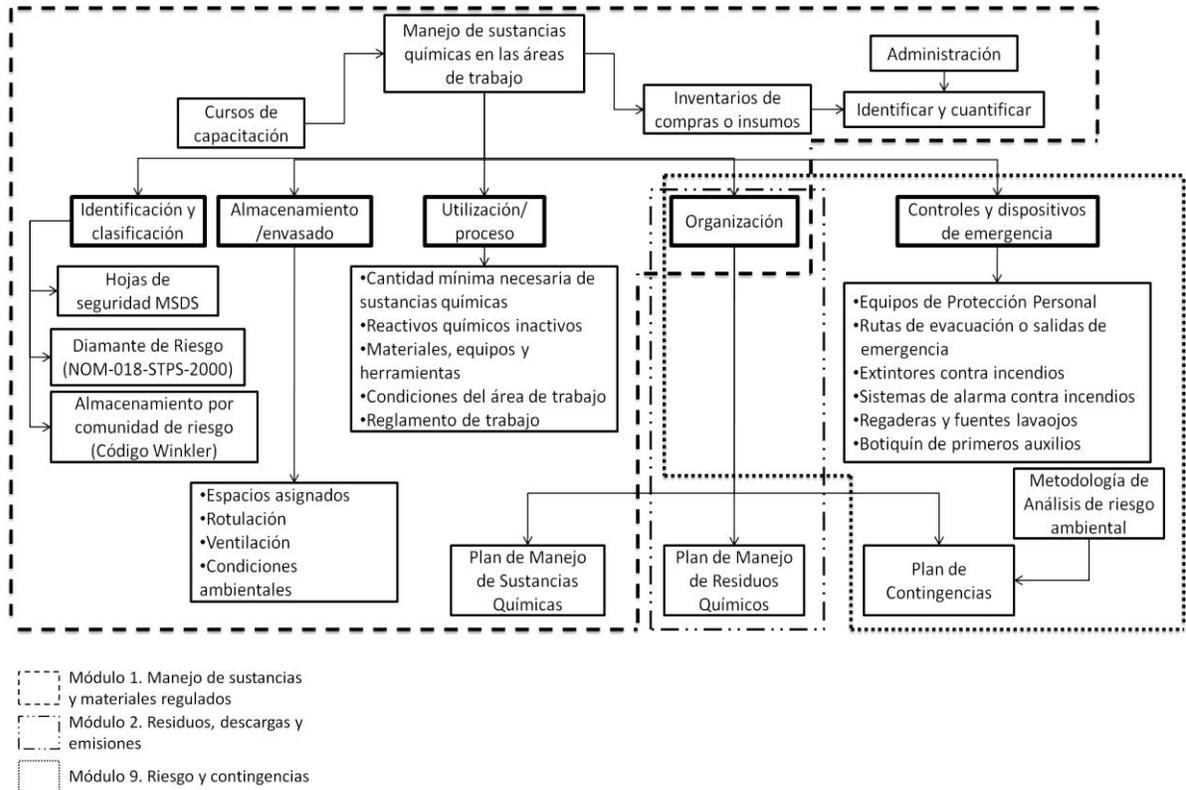


Figura 5.1 Elementos del Sistema de Manejo Ambiental de sustancias químicas peligrosas para la Facultad de Ingeniería de la UASLP [Fuente: Elaboración propia].

De manera general, las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería, a las que se les aplicó el análisis de riesgo ambiental de este proyecto de investigación, deben mejorar en cada uno de los campos (elementos principales del SMASQP) los criterios siguientes:

- 1) En la **identificación y clasificación de SQP**, se recomienda realizar un inventario de sustancias químicas que se manejan en el área de trabajo, preferentemente semestral, a fin de saber qué sustancias se tienen y en qué cantidades. Toda sustancia química utilizada deberá estar debidamente etiquetada en base a los sistemas de identificación y clasificación del Diamante de Riesgo de la NFPA y del Código de Almacenamiento Winkler¹. De igual manera, contar con las hojas de seguridad² de los reactivos químicos con el objetivo de conocer los riesgos asociados y las medidas de prevención con las que deben manejarse estas sustancias.

¹En los inventarios presentados en el Anexo B de esta tesis de maestría se indican los colores con los que deben etiquetarse los reactivos químicos a fin de facilitar su identificación y clasificación de almacenamiento, evitando posibles riesgos por incompatibilidades.

² Las hojas de seguridad pueden solicitarse a los proveedores que hacen entrega de los reactivos químicos o bien, adquirirse de páginas web.

- 2) En el **almacenamiento/envasado de SQP**, se debe asignar un espacio apropiado a la naturaleza de los reactivos químicos para que sirva de almacén. Éste deberá mantenerse limpio y organizado, en función de almacenar las sustancias químicas en base a la comunidad de riesgo, tal como fue descrito en el apartado 2.2.2.2 *Clasificación de almacenamiento por comunidad de riesgo*. Las recomendaciones de cómo deben almacenarse cada comunidad de sustancias químicas con riesgos característicos se describe a continuación.

Las **sustancias inflamables (color rojo)** deben ubicarse lejos de fuentes de ignición que provoquen accidentes como incendios. No deben estar colocados en el piso en el que puedan ser aventados con facilidad (a menos que sean sujetados), ni en lugares altos que al caerse puedan difundirse. Tampoco se recomienda tenerlos cerca de hornos, campanas o donde se trabaje a altas temperaturas. Se debe tener señalamiento de prohibición del uso de focos de ignición (ejemplo: Prohibido fumar).

Las **sustancias oxidantes (color amarillo)** deben ubicarse de manera aislada de las sustancias inflamables o de las que puedan reaccionar violentamente (aire, agua u otros reactivos químicos), pues tienen la facilidad de incrementar la posibilidad de fuego o explosión, mediante la generación de reacciones de oxidación exotérmica que incrementan la temperatura. Se debe tener especial cuidado del lugar donde se almacenan, pues son consideradas como: sustancias tóxicas, irritantes o asfixiantes y que pueden causar quemaduras; y sustancias muy agresivas que deterioran juntas o conexiones, provocando la liberación de fugas de sustancias a la atmósfera de trabajo.

Las **sustancias corrosivas (color blanco)** deben ubicarse en donde haya ventilación o campanas que extraigan los gases, vapores o polvos, que son desprendidos por estas sustancias. No deben colocarse en el piso ya que pueden ser aventados fácilmente con los pies, ni en lugares altos que al caerse puedan derramarse y provocar daños a materiales, o bien, caer sobre el cuerpo del propio usuario. Se debe tener especial cuidado con las sustancias corrosivas que tienen la característica de ser tóxicas o inflamables.

Las **sustancias tóxicas venenosas (color azul)** deben colocarse en lugares ventilados y ser tratados con precauciones extremas, preferentemente trabajar en una campana de seguridad bien ventilada. Al manejar estas sustancias, las manos deben lavarse con frecuencia.

Las **sustancias inocuas (color verde)** que son sustancias de almacenamiento general, pues no ofrecen ninguno de los riesgos mencionados anteriormente; sólo se recomienda asignar un área adecuada para facilitar su manejo y control.

- 3) En la **utilización/proceso de SQP**, se tiene que mejorar la Gestión de Compras, esto se refiere a solicitar sólo la cantidad mínima posible a utilizar, sin exceder o tener cantidades superiores a las necesarias; pues en la mayoría de las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería se tienen productos inactivos y cantidades mayores que las que se usan en las prácticas de laboratorio. Se deben respetar los espacios asignados como almacenes, pues regularmente en todas las áreas se encuentran envases de sustancias químicas sobre las mesas de trabajo. Para evitar tener sustancias inactivas, se recomienda tener contacto con otras áreas de trabajo que puedan darle uso a esa sustancia con el fin de que no se tengan almacenadas por periodos largos. Se requiere contar con medios de tratamiento y/o confinamiento para productos tóxicos o corrosivos a fin de que no sean desechados de una manera que puedan provocar un impacto ambiental negativo. Es necesario tener sistemas de detección (alarmas) para condiciones inseguras (fugas, incendios...).

- 4) En la **Organización de la prevención en el uso de SQP**, se requiere contar con los Planes de Manejo de Sustancias Químicas, de Manejo de Residuos y de Contingencias; y hacerlo del conocimiento del personal y alumnado relacionado con el manejo de sustancias químicas. Actualmente, el personal de las áreas de trabajo desconocen la existencia de estos planes dentro de la Facultad de Ingeniería, si estos han sido desarrollados anteriormente, no se lleva a cabo su implementación, por lo que es necesario mejorar esta parte de la gestión del riesgo y ofrecer cursos de capacitación a los involucrados, a fin de que estén informados y adiestrarse en el manejo seguro de sustancias químicas, conociendo los riesgos y las medidas de prevención que hay que adoptarse. Se recomienda aplicar la metodología del análisis de riesgo ambiental (propuesta en esta tesis de maestría) cuando existan cambios significativos en el manejo de SQP con el fin de identificar los riesgos y generar medidas de prevención y/o recomendaciones que permitan minimizarlos.

- 5) En el **Uso de Equipo de Protección y controles y dispositivos de emergencia**, se recomienda establecer salidas de emergencia o rutas de evacuación apropiadas que permiten a las personas

abatir el peligro y llevarlas a lugares menos riesgosos, esto resulta difícil por la infraestructura de la Facultad de Ingeniería, pero debe buscarse la manera que los laboratorios que implican un mayor riesgo, reubicarse en áreas en los que las salidas de emergencia sean más factibles.

5.2. ACTORES DEL SISTEMA DE MANEJO AMBIENTAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.

No sólo basta con la definición de elementos que permitan la mejora en el manejo de sustancias químicas en las áreas de trabajo para que su ejecución sea eficaz, sino deben estar involucrados diversos actores que participen en la implementación del SMASQP.

En el análisis de riesgo ambiental aplicado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería se pudo observar los diferentes esfuerzos que se han hecho para mejorar el manejo de SQP por parte de la Agenda Ambiental a través de su SMA, y de la Comisión y Subcomisión Mixta de Seguridad e Higiene como la responsable de establecer, desarrollar, implementar, regular y vigilar las medidas de prevención necesarias, a fin de conservar y mejorar la salud y el bienestar de la comunidad universitaria en los centros de trabajo.

Aunque la Agenda Ambiental y la Comisión y Subcomisión Mixta de Seguridad e Higiene tienen objetivos en común, como la mejora del manejo de SQP para contribuir a la seguridad laboral y cuidado del medio ambiente; las dos llevan a cabo diversas acciones con sentidos distintos que hacen que las responsabilidades que deben cumplirse se dispersen y no se lleguen a logros concretos en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, por lo que es necesario mantener una relación más estrecha y de manera permanente, a fin de que las actividades que ambas puedan realizar en conjunto, tengan un mayor impacto con resultados favorables y cada una cumpla con sus compromisos adquiridos.

La Agenda Ambiental y la Comisión y Subcomisión Mixta de Seguridad e Higiene, como líderes de la implementación de estos elementos, son las que pueden capacitar, adiestrar e involucrar al personal académico (supervisores, responsables y docentes de los laboratorios) que labora en áreas de trabajo que usan y/o almacenan sustancias químicas, en materia de seguridad, higiene y protección al medio ambiente, informando sobre los riesgos específicos de las actividades que se llevan a cabo, del impacto ambiental que puede generarse y de las medidas para prevenir accidentes. Se les debe dar a conocer a

los académicos, la importancia de la implementación del SMA y cómo debe ser su participación, para involucrarse de una manera más responsable y mejorar en los rubros que corresponden al manejo de sustancias químicas y minimizar los riesgos que éstas implican.

El Personal Académico, al estar capacitado, podrá administrar el manejo de sustancias químicas en las áreas de trabajo y supervisar que los distintos lineamientos de regulación se cumplan.

Finalmente, al ser el Personal Académico, quien tiene contacto directo con los alumnos (éstos representan la mayor población de la comunidad universitaria), deberá hacerlos partícipes e involucrarlos en la mejora del manejo de sustancias químicas, en el conocimiento de los riesgos asociados y de las medidas de prevención que se deben tomar al realizar alguna actividad en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, a fin de mantener un área de trabajo y de estudio más limpio y seguro.

Se concluye que la Agenda Ambiental, la Comisión y Subcomisión Mixta de Seguridad e Higiene, el Personal Académico y los Alumnos son los 4 grupos que participarían en la operación de los elementos que se proponen para un SMASQP en la Facultad de Ingeniería de la UASLP. El organigrama de los actores que participan en la operación del SMASQP se muestra en la Figura 5.2.

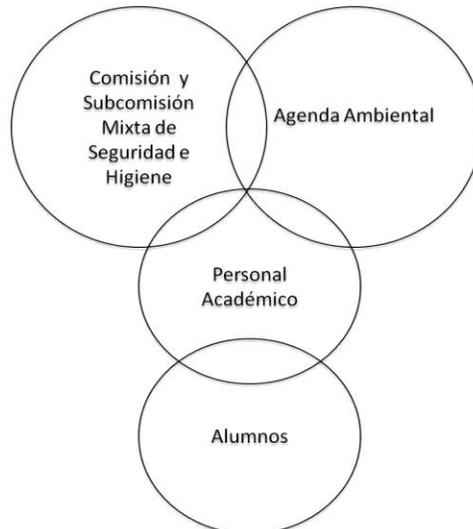


Figura 5.2 Organigrama de operación del Sistema de Manejo Ambiental de Sustancias Químicas Peligrosas para la Facultad de Ingeniería de la UASLP [Fuente: Elaboración propia].

CONCLUSIONES

Antes de concluir, es pertinente señalar que no siempre es posible evitar la ocurrencia de situaciones adversas por el manejo de sustancias químicas peligrosas (SQP). Sin embargo, a partir de un análisis de riesgo se puede evaluar: la probabilidad de que ocurra dicho evento, la frecuencia a la que están expuestas las personas y la magnitud de las consecuencias; permitiendo establecer prioridades de acción para implementar medidas de prevención y planes de contingencia que den una respuesta oportuna y adecuada a los riesgos que han sido evaluados.

En este proyecto de investigación, se hizo la propuesta de una metodología para el análisis de riesgo ambiental por el manejo de SQP aplicada a las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP, la cual permitió obtener los resultados que se describen a continuación.

Se identificaron las áreas de trabajo (laboratorios de docencia y/o investigación) que manejan sustancias químicas en la Facultad de Ingeniería de la UASLP, siendo de las 48 áreas pertenecientes, sólo 19 las que competen.

Se elaboraron los inventarios de las sustancias químicas con cantidades estimadas en un periodo semestral que se manejan en las 19 áreas de trabajo identificadas en la Facultad de Ingeniería de la UASLP. Las sustancias químicas registradas en los inventarios se clasificaron en base a los sistemas: Diamante de Riesgo NFPA (Identificación de riesgos y comunicación de peligros) y Código de Almacenamiento Winkler (Almacenamiento de sustancias químicas por comunidad de riesgo).

Las 19 áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP se caracterizaron por el manejo actual que les dan a las sustancias químicas mediante la evaluación de una “Escala Estrellas”, permitiendo identificar oportunidades de mejora para cada una de ellas y en cada rubro de evaluación.

Las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP se clasificaron en base a su Nivel de Riesgo (NR) a partir de la aplicación del Método “NTP 749: Evaluación del riesgo de accidentes por agentes químicos” determinando que 5, de las 19 áreas, presentan el nivel de riesgo más alto (NR=4), lo que corresponde a una situación crítica de riesgo en el que las medidas de prevención y/o corrección deberán ser implementadas de manera inmediata.

El Método NTP 749 permitió además establecer Niveles de Prioridad (NP) en base al valor obtenido para el NR de cada área de trabajo, asignando un NP=1 para el área de trabajo cuyo NR fue el valor máximo; esto indica que el riesgo es mayor¹ y que se requiere corregir o generar medidas de prevención inmediatas. El NP=2 se asignó al área de trabajo con el segundo NR más elevado, y así sucesivamente, hasta asignar el último valor de NP al área de trabajo cuyo NR fue el mínimo; es decir, que requiere de una atención menor, aunque deben continuar aplicándose las medidas de seguridad que ya se han venido realizando.

Las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería que tienen un nivel de riesgo mayor (NR=4) y niveles de prioridad significativos (NP de 1 a 4), se debe a que hacen uso de sustancias químicas altamente explosivas (gas LP y acetileno) en cantidades importantes y en condiciones de manejo mejorables, representando un riesgo ambiental en el que se podrían ver afectados la integridad humana, los bienes materiales y el ambiente universitario. Tal es el caso de las áreas de trabajo de Procesos de Manufactura II, Análisis de Materiales, Beneficio de Materiales, Análisis y de Fundición y Vaciado.

Las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería que tienen un nivel de riesgo menor (NR=1) y niveles de prioridad poco significativos (NP de 9 a 10), se debe a que hacen uso de pocas sustancias químicas (máximo 10) con cantidades mínimas (manejadas en ml) y cuya probabilidad de representar un riesgo potencial es casi nula. Tal es el caso de las áreas de trabajo de Microscopía, Procesos No Alimentarios, Petrografía y Minerografía, Paleontología, Termodinámica y del Taller de Materiales.

El gas LP y el acetileno tienen la particularidad de ser SQP que pueden provocar reacciones violentas, daños ambientales irreversibles y situaciones incontrolables en comparación de otras sustancias; representando un riesgo ambiental para la Facultad de Ingeniería, el ambiente universitario y los alrededores, por lo que se decidió realizar el modelado del impacto de estas sustancias en caso de un accidente (explosión y/o incendio).

El modelado del impacto del gas LP y acetileno se realizó mediante el uso del Simulador SCRI-FUEGO, permitiendo visualizar las áreas de afectación (las zonas de riesgo y de amortiguamiento) para los

¹ Se hace referencia a las zonas de alto riesgo como aquellas en las que el impacto sería más significativo si se llegara a presentar un accidente, y no refiriéndose como las más vulnerables, es decir, que la probabilidad de que ocurra un accidente en esas áreas sea mayor.

diferentes escenarios de riesgo en la Facultad de Ingeniería de la UASLP, los cuales fueron representados en mapas apoyados en Sistemas de Información Geográfica (ArcGis versión 9.3).

Los resultados obtenidos del modelo permitieron identificar al Edificio L como la zona de mayor riesgo, debido a que en él se encuentran la mayoría de las áreas de trabajo que manejan cantidades significativas de reactivos: ahí se ubican 1 tanque de acetileno en el interior de un laboratorio y 4 tanques de gas LP en la azotea, por lo que si llega a presentarse la explosión de uno de ellos, provocaría simultáneamente las explosiones de los otros. Además, es un edificio grande en donde la protección de bienes sería superior a la de otros edificios; y también la de la integridad de la gente, ya que al existir un número alto de laboratorios, hay una mayor concentración de personas (alumnado, personal administrativo y de docencia). Para este caso específico, lo recomendable es que el almacenamiento de los tanques de gas LP y acetileno sea en el exterior, con salvaguardas y una ventilación propia, respetando las zonas de riesgo y de amortiguamiento.

A partir del modelado de la explosión de los tanques de gas LP y acetileno también se observó que el diseño de la infraestructura de la zona universitaria oeste de la UASLP es inapropiada, puesto que en la ocurrencia de un evento adverso, no da cabida al movimiento de grupos de seguridad (brigadas, bomberos, personal de protección civil...), que den una respuesta oportuna y adecuada en caso de emergencia.

En consecuencia, el diseño de la infraestructura y la localización de las áreas de trabajo en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería impide la entrada de camillas, camiones con extintores de fuego, rutas de acceso, rutas de evacuación... pero el rediseño de esta infraestructura, y en general de la zona universitaria oeste de la UASLP, no es una opción factible, porque simplemente al hacer un análisis costo-beneficio implicaría grandes gastos de espacios o terrenos, construcción y transporte, por lo que se propone mejorar en el manejo que se les da a los reactivos químicos mediante el desarrollo de elementos que conformen un SMA de SQP para la Facultad de esta dependencia universitaria.

Por lo anterior, se definieron los elementos de un SMA de SQP basados en los 5 campos de evaluación propuestos por el Método NTP 749, los cuales son: 1) Identificación y clasificación de SQP, 2) Almacenamiento/envasado de SQP, 3) Utilización/proceso de SQP, 4) Organización de la prevención en el uso de SQP y 5) Uso de equipo de protección y controles y dispositivos de emergencias. Las

recomendaciones hechas en el *Capítulo 5* para cada uno de estos elementos permitirán tener un mayor control y seguridad en el manejo de SQP en las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

Es importante resaltar que la aplicación de los elementos del SMA de SQP definidos en esta tesis de maestría sería eficaz, si el trabajo se desarrolla a través de la organización y participación de varios actores, desempeñando las diversas responsabilidades que les corresponden. Las recomendaciones hechas consisten en que la Agenda Ambiental, a través de su SMA, trabaje en conjunto con la Comisión y Subcomisión Mixta de Seguridad e Higiene para dirigir la mejora del desempeño ambiental en el manejo de SQP; capacitando y haciendo partícipe al Personal Académico que trabaja con estas sustancias, para que este último al tener contacto con los Alumnos, quienes constituyen la mayor población de la comunidad universitaria, puedan proporcionar el conocimiento apropiado e involucrarlos a contribuir en la mejora del manejo de SQP en las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.

Finalmente, al cumplirse con los objetivos planteados en este proyecto de investigación, la **hipótesis** planteada **es aceptada**, pues la aplicación de una metodología de análisis de riesgo ambiental en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP permitió definir los elementos de un SMA de SQP que minimicen el riesgo ambiental al que están expuestos las personas, la infraestructura y el ambiente de esta dependencia universitaria.

A fin de lograr una mejora en el desempeño ambiental de la UASLP y no sólo en la Facultad de Ingeniería, la investigación realizada en esta tesis de maestría deberá ampliarse hacia el análisis de riesgo ambiental en las otras facultades de la zona universitaria oeste y en las demás dependencias de la universidad que hagan uso de estas sustancias, para obtener una mayor caracterización del riesgo, contribuir al desarrollo de los elementos del SMA de SQP definidos en este proyecto y optimizar el manejo de SQP en sus instalaciones.

Por consiguiente, la metodología desarrollada en esta tesis de maestría también podrá ser aplicada en otras instituciones educativas que cuenten con áreas de trabajo (laboratorios de docencia y/o de investigación) que manejen SQP en mejora de su desempeño ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

ACS, 2011. American Chemical Society. *Chemical Abstracts Service*. Actualizada: 2011. [Fecha de consulta: 5 de agosto 2011]. Disponible en: <http://www.cas.org/cgi-bin/cas/regreport.pl>

ANUIES, 2000. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, 2000. *La Educación Superior en el Siglo XXI. Líneas estratégicas de desarrollo. Una propuesta de la ANUIES*. Editorial Santillán, México, 497pp.

COMPLEXUS, 2009. Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sostenible. *Misión y objetivos*. Actualizada: 4 noviembre 2009. [Fecha de consulta: 4 marzo 2010]. Disponible en: <http://www.complexus.org.mx/Mision.aspx>

CRUE, 2010. Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas. *¿Qué es la CRUE?*. Actualizada: febrero 2010. [Fecha de consulta: 4 marzo 2010]. Disponible en: <http://www.crue.org/crue/>

DAPA, 2010. Dirección de Agua Potable y Alcantarillados. *Ley de Aguas para el Estado de San Luis Potosí*. Actualizada: 30 diciembre 2010. [Fecha de consulta: 15 enero 2011]. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/San%20Luis%20Potosi/wo29913.pdf>

DH, 2005. Dinámica Heurística, 2005. *Manual de Referencia: SCRI – FUEGO. Modelos de simulación para análisis de consecuencias por fuego y explosiones*. México, 91 pp.

EPA, 2009. Environmental Protection Agency. *EPA Risk Assessment: Basic Information*. Actualizada: 22 septiembre 2009. [Fecha de consulta: 4 octubre 2009]. Disponible en: <http://www.epa.gov/risk/basicinformation.htm#risk>

HASLP, 2001. H. Ayuntamiento San Luis Potosí. *Reglamento de Bando de Policía y Buen Gobierno del Municipio de San Luis Potosí*. Actualizada: 19 mayo 2001. [Fecha de consulta: 10 noviembre 2010]. Disponible en: <http://www.sanluis.gob.mx/normatividad.php>

HASLP, 2002. H. Ayuntamiento San Luis Potosí. *Reglamento de Aseo Público del Municipio Libre de San Luis Potosí*. Actualizada: 19 octubre 2002. [Fecha de consulta: 25 octubre 2010]. Disponible en: <http://www.sanluis.gob.mx/normatividad.php>

HASLP, 2006. H. Ayuntamiento San Luis Potosí. *Reglamento de Ecología para el Municipio de San Luis Potosí*. Actualizada: 23 diciembre 2006. [Fecha de consulta: 3 junio 2010]. Disponible en: <http://www.sanluis.gob.mx/normatividad.php>

HASLP, 2009. H. Ayuntamiento San Luis Potosí. *Ley Orgánica del Municipio Libre del Estado de San Luis Potosí*. Actualizada: 22 diciembre 2009. [Fecha de consulta: 4 junio 2010]. Disponible en: <http://www.sanluis.gob.mx/transnormatividad.php>

Ibero, 2008. Universidad Iberoamericana. *Ibero Campus Verde: Diagnóstico y plan de acción*. Actualizada: Agosto 2008. [Fecha de consulta: 10 Noviembre 2009]. Disponible en: http://www.uia.mx/web/files/pma/diagnostico_y_plan_de_accion.pdf

IISD, 2010. International Institute for Sustainable Development. *Copernicus - The University Charter for Sustainable Development*. Actualizada: mayo 1994. [Fecha de consulta: 30 mayo 2010]. Disponible en: <http://www.iisd.org/educate/declarat/coper.htm>

INE, 1999. Cortinas, C. y Pérez, C. 1999. *Promoción de la Prevención de Accidentes Químicos*. Documento del Instituto Nacional de Ecología, México, 199 pp.

INE, 2003. Yarto, M et al. 2003. *El universo de las sustancias químicas peligrosas y su regulación para un manejo adecuado*. Gaceta Ecológica Instituto Nacional de Ecología, octubre-diciembre número 069. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/539/53906904.pdf>

INSHT, 2007. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. *Centro Nacional de Condiciones de Trabajo: "NTP 749: Evaluación del Riesgo de accidentes por agentes químicos. Metodología Simplificada*. Actualizada: 15 junio 2007. [Fecha de consulta: 28 junio 2010]. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_749.pdf

ISSSTE, 2007. *Ley del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado*. Actualizada: 31 marzo 2007. [Fecha de consulta: 5 abril 2009]. Disponible en: <http://www.hidalgo.gob.mx/descargables/leydelissste.pdf>

LAN, 2002. Comisión Nacional del Agua. *Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales*. Actualizada: 29 agosto 2002. [Fecha de consulta: 3 marzo 2011]. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/REGLAMENTO%20DE%20LA%20LEY%20DE%20AGUAS%20NACIONALES.pdf>

LAN, 2008. *Ley de Aguas Nacionales*. Actualizada: 18 abril 2008. [Fecha de consulta: 1 marzo 2011]. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16.pdf>

LFT, 2006. *Ley Federal del Trabajo*. Actualizada: 17 enero 2006. [Fecha de consulta: 30 abril 2010]. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/125.pdf>

LGEEPA, 2010. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Actualizada: 6 abril 2010. [Fecha de consulta: 25 abril 2010]. Disponible en: <http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>

LGPGIR, 2006. *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Actualizada: 30 noviembre 2006. [Fecha de consulta: 12 mayo 2010]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGPGIR.pdf

LGPGIR, 2007. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Actualizada: 19 junio 2007. [Fecha de consulta: 10 mayo 2010]. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf>

Melbourne, 2009. The University of Melbourne. Esther Mcconnell, EH&S Officer. *School of Chemistry*. Actualizada: 20 abril 2010. [Fecha de Consulta: 25 abril 2010]. Disponible en: <http://safety.chemistry.unimelb.edu.au/>

Morales, 2008. Morales, L., 2008. *Diagnóstico organizacional para el desempeño ambiental de la UASLP: el sistema de manejo ambiental*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 127pp.

OIUDSMA, 2008. Organización Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente. *Objetivos y Declaración de compromisos*. Actualizada: 8 octubre 2008. [Fecha de consulta: 5 noviembre 2009]. Disponible en: <http://www.oiudsma.org/>

Queensland, 2007. The University of Queensland. *Occupational Health & Safety Unit. Guidelines for the risk Assessment of Chemicals*. Actualizada: Junio 2007. [Fecha de consulta: 20 abril 2010]. Disponible en: http://www.uq.edu.au/ohs/pdfs/Risk_Assessment_of_Chemicals.pdf

SEGAM, 1999. Secretaria de Ecología y Gestión Ambiental. *Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí*. Actualizada: 15 diciembre 1999. [Fecha de consulta: 10 marzo 2010]. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/San%20Luis%20Potosi/wo29911.pdf>

SEGAM, 2002. Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental. *Listado de actividades riesgosas para el Estado de San Luis Potosí*. Actualizada: 5 junio 2002. [Fecha de consulta: 10 marzo 2010]. Disponible en: <http://148.206.53.231/bdcrom/GAM06/GAMV15/root/docs/EDO-839.PDF>

SEMARNAT, 2005. Vázquez, A. 2005. *Agenda Gris: una visión estratégica para el manejo integral de las sustancias y residuos peligrosos*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. 13pp.

SEMARNAT, 2007. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Listados de Actividades Altamente Riesgosas*. Actualizada: 2010. [Fecha de consulta: 4 enero 2010]. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/materialesactividades/Paginas/actividadesaltamenteriesgosa.aspx>

SEMARNAT, 2011. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Normas Oficiales Mexicanas*. Actualizada: 7 julio 2011. [Fecha de consulta: 15 julio 2011]. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/normas/Pages/normasoficialesmexicanasvigentes.aspx>

SNPC, 1998. Sistema Nacional de Protección Civil. *Ley de Protección Civil del Estado de San Luis Potosí*. Actualizada: 27 junio 1998. [Fecha de consulta: 2 mayo 2010]. Disponible en: <http://statecasefiles.justia.com/estatales/san-luis-potosi/ley-de-proteccion-civil-del-estado-de-san-luis-potosi.pdf>

SNPC, 2002. Sistema Nacional de Protección Civil. *Reglamento de Protección Civil del Municipio Libre de San Luis Potosí*. Actualizada: 22 octubre 2002. [Fecha de consulta: 22 mayo 2010]. Disponible en: <http://www.sanluis.gob.mx/normatividad.php>

SNPC, 2006. Sistema Nacional de Protección Civil. *Ley General de Protección Civil*. Actualizada: 24 abril 2006. [Fecha de consulta: 27 mayo 2010]. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/141.pdf>

SRAG, 2005. Security Risk Analysis Group. *Security risk analysis world: information for security risk assessment, risk analysis and security risk management*. Actualizada: 2005. [Fecha de consulta: 27 octubre 2009]. Disponible en: <http://www.security-risk-analysis.com/index.htm>

SS, 2010. Secretaría de Salud. *Ley General de Salud*. Actualizada: 27 abril 2010. [Fecha de consulta: 27 marzo 2010]. Disponible en: <http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142.pdf>

STPS, 1997. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. *Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo*. Actualizada: 21 enero 1997. [Fecha de consulta: 28 abril 2010]. Disponible en: http://www.stps.gob.mx/marcojuridico/vinculos_juridico/reglamentos_marco/r_seguridad.pdf

STPS, 2006. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. *Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente en el Trabajo del Sector Público Federal*. Actualizada: 29 noviembre 2006. [Fecha de consulta: 1 mayo 2010]. Disponible en: http://www.stps.gob.mx/marcojuridico/pdf/Reglamentos/Reglamento_Seguridad_Higiene_Medio_Ambiente.pdf

STPS, 2010. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. *Normas Oficiales Mexicanas*. Actualizada: 13 abril 2010. [Fecha de consulta: 29 abril 2010]. Disponible en: http://www.stps.gob.mx/noms_stps.htm

UAM, 2000. Universidad Autónoma de Madrid. *Proyecto Ecocampus de la UAM, España*. Actualizada: 5 julio 2000. [Fecha de consulta: 21 abril 2010]. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/bpes/onu00/bp346.html>, http://www.uam.es/servicios/ecocampus/especifica/eco_oficina.htm

UASLP, 1997. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. *Reglamento de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene*. Actualizada: 10 junio 1997. [Fecha de consulta: 12 marzo 2010]. Disponible en: <http://www.uaslp.mx/Spanish/Administracion/DDH/Departamentos/Depto%20Personal/Documents/Reglamento%20de%20higiene%20y%20seguridad.pdf>

UASLP, 2004. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. *Agenda Ambiental: Sistema de Manejo Ambiental*. Actualizada: 31 mayo 2004. [Fecha de consulta: 8 noviembre 2009]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/076.pdf> y <http://ambiental.uaslp.mx/sma/>

UASLP, 2008. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. *Contrato Colectivo de Trabajo*. Actualizada: febrero 2008. [Fecha de consulta: 1 marzo 2010]. Disponible en: <http://www.uaslp.mx/Spanish/Administracion/DDH/Contratos/Colectivos/Documents/CONTRATO%20ADMINISTRATIVO%202008%20-%202010.pdf>

UASLP, 2010. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. *Reglamento de Prevención, Seguridad y Protección Civil*. Actualizada: 1 marzo 2010. [Fecha de consulta: 8 marzo 2010]. Disponible en: <http://www.uaslp.mx/Spanish/Institucional/normativa/Seguridad/Paginas/default.aspx>

UASLP, 2010. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. *Facultad de Ciencias Químicas. Reglamento de Manejo, Tratamiento y Minimización de Residuos*. Actualizada: 27 septiembre 2010. [Fecha de consulta: 20 julio 2011]. Disponible en: <http://www.uaslp.mx/Spanish/Academicas/FCQ/cmsh/Documents/Reglamento%20de%20Manejo.%20Tratamiento%20y%20Minimizaci%C3%B3n%20de%20Residuos.pdf>

UCC, 2009. Universidad de Concepción Chile. *Departamento de Ingeniería Química: Gestión y manejo de sustancias y residuos peligrosos*. Actualizada: 2009. [Fecha de consulta: 1 junio 2010]. Disponible en: <http://www.eiq.cl/cchic2009/resumenes/E/E10.pdf>

UNAM, 2007. Universidad Autónoma de México. *Reglamento para el manejo, tratamiento y minimización de residuos generados en la facultad de química de la UNAM*. Actualizada: Agosto 2007. [Fecha de consulta: 9 octubre 2009]. Disponible en: <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/residuos.pdf>

USLF, 2001. University Leaders for a Sustainable Future. *Talloires Declaration*. Actualizada: 2001. [Fecha de consulta: 27 enero 2010]. Disponible en: http://www.ulsf.org/programs_talloires.html

Western, 2011. The University of Western Australia. *Safety & Health: Chemical Risk Assessment*. Actualizada: 11 mayo 2011. [Fecha de consulta: 28 junio 2011]. Disponible en: http://www.safety.uwa.edu.au/about_chemical_safety/chemical_risk_assessment

Winkler, 2010. Empresa Winkler. *Identificación de Riesgos*. Actualizada: 2010. [Fecha de consulta: 15 enero 2010]. Disponible en: http://www.winklerltda.com/riesgos_detalle.htm

ANEXO A. LISTA DE VERIFICACIÓN DEL RIESGO EN LAS INSTALACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.

A continuación se presenta la Lista de verificación del riesgo aplicada a las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP para el Análisis de riesgo ambiental.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



PROYECTO DE MAESTRÍA: "Análisis de riesgo ambiental por el manejo de sustancias químicas peligrosas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP".

ALUMNO: IQ. Miguel Mauricio Aguilera Flores.

Correo electrónico: giocare7@hotmail.com

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Alfredo Ávila Galarza.

Lista de verificación del riesgo en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UASLP.	
Nombre del área de trabajo:	
Ubicación (Facultad, Departamento o Área):	
Encargado(s) o profesor(es) que imparte(n) el laboratorio:	
Contacto(s): teléfono(s) y correo electrónico(s):	

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	SI	NO	No aplica	Calificación ¹
1. Se almacenan, usan y/o producen sustancias químicas peligrosas (SQP), ya sean materias primas, productos intermedios, subproductos, productos acabados, o residuos.				
IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SQP				
2. Están identificados e inventariados las SQP presentes en el área de trabajo.				
3. Están correctamente señalizados por etiqueta los envases de las SQP.				
4. En tuberías que contengan SQP se han pegado, fijado o pintado etiquetas de identificación del producto y el sentido de circulación de los fluidos.				
5. Se dispone de la hoja de seguridad de las SQP y, en su caso, información suficiente y adecuada de aquellas SQP que no dispongan hoja de seguridad (residuos, o productos intermediarios).				
ALMACENAMIENTO/ENVASADO DE SQP				
6. Las SQP se almacenan en recintos especiales, agrupados por comunidad de riesgo y suficientemente aislados (por distancia o por pared divisoria) de los incompatibles o que pueden generar reacciones peligrosas.				

¹ Si la respuesta es positiva, significa que el criterio a verificar se cumple en el área de trabajo. En caso de dar una respuesta negativa, se le asigna a esa pregunta, una calificación que puede ser: **muy deficiente**, **deficiente** o **mejorable** en función de los factores de riesgo presentes y de la peligrosidad de la sustancia química. La pregunta 1 no se califica, ya que al plantearse como una pregunta "clave", su respuesta negativa implica que en esa área no se trabaja con sustancias químicas y el cuestionario ya no se aplica [INSHT, 2007].

7. El área de almacenamiento está correctamente ventilada, sea por tiro natural o forzado.				
8. Las áreas de almacenamiento, utilización y/o producción, cuando la cantidad y/o la peligrosidad del producto lo requieran, garantiza la recogida y conducción a una zona o recipiente seguro de fugas o derrames de SQP en estado líquido.				
9. Los envases que contienen SQP son totalmente seguros (cierre automático, cierre de seguridad con enclavamiento, doble envoltente, revestimiento amortiguador de choques).				
10. Prohibición del uso de focos de ignición en el almacén de SQP inflamables.				
UTILIZACIÓN/PROCESOS DE SQP				
11. En el área de trabajo sólo permanece la cantidad de SQP estrictamente necesaria para el trabajo inmediato (nunca cantidades superiores a las necesarias).				
12. Las SQP existentes para uso en el trabajo y no utilizados, están depositados en recipientes adecuados, armarios protegidos o recintos especiales.				
13. Se evita pipetear con la boca.				
14. La instalación eléctrica en las zonas con riesgo de atmósferas inflamables es antiexplosiva.				
15. La instalación eléctrica de equipos, instrumentos, salas y almacenes de productos corrosivos es adecuada.				
16. Las características de los materiales, equipos y herramientas son adecuadas a la naturaleza de las SQP que se utilizan.				
17. Se comprueba la ausencia de fugas y, en general, el correcto estado de las instalaciones y/o equipos antes de su uso.				
18. En aquellos equipos o procesos que lo requieren, existen sistemas de detección de condiciones inseguras, como sistemas de alarma.				
19. Los venteos y salidas de los dispositivos de seguridad para productos inflamables/explosivos están canalizados a lugar seguro.				
20. Para productos tóxicos o corrosivos existen medios para el tratamiento, absorción, destrucción y/o confinamiento seguro de los efluentes provenientes de los dispositivos de seguridad y de los venteos.				
21. Las operaciones con posibles desprendimientos de gases, vapores o polvos, de SQP se realizan en áreas bien ventiladas o con campanas de aspiración.				
ORGANIZACIÓN DE LA PREVENCIÓN EN EL USO DE SQP				
22. Los encargados del área de trabajo están informados de los riesgos asociados a las SQP y conocen las medidas de prevención y protección que hay que adoptar.				
23. A los estudiantes se les explica y se les informa adecuadamente de los riesgos asociados de las SQP con los que trabajan y se les dan a conocer las medidas de prevención y protección a las que hay que sujetarse.				
24. Los encargados y los alumnos tienen acceso a las hojas de seguridad.				
25. Se cuenta ya con sistemas de manejo para cada SQP.				
26. Existe un programa de mantenimiento preventivo de aquellos equipos o instalaciones de cuyo correcto				

funcionamiento dependa la seguridad del proceso.				
27. Se dispone de medios específicos para la neutralización y limpieza de derrames y/o para el control de fugas y existen instrucciones de actuación.				
28. Existe un programa de gestión de residuos y se controla su aplicación.				
29. Se han implantado normas de higiene personal correctas (lavarse las manos, cambiarse de ropa, prohibición de comer, beber o fumar en los puestos de trabajo, etc.) y se controla su aplicación.				
30. Se dispone de Plan de Emergencias ante situaciones críticas en las que se vean involucrados SQP (fugas, derrames, incendios y/o explosiones).				
USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y CONTROLES Y DISPOSITIVOS DE EMERGENCIA				
31. Se dispone y se controla el uso eficaz de los equipos de protección individual (EPI) necesarios en las distintas tareas con riesgo de exposición o contacto con SQP.				
32. Existen regaderas y fuentes lavajos próximas a los lugares donde sea factible la proyección de SQP.				
33. Existen salidas de emergencia o rutas de evacuación señalizadas y que permitan a las personas abatir el peligro, llevándolas a un lugar menos riesgoso.				

ANEXO B. INVENTARIOS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN LAS ÁREAS DE TRABAJO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP.

A continuación se presentan los inventarios de sustancias químicas manejadas con cantidades existentes estimadas en un periodo semestral para cada una de las áreas de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UASLP. Se indica la clasificación del tipo y grado de la NFPA (National Fluid Power Association de EUA) estipulada en la NOM-018-STPS-2000 (diamante de riesgo); y de almacenamiento por comunidad de riesgo, en base a la clasificación del Código Winkler (color de almacenamiento).

ANEXO B.1: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE BENEFICIO DE MATERIALES.

Laboratorio de Beneficio de Materiales.
Ubicación: Edificio B.
Encargado: Ing. Jaime Zapata Velázquez.
e-mail: zapataja@uaslp.mx
Elaboración: Septiembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3	4		
1	Gas LP	1	4	0	Inf	1 tanque de 30 kg	Inflamable

ANEXO B.2: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA II.

Laboratorio de Procesos de Manufactura II.
Ubicación: Edificio B.
Encargado: Ing. Jorge Francisco Nieto Méndez.
e-mail: jfnieto2002@yahoo.com.mx
Elaboración: Agosto 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3	4		
1	Acetileno	0	4	3	Inf	2 tanques de 3.5 kg 2 tanques de 4.0 kg	Inflamable
2	Argón	0	0	0		2 tanques de 12 kg	Inocuo
3	Dióxido de carbono	1	0	0		4 tanques de 12 kg	Inocuo
4	Oxígeno	3	0	0	Oxi	3 tanques de 12 kg	Oxidante

ANEXO B.3: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO.

Laboratorio de Control de Calidad del Proceso.

Ubicación: Edificio C.C.I.M.

Encargado: Ing. Nora Edith Cerón Arenas.

e-mail: norac@uaslp.mx

Elaboración: Septiembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	3	0	inf		
1	Acetona	1	3	0	inf	1 L	Inflamable
2	Ácido clorhídrico	3	0	1	cor	2 L	Corrosivo
3	Ácido fluorhídrico	4	0	1	cor	1 L	Corrosivo
4	Ácido fosfórico	3	0	0	cor	1 L	Corrosivo
5	Ácido nítrico	4	0	1	oxi	2 L	Oxidante
6	Alcohol etílico	0	3	0	inf	4 L	Inflamable
7	Alcohol isopropílico	1	3	0	inf	4 L	Inflamable
8	Azul de metileno	1	1	0		100 g	Inocuo
9	Bióxido de carbono*	1	0	0		2 tanques de 12 kg	Inocuo
10	Cloruro de amonio	1	0	0		500 g	Inocuo
11	Dimetilgloxima	2	1	0		100 ml	Inocuo
12	1,5 Difenil-carbohidrazida	2	1	0		100 ml	Inocuo
13	Etilenglicol	1	2	0	inf	1 L	Inflamable
14	Hidróxido de amonio	3	1	0	cor	500 ml	Corrosivo
15	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	500 g	Corrosivo
16	Peróxido de hidrógeno 30%	2	0	3	oxi	100 ml	Oxidante
17	Peróxido de hidrógeno 3%	0	0	1	oxi	100 ml	Oxidante
18	Rojo de metilo	2	0	0		250 g	Inocuo
19	Tiocianato de potasio	2	0	0	ven	250 ml	Veneno

*El laboratorio almacena los tanques de bióxido de carbono, pero éstos son utilizados en el laboratorio de Fundición y Vaciado que se encuentra también en el Edificio C.C.I.M.

ANEXO B.4: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE FUNDICIÓN Y VACIADO.

Laboratorio de Fundición y Vaciado.
 Ubicación: Edificio C.C.I.M.
 Encargado: M.I. Sergio Villanueva Bravo.
 e-mail: svillanu@uaslp.mx
 Elaboración: Septiembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		2	1	1			
1	Acero (chatarra)	2	1	1		60 kg	Inocuo
2	Acero – Manganeseo	2	1	1		10 kg	Inocuo
3	Acetileno	0	4	3	inf	1 tanque de 1.5 kg	Inflamable
4	Alúmina (refractario)	1	0	0		50 kg	Inocuo
5	Aluminio	0	3	1	inf	70 kg	Inflamable
6	Aluminio (camisas exotérmicas)	0	3	1	inf	30 piezas	Inflamable
7	Argón	0	0	0		2 tanques de 5 kg	Inocuo
8	Barniz (solvente)	2	1	0	ven	1 L	Venoso
9	Barniz de poliuretano	2	1	0	ven	½ galón	Venoso
10	Bentonita de calcio	1	0	0		50 kg	Inocuo
11	Bentonita sódica	2	0	0	ven	50 kg	Venoso
12	Bronce	2	0	0		120 kg	Inocuo
13	Esmalte anticorrosivo	1	2	0	inf	1 galón	Inflamable
14	Gas LP	1	4	0	inf	*	Inflamable
15	Grafito	1	1	0		10 kg	Inocuo
16	Oxígeno	3	0	0	oxi	2 tanques de 5 kg	Oxidante
17	Óxido de boro	1	0	1	Oxi	400 kg	Oxidante
18	Pinturas de grafito base alcohol	1	1	0	inf	30 kg	Inflamable
19	Resina	2	1	0		1 galón	Inocuo
20	Tinner	2	3	0	inf	1 L	Inflamable
21	Yeso (sulfato de calcio)	1	0	0		50 kg	Inocuo

*El tanque de Gas LP se encuentra en la azotea del Edificio C.C.I.M.

ANEXO B.5: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS.

Laboratorio de Análisis.

Ubicación: Edificio D.

Encargado: Ing. Ma. Ángeles Navarro.

e-mail: gelan@uaslp.mx

Elaboración: Septiembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		2	0	0			
1	2-4-dinitrofenilhidracina	2	0	0		15 g	Inocuo
2	2-6-b dinitrofenol	3	1	3	cor	8 g	Corrosivo
3	Acetato de amonio	1	0	0		10 g	Inocuo
4	Acetato de sodio	1	1	1		2.5 kg	Inocuo
5	Acetato de sodio hidratado	1	0	1		250 g	Inocuo
6	Acetileno	0	4	3	inf	1 tanque de 6.1 kg	Inflamable
7	Acetona	1	3	0	inf	2 L	Inflamable
8	Ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfónico	1	0	0		50 g	Inocuo
9	Ácido amílico	1	3	0	inf	3 L	Inflamable
10	Ácido bórico	2	0	0	cor	100 g	Corrosivo
11	Ácido cítrico	0	1	0		250 g	Inocuo
12	Ácido molíbdico al 85%	2	0	0		400 g	Inocuo
13	Ácido nítrico	4	0	1	oxi	6.5 L	Oxidante
14	Ácido oxálico	3	1	0	oxi	400 g	Oxidante
15	Ácido perclórico 70 %	3	0	3	oxi	300 ml	Oxidante
16	Ácido salicílico	0	1	0		300 g	Inocuo
17	Ácido sulfanílico	2	1	0	cor	450 g	Corrosivo
18	Ácido tartárico	0	1	0	cor	100 g	Corrosivo
19	Alcohol etílico	0	3	0	inf	5.4 L	Inflamable
20	Alcohol isoamílico	1	2	0	inf	4 L	Inflamable
21	Alizarin	2	1	0	cor	20 g	Corrosivo
22	Almidón soluble	1	1	0		350 g	Inocuo
23	Aluminio	0	3	1	inf	250 g	Inflamable
24	Aluminon	1	1	0	cor	30 g	Corrosivo
25	Anaranjado de metilo	1	1	0		50 g	Inocuo
26	Anaranjado de xilenol	2	1	0		30 g	Inocuo
27	Anhidro acético	3	2	1	inf	900 ml	Inflamable

ANEXO B.5: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler	
		3	2	0			
28	Anilina	3	2	0	ven	300 ml	Veneroso
29	Antimonio	1	1	1	ven	500 g	Veneroso
30	Arsenato de sodio	2	0	0		200 g	Inocuo
31	Asbesto	2	0	0	ven	20 g	Veneroso
32	Azida de sodio	3	1	2	cor	50 g	Corrosivo
33	Azufre	2	1	0		1 kg	Inocuo
34	Azul de bromofenol	1	1	0	cor	5 g	Corrosivo
35	Azul de bromotimol	1	1	0		8 g	Inocuo
36	Azul de metileno	1	1	0		50 g	Inocuo
37	Azul de metilo	1	1	0		5 g	Inocuo
38	Benceno	2	3	0	inf	6 L	Inflamable
39	Bicarbonato de sodio	1	0	0		50 g	Inocuo
40	Biftalato de potasio	1	1	0		250 g	Inocuo
41	Bisulfato de potasio	3	0	0	cor	500 g	Corrosivo
42	Bisulfato de sodio	2	1	0		1 kg	Inocuo
43	Borato de Sodio	2	0	0		1 kg	Inocuo
44	Bromo	3	0	0	oxi	2 kg	Oxidante
45	Bromobenceno	2	2	0	inf	900 ml	Inflamable
46	Bromoformo	3	0	0	ven	800 ml	Veneroso
47	Carbón activado	0	1	0		600 g	Inocuo
48	Carbonato de calcio	1	0	0		500 g	Inocuo
49	Carbonato de potasio	2	0	0		500 g	Inocuo
50	Carbonato de sodio anhidro	1	0	1		300 g	Inocuo
51	Cianuro de potasio	3	0	0	ven	300 g	Veneroso
52	Citrato de potasio	1	1	0		500 g	Inocuo
53	Citrato de sodio	1	0	0		800 g	Inocuo
54	Cloroformo	2	0	0	ven	4 L	Veneroso
55	Cloruro cuproso	3	0	0	ven	700 ml	Veneroso
56	Cloruro de amonio	1	0	0		200 g	Inocuo
57	Cloruro de bario	3	0	1	ven	500 g	Veneroso
58	Cloruro de bario cristal	3	0	1	ven	500 g	Veneroso
59	Cloruro de calcio	2	0	0		1.5 kg	Inocuo
60	Cloruro de estroncio	2	0	0		500 g	Inocuo

ANEXO B.5: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		3	1	1	cor		
61	Cloruro de hidroxilamina	3	1	1	cor	100 g	Corrosivo
62	Cloruro de magnesio	1	0	0		200 g	Inocuo
63	Cloruro de potasio	1	0	0		150 g	Inocuo
64	Cloruro de sodio	1	0	0		500 g	Inocuo
65	Cloruro estañoso	3	0	1	cor	400 g	Corrosivo
66	Cloruro férrico	3	0	1	cor	400 g	Corrosivo
67	Cloruro ferroso	3	0	0		500 g	Inocuo
68	Cloruro manganoso	1	0	0		500 g	Inocuo
69	Cloruro mercúrico	4	0	0	ven	500 g	Venvenoso
70	Cobalnitrito de sodio	2	0	0		350 g	Inocuo
71	Cobre (granalla)	2	0	0		450 g	Inocuo
72	Cromato de potasio	2	0	1	ven	200 g	Venvenoso
73	Dicromato de potasio	4	0	2	oxi	1.1 kg	Oxidante
74	Dietilditocarbamato de sodio	2	0	1		100 g	Inocuo
75	Difenilamina	3	1	0	tox	200 g	Inocuo
76	Difenilamina 4 sulfonato de bario	3	1	0	cor	5 g	Corrosivo
77	Difenilcarbazona	2	1	0		100 g	Inocuo
78	Ditizona	2	1	0		10 g	Inocuo
79	EDTA (sal disódica)	1	0	0		800 g	Inocuo
80	Estaño metálico	1	1	0		600 g	Inocuo
81	Éter etílico anhidro	1	4	1	inf	100 ml	Inflamable
82	Fenol	4	2	0	ven	500 g	Venvenoso
83	Fenol fundida	4	2	0	ven	1 L	Venvenoso
84	Fenolftaleína	1	1	1		70 g	Inocuo
85	Ferricianuro de potasio	1	0	0		400 g	Inocuo
86	Ferrocianuro de potasio	1	0	0		700 g	Inocuo
87	Fluoruro de amonio	3	0	0	ven	250 g	Venvenoso
88	Fluoruro de sodio	3	0	0	ven	500 g	Venvenoso
89	Formaldehido	3	2	0	cor	4.5 L	Corrosivo
90	Fosfato de amonio dibásico	2	0	0		500 g	Inocuo
91	Fosfato de potasio dibásico	2	0	1		500 g	Inocuo
92	Fosfato de sodio dibásico heptahidratado	2	0	1		500 g	Inocuo

ANEXO B.5: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler	
		2	0	1			
93	Fosfato de sodio tribásico	2	0	1	250 g	Inocuo	
94	Ftalato ácido de potasio	0	1	0	cor	300 g	Corrosivo
95	Glicerina	1	1	0		500 ml	Inocuo
96	Glicerol	2	1	0		1350 ml	Inocuo
97	Heptamolibdato de amonio	2	0	0	cor	400 g	Corrosivo
98	Hexametafosfato de sodio	2	0	0		250 g	Inocuo
99	Hexano	1	3	0	inf	4 L	Inflamable
100	Hidróxido de calcio	3	0	0	cor	250 g	Corrosivo
101	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	800 g	Corrosivo
102	Hierro metálico	1	2	1	inf	700 g	Inflamable
103	Índigo carmín	1	1	1	cor	40 g	Corrosivo
104	Magnesio	0	1	1		200 g	Inocuo
105	Magnesio virutas	0	1	1	W	200 g	Inocuo
106	Metafosfato de sodio	2	0	0	cor	500 g	Inocuo
107	Metanol	1	3	0	inf	500 ml	Inflamable
108	Metasilicato de sodio	3	0	0	cor	150 g	Corrosivo
109	Molibdato de amonio	2	0	0		1.5 kg	Inocuo
110	Molibdato de sodio	2	0	0		1 kg	Inocuo
111	Murexida	1	1	0		150g	Inocuo
112	Negro de ericromo	1	0	1	cor	30 g	Corrosivo
113	Negro de metales	1	0	1	cor	100 g	Corrosivo
114	Nitrato de amonio	0	0	3	oxi	400 g	Oxidante
115	Nitrato de litio	2	0	0	oxi	50 g	Oxidante
116	Nitrato de mercurio	3	0	0	oxi	250 g	Oxidante
117	Nitrato de potasio	1	0	0	oxi	1.5 kg	Oxidante
118	Nitrato de sodio	1	0	0	oxi	300 g	Oxidante
119	Nitrito de sodio	3	0	1	oxi	550 g	Oxidante
120	O-toluidina	3	2	0	cor	120 g	Corrosivo
121	Oxalato de amonio	4	1	0	ven	500 g	Veneno
122	Oxalato de potasio	2	1	0	ven	500 g	Veneno
123	Oxalato de sodio	2	0	0	ven	250 g	Veneno
124	Óxido de aluminio	2	0	0		300 g	Inocuo
125	Óxido de magnesio	2	0	0		100 g	Inocuo
126	Óxido de mercurio amarillo	4	0	1	ven	10 g	Veneno

ANEXO B.5: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		4	0	1	ven		
127	Óxido de mercurio rojo	4	0	1	ven	500 g	Veneroso
128	Óxido de plomo rojo	2	0	0	ven	500 g	Veneroso
129	Óxido de zinc	2	1	0	oxi	200 g	Oxidante
130	Óxido nitroso	2	0	0	oxi	1 tanque de 6 kg	Oxidante
131	Permanganato de potasio	3	2	2	oxi	400 g	Oxidante
132	Peróxido de hidrógeno 3%	0	0	1	oxi	900 ml	Oxidante
133	Peróxido de hidrógeno 30%	2	0	3	oxi	3 L	Oxidante
134	Peróxido de hidrógeno 50%	2	0	3	oxi	300 ml	Oxidante
135	Peróxido de sodio	3	0	2	oxi	500 g	Oxidante
136	Persulfato de amonio	2	3	3	oxi	700 g	Oxidante
137	Persulfato de potasio	1	0	0	oxi	500 g	Oxidante
138	Plomo (granalla)	1	1	0	tox	3 kg	Inocuo
139	Rojo de fenol	2	1	0		50 g	Inocuo
140	Rojo de metilo	2	0	0		50 g	Inocuo
141	Sílica gel	2	1	1		900 g	Inocuo
142	Sulfato cúprico anhidro	2	0	0	ven	250 g	Veneroso
143	Sulfato de aluminio y potasio	2	0	0		10 g	Inocuo
144	Sulfato de aluminio	2	0	0		250 g	Inocuo
145	Sulfato de amonio	1	0	0		500 g	Inocuo
146	Sulfato de bario	1	0	0		200 g	Inocuo
147	Sulfato de calcio	1	0	0		150 g	Inocuo
148	Sulfato de magnesio	1	0	0		2.2 kg	Inocuo
149	Sulfato de potasio	1	0	0		200 g	Inocuo
150	Sulfato de sodio anhidro	1	0	0		150 g	Inocuo
151	Sulfato férrico	1	0	0		900 g	Inocuo
152	Sulfato férrico amónico	1	0	0		500 g	Inocuo
153	Sulfato ferroso	1	0	0		4 kg	Inocuo
154	Sulfato ferroso amoniacal	2	0	0		150 g	Inocuo
155	Sulfato ferroso amónico	2	0	0		150 g	Inocuo
156	Sulfuro de amonio	1	1	1	inf	800 ml	Inflamable
157	Tartrato de sodio y potasio	1	0	0		200 g	Inocuo
158	Tetracloruro de carbono	3	0	0	cor	3 L	Corrosivo

ANEXO B.5: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3		
159	Timolftaleina	1	1	0	10 g.	Inocuo
160	Tiocianato de potasio	2	0	0	ven	Venoso
161	Tiosulfato de sodio	1	0	0	400 g.	Inocuo
162	Tolueno	2	3	0	inf	Inflamable
163	Trióxido arsénico	3	0	0	ven	Venoso
164	Trióxido de molibdeno	3	0	0		Inocuo
165	Verde de malaquita	1	1	0	cor	Corrosivo
166	Xileno	2	3	0	inf	Inflamable
167	Yodato de potasio	2	0	1	oxi	Oxidante
168	Yoduro de amonio	2	0	0		Inocuo
169	Yoduro de mercurio	3	0	0	ven	Venoso
170	Yoduro de mercurio rojo	3	0	0	ven	Venoso
171	Yoduro de potasio	2	0	1		Inocuo
172	Yoduro de sodio	2	0	0		Inocuo
173	Zinc en polvo	0	3	1	inf	Inflamable
174	Zinc granalla	1	1	1		Inocuo

ANEXO B.6: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE TERMODINÁMICA.

Laboratorio de Termodinámica.

Ubicación: Edificio L Aula L-03.

Encargado: Ing. Roberto Medina Parra.

Elaboración: Septiembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3		
1	Alcohol etílico	0	3	0	Inf	Inflamable
2	Gas LP	1	4	0	Inf	Inflamable
3	Tetrafluoroetano	1	0	0		Inocuo

*El laboratorio comparte el tanque de Gas LP con otras áreas de trabajo que se encuentran en el Edificio L.

ANEXO B.7: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA.

Laboratorio de Ingeniería Sanitaria.

Ubicación: Edificio D.

Encargado: Quím. Reyna María Salinas Pérez.

e-mail: rsalinas@uaslp.mx

Elaboración: Octubre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3		
1	Acetato de amonio	1	0	0	450 g	Inocuo
2	Acetato de etilo	1	3	0	inf	Inflamable
3	Acetato de sodio	1	1	1	300 g	Inocuo
4	Ácido acético glacial	2	2	1	cor	Corrosivo
5	Acido ascórbico	1	1	0	cor	Corrosivo
6	Ácido bórico	2	0	0	cor	Corrosivo
7	Ácido bromhídrico 48%	3	0	0	cor	Corrosivo
8	Ácido cítrico	0	1	0		Inocuo
9	Ácido clorhídrico fumante	3	0	1	cor	Corrosivo
10	Ácido fosfórico	3	0	0	cor	Corrosivo
11	Acido molíbdico	2	0	0		Inocuo
12	Ácido nítrico	4	0	1	oxi	Oxidante
13	Ácido orto-fosfórico	3	0	0	cor	Corrosivo
14	Ácido perclórico	3	0	3	oxi	Oxidante
15	Ácido sulfanílico	2	1	0	cor	Corrosivo
16	Ácido sulfuroso	3	0	2	cor	Corrosivo
17	Ácido tartárico	0	1	0	cor	Corrosivo
18	Agar bpls	1	1	0		Inocuo
19	Agar citrato	1	1	0		Inocuo
20	Agar de eosina metilo	1	1	0		Inocuo
21	Agar dextrosa y papa	1	1	0		Inocuo
22	Agar hierro tres azucares	1	1	0		Inocuo
23	Agar manita	1	1	0		Inocuo
24	Agar nutritivo	1	1	0		Inocuo
25	Agar purificado	1	1	0		Inocuo
26	Agar sangre	1	1	0		Inocuo
27	Agar verde brillante	1	1	0		Inocuo
28	Agar kligler	1	1	0		Inocuo

ANEXO B.7: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3	4		
29	Alcohol amílico	1	3	0	inf	1 L	Inflamable
30	Almidón	1	1	0		300 g	Inocuo
31	Amino 2-hidroxi naftalin-4	2	1	0		50 g	Inocuo
32	Amoniaco liquido	4	1	2	cor	800 ml	Corrosivo
33	Amonio heptamolibdato	2	0	0		50 g	Inocuo
34	Azul de metileno	1	1	0		25 g	Inocuo
35	Benceno	2	3	0	inf	1 galón	Inflamable
36	Bicarbonato de sodio	1	0	0		250 g	Inocuo
37	Biftalato de potasio	1	1	0		25 g	Inocuo
38	Bismutato de sodio	2	0	0		25 g	Inocuo
39	Bromoformo	3	0	0	ven	400 ml	Venoso
40	Cal (óxido de calcio)	1	0	0		5 g	Inocuo
41	Calcein	1	1	0		50 g	Inocuo
42	Caldo de lactosa	1	1	0		300 g	Inocuo
43	Caldo nutritivo	1	1	0		200 g	Inocuo
44	Caldo urea	1	1	0		50 g	Inocuo
45	Caldo verde brillante	1	1	0		200 g	Inocuo
46	Carbón activado (polvo)	0	1	0		200 g	Inocuo
47	Carbonato de calcio	1	0	0		200 g	Inocuo
48	Carbonato de sodio	1	0	1		300 g	Inocuo
49	Cloramida trihidrato	2	1	1		50 g	Venoso
50	Cloruro cúprico	3	0	0	ven	250 g	Venoso
51	Cloruro de amonio	1	0	0		300 g	Inocuo
52	Cloruro de bario	3	0	1	ven	500 g	Venoso
53	Cloruro de calcio	2	0	0		250 g	Inocuo
54	Cloruro de calcio anhidro	2	0	0		250 g	Inocuo
55	Cloruro de calcio granulado(desecante)	2	0	0		250 g	Inocuo
56	Cloruro de cobalto	2	0	0		50 g	Venoso
57	Cloruro de cobalto hexahidratado	2	0	0		50 g	Venoso
58	Cloruro de potasio	1	0	0		100 g	Inocuo
59	Cloruro de sodio	1	0	0		250 g	Inocuo
60	Cloruro estañoso	3	0	1	cor	25 g	Corrosivo
61	Cromato de potasio	2	0	1	ven	250 g	Venoso

ANEXO B.7: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		4	0	2	oxi		
62	Dicromato de potasio	4	0	2	oxi	400 g	Oxidante
63	Difenil amina	3	1	0	tox	50 g	Inocuo
64	Ditizona	2	1	0		100 g	Inocuo
65	EDTA (sal disódica)	1	0	0		500 g	Inocuo
66	Eriocromo negro	1	0	1	cor	150 g	Corrosivo
67	Etanol anhidro	1	3	0	inf	50 ml	Inflamable
68	Éter de petróleo	1	4	0	inf	200 ml	Inflamable
69	Fenol	4	2	0	ven	200 g	Veneno
70	Fenolftaleína (indicador)	1	1	1		250 g	Inocuo
71	Formaldehido	3	2	0	cor	1.5 L	Corrosivo
72	Glicerol	2	1	0		1 galón	Inocuo
73	Hexametáfosfato de sodio	2	0	0		500 g	Inocuo
74	Hidróxido de potasio	3	0	1	cor	250 g	Corrosivo
75	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	100 g	Corrosivo
76	Hierro metálico	1	2	1	inf	500 g	Inflamable
77	Metanol	1	3	0	inf	100 ml	Inflamable
78	Metasilicato de sodio	3	0	0	cor	50 g	Corrosivo
79	Molibdato de amonio	2	0	0		50 g	Inocuo
80	Molibdato de sodio	2	0	0		50 g	Inocuo
81	Murexida (indicador)	1	1	0		50 g	Inocuo
82	Naftilamina	2	1	0		50 g	Inocuo
83	Naranja de metilo (indicador)	1	1	0		25 g	Inocuo
84	Nitrato de amonio	0	0	3	oxi	200 g	Oxidante
85	Nitrato de calcio	2	0	0	oxi	200 g	Oxidante
86	Nitrato de plata	2	0	0	oxi	10 g	Oxidante
87	Nitrato de potasio	1	0	0	oxi	100 g	Oxidante
88	Nitrato de sodio	1	0	0	oxi	100 g	Oxidante
89	Nitrito de sodio	3	0	1	oxi	100 g	Oxidante
90	Orto toluidina	3	2	0	cor	1.2 L	Corrosivo
91	Permanganato de potasio	3	2	2	oxi	150 g	Oxidante
92	Peróxido de sodio	3	0	2	oxi	100 g	Oxidante
93	Persulfato de amonio	2	3	3	oxi	120 g	Oxidante
94	2-Propanol	2	3	2	inf	1.750 L	Inflamable

ANEXO B.7: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3		
95	Rojo de alizarina	1	0	0	10 g	Inocuo
96	Rojo de cloro fenol	2	0	0	10 g	Inocuo
97	Rojo de fenol	2	1	0	10 g	Inocuo
98	Rojo de metilo	2	0	0	10 g	Inocuo
99	Sulfato cúprico	2	0	0	ven 100 g	Venvenoso
100	Sulfato de amonio	1	0	0	200 g	Inocuo
101	Sulfato de calcio	1	0	0	500 g	Inocuo
102	Sulfato de cobre	2	0	0	ven 400 g	Venvenoso
103	Sulfato de manganeso	2	0	0	400 g	Inocuo
104	Sulfato de mercurio	3	0	0	ven 50 g	Venvenoso
105	Sulfato de plata	3	0	2	tox 10 g	Venvenoso
106	Sulfato de potasio	1	0	0	100 g	Inocuo
107	Sulfato de sodio anhidro	1	0	0	100 g	Inocuo
108	Sulfato de zinc	1	0	0	100 g	Inocuo
109	Sulfato ferroso	1	0	0	300 g	Inocuo
110	Sulfato ferroso amónico	2	0	0	400 g	Inocuo
111	Sulfato manganeso	2	0	0	500 g	Inocuo
112	Sulfito de sodio anhidro	2	0	0	100 g	Inocuo
113	Tartrato de potasio	1	0	0	100 g	Inocuo
114	Tartrato de sodio y potasio	1	0	0	300 g	Inocuo
115	Tetracloruro de carbono (solución)	3	0	0	cor 20 ml	Corrosivo
116	Tiocianato de sodio	2	1	0	50 g	Inocuo
117	Tiosulfato de sodio	1	0	0	500 g	Inocuo
118	Triplex III (EDTA di sodio)	2	0	0	100 g	Inocuo
119	Verde de bromo cresol I	2	1	0	10 g	Inocuo
120	Yoduro de amonio	2	0	0	100 g	Inocuo
121	Yoduro de mercurio	3	0	0	ven 50 g	Venvenoso
122	Zinc Granalla	1	1	1	50 g	Inocuo

ANEXO B.8: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE PETROGRAFÍA Y MINERAGRAFÍA.

Laboratorio de Petrografía y Minerografía.

Ubicación: Edificio G.

Encargado: Ing. Miguel Mayer Tanguma.

e-mail: mimatan@hotmail.com

Elaboración: Noviembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		3	0	0	cor		
1	Ácido clorhídrico	3	0	0	cor	1 L	Corrosivo
2	Ácido sulfúrico	3	0	2	W	1 L	Corrosivo
3	Sulfato cúprico	2	0	0	ven	500 g	Veneno
4	Thinner	3	3	0	inf	960 ml	Inflamable
5	Xileno	2	3	0	inf	2 L	Inflamable

ANEXO B.9: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE PALEONTOLOGÍA.

Laboratorio de Paleontología.

Ubicación: Edificio G.

Encargado: Cesio Menahén Flores Castillo.

e-mail: menahen78@hotmail.com

Elaboración: Noviembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	3	0	inf		
1	Acetona	1	3	0	inf	1 L	Inflamable
2	Ácido clorhídrico	3	0	0	cor	1 L	Corrosivo
3	Carbonato de sodio anhidro	1	0	1		500 g	Inocuo
4	Xileno	2	3	0	inf	1 galón (3.785 L)	Inflamable

ANEXO B.10: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE METALURGIA EXTRACTIVA.

Laboratorio de Metalurgia Extractiva.
Ubicación: Edificio L Aula L-05.
Encargado: Ing. Gilberto Contreras Silva.
e-mail: gsilva@uaslp.mx
Elaboración: Julio 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler	
		2	1	0			
1	Ácido acético	2	2	1	Cor	7 L	Corrosivo
2	Ácido clorhídrico	3	0	0	Cor	5 L	Corrosivo
3	Ácido nítrico	3	0	0	Oxi	2 L	Oxidante
4	Ácido sulfúrico	3	0	2	W	2.5 L	Corrosivo
5	Benceno	2	3	0	Inf	2 L	Inflamable
6	Benzoato de sodio	1	0	0		100 g	Inocuo
7	Borato sódico hidratado	2	0	0		25 g	Inocuo
8	Cal (óxido de calcio)	1	0	0		1.5 kg	Inocuo
9	Carbonato de calcio	1	0	0		1 kg	Inocuo
10	Carbonato de sodio	1	0	1		500 g	Inocuo
11	Cianuro cuproso	3	0	1	Ven	350 g	Venenosos
12	Cianuro de sodio	3	0	0	Ven	500 g	Venenosos
13	Cloruro de amonio	1	0	0		3.5 kg	Inocuo
14	Cloruro de bario	3	0	1	Ven	500 g	Venenosos
15	Cloruro de potasio	1	0	0	Cor	250 g	Corrosivo
16	Cloruro de zinc	1	0	0	Cor	1 kg	Corrosivo
17	Cloruro férrico	3	0	1	Cor	400 g	Corrosivo
18	Cloruro manganeso	1	0	0		100 g	Inocuo
19	Dicromato de potasio	4	0	2	oxi	500 g	Oxidante
20	Ferrocianuro de potasio	1	0	0		550 g	Inocuo
21	Fluoruro de amonio	3	0	0	ven	250 g	Venenosos
22	Galena (sulfuro de plomo)	3	0	0	ven	1 kg	Venenosos
23	Hidróxido de amonio	3	1	0	cor	500 ml	Corrosivo
24	Hidróxido de calcio	3	0	0	cor	2.5 kg	Corrosivo
25	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	2 kg	Corrosivo
26	Nitrato de bismuto	1	0	1	oxi	70 g	Oxidante
27	Nitrato de plata	2	0	0	oxi	25 g	Oxidante
28	Nitrato de plomo	2	0	0	oxi	350 g	Oxidante

ANEXO B.10: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE METALURGIA EXTRACTIVA (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		2	0	0	oxi		
29	Óxido cúprico	2	0	0	oxi	200 g	Oxidante
30	Óxido cuproso	2	0	0	oxi	280 g	Oxidante
31	Óxido de zinc	2	1	0	oxi	1 kg	Oxidante
32	Sulfato cúprico	2	0	0	ven	500 g	Veneno
33	Sulfato de amonio	1	0	0		500 g	Inocuo
34	Sulfato de zinc	1	0	0		500 g	Inocuo
35	Sulfato férrico	1	0	0		400 g	Inocuo
36	Sulfato ferroso	2	0	0		300 g	Inocuo
37	Sulfato níqueloso	2	0	0		250 g	Inocuo
38	Sulfuro de sodio	2	1	0		50 g	Inocuo
39	Trióxido de cromo	2	0	0	oxi	500 g	Oxidante
40	Zinc metálico	1	0	0		5 kg	Inocuo

ANEXO B.11: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD.

Laboratorio de Evaluación de la Calidad.

Ubicación: Edificio C.C.I.M.

Encargado: M. en I. Rogaciano Rodríguez Vázquez.

e-mail: rvv@uaslp.mx

Elaboración: Septiembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	1	0	inf		
1	Aceite lubricante soluble	1	1	0	inf	1 cubeta (19 L)	Inflamable
2	Revelador de alcohol isopropílico	1	3	0	inf	4 aerosoles (213 g)	Inflamable
3	Líquido penetrante de destilados de petróleo	1	3	0	inf	4 aerosoles (213 g)	Inflamable
4	Fijador de tiosulfato de amonio y bisulfato de sodio	2	1	0	cor	1 recipiente (19 L)	Corrosivo
5	Revelador hidroquinona	2	1	0	ven	1 recipiente (19 L)	Veneno
6	Limpiador Sherwin DR-62 (compuestos hidrocarbonados)	1	4	0	inf	4 aerosoles (213 g)	Inflamable

ANEXO B.12: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.

Laboratorio de Análisis Químicos y Biológicos.

Ubicación: Edificio L Aula L-21.

Encargado: Ing. Ana Laura Peña Pérez.

e-mail: ana@uaslp.mx

Elaboración: Agosto 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		3	0	0		
1	Acetato de plomo	3	0	0	ven	Veneno
2	Acetato de sodio	1	1	1		Inocuo
3	Acetato de zinc	2	1	0		Inocuo
4	Acetona	1	3	0	inf	Inflamable
5	Ácido acético glacial	2	2	1	cor	Corrosivo
6	Ácido ascórbico	1	1	0	cor	Corrosivo
7	Ácido bórico	2	0	0	cor	Corrosivo
8	Ácido cítrico comercial	0	1	0		Inocuo
9	Ácido clorhídrico	3	0	0	cor	Corrosivo
10	Ácido láctico	3	1	0		Inocuo
11	Ácido oxálico	3	1	0	oxi	Oxidante
12	Ácido perclórico	3	0	3	oxi	Oxidante
13	Ácido pícrico	3	4	4	inf	Inflamable
14	Ácido propiónico	3	2	0	cor	Corrosivo
15	Ácido sórbico	2	1	0		Inocuo
16	Ácido sulfanílico	2	1	0	cor	Corrosivo
17	Ácido sulfúrico	3	0	2	W	Corrosivo
18	Ácido tartárico	0	1	0	cor	Corrosivo
19	Ácido tricloroacético	3	0	0	cor	Corrosivo
20	Alcohol amílico	1	3	0	inf	Inflamable
21	Alcohol etílico	0	3	0	inf	Inflamable
22	Alcohol isoamílico	1	2	0	inf	Inflamable
23	Alcohol metílico	1	3	0	inf	Inflamable
24	Alfa nalphtol	2	1	1	cor	Corrosivo
25	Almidón soluble	1	1	0		Inocuo
26	Anhidro acético	3	2	1	cor	Corrosivo
27	Azul de bromotimol	1	1	0		Inocuo
28	Azul de metileno	1	1	0		Inocuo

ANEXO B.12: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler	
		1	2	3			
29	Azul de timol	1	1	0		5 g	Inocuo
30	Benzoato de sodio	1	0	0		250 g	Inocuo
31	Biftalato de potasio	1	1	0		30 g	Inocuo
32	Borato de sodio	2	0	0		500 g	Inocuo
33	Carbón activado	0	1	0		200 g	Inocuo
34	Carbonato de calcio	1	0	0		450 g	Inocuo
35	Carbonato de sodio anhidro	1	0	1		200 g	Inocuo
36	Caseína	0	1	0		100 g	Inocuo
37	Citrato de sodio	1	0	0		200 g	Inocuo
38	Cloroformo	2	0	0	ven	20 ml	Veneno
39	Cloruro de amonio	2	0	0	cor	450 g	Corrosivo
40	Cloruro de calcio	2	0	0		250 g	Inocuo
41	Cloruro de magnesio	1	0	0		500 g	Inocuo
42	Cloruro de mercurio	4	0	0	ven	30 g	Veneno
43	Colesterol	1	1	0		3 g	Inocuo
44	Cromato de potasio	2	0	1	ven	250 g	Veneno
45	Dextrosa anhidra	0	1	0		350 g	Inocuo
46	D-galactosa	2	1	0		40 g	Inocuo
47	Dicromato de potasio	4	0	2	oxi	400 g	Oxidante
48	Difenilamina	3	1	0	tox	250 g	Inocuo
49	EDTA (sal disódica)	1	0	0		350 g	Inocuo
50	Éter de petróleo	1	4	0	inf	350 ml	Inflamable
51	Éter etílico	1	4	1	inf	400 ml	Inflamable
52	Fenol	4	2	0	ven	100 g	Veneno
53	Fenoltaleína	1	1	1		85 g	Inocuo
54	Ferrocianuro de potasio	1	0	0		150 g	Inocuo
55	Fluoroglucinol	3	1	0		30 g	Inocuo
56	Formaldehido	3	2	0	cor	250 g	Corrosivo
57	Fosfato de potasio dibásico	1	0	0		200 g	Inocuo
58	Fosfato de potasio monobásico	1	0	0		500 g	Inocuo
59	Fosfato de sodio dibásico	2	0	1		250 g	Inocuo
60	Fructosa-D	1	1	0		20 g	Inocuo
61	Gas LP	1	4	0	inf	*	Inflamable

ANEXO B.12: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler	
		1	2	3			
62	Gelatina	1	1	0		200 g	Inocuo
63	Germix	2	1	0		3 L	Inocuo
64	Glicerol	2	1	0		200 ml	Inocuo
65	Glicina	1	1	0		200 g	Inocuo
66	Grasa Corning	1	1	0		50 g	Inocuo
67	Hexano	1	3	0	inf	400 ml	Inflamable
68	Hidrosulfito de sodio	2	1	2	cor	480 g	Corrosivo
69	Hidróxido de amonio	3	1	0	cor	50 ml	Corrosivo
70	Hidróxido de potasio	3	0	1	cor	100 g	Corrosivo
71	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	50 g	Corrosivo
72	Lactosa	1	1	0		200g	Inocuo
73	Maltosa	1	1	0		10 g	Inocuo
74	Mercurio	2	0	0	ven	200 g	Veneno
75	Molibdato de amonio	2	0	0		450 g	Inocuo
76	Molibdato de sodio	2	0	0		500 g	Inocuo
77	Murexida	1	1	0		17.5 g	Inocuo
78	Negro de eriocromo	1	0	1	cor	10 g	Corrosivo
79	Nitrato de amonio	0	0	3	oxi	200 g	Oxidante
80	Nitrato de cobalto	2	0	3	oxi	250 g	Oxidante
81	Nitrato de plata	1	0	0	oxi	5 g	Oxidante
82	Nitrito de cobalto	2	0	0	oxi	250 g	Oxidante
83	Oxalato de amonio	4	1	0	ven	100 g	Veneno
84	Oxalato de sodio	2	0	0	ven	50 g	Veneno
85	Oxido de calcio	3	0	1	oxi	450 g	Oxidante
86	Oxido de sodio	3	0	1		450 g	Inocuo
87	Parafenilendiamina	3	1	0	ven	1 g	Veneno
88	Peptona	1	1	0		20 g	Inocuo
89	Permanganato de potasio	3	2	2	oxi	250 g	Oxidante
90	Peróxido de hidrógeno	2	0	3	oxi	100 ml	Oxidante
91	Pirocatecol	3	1	0	ven	40 ml	Veneno
92	Pirgalol	2	1	0	ven	500 g	Veneno
93	Resorcina	0	1	0		40 g	Inocuo
94	Riboflabina	1	1	0		3 g	Inocuo
95	Rojo de metilo	2	0	0		10 g	Inocuo

ANEXO B.12: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3		
96	Sacarosa	1	1	0	100 g	Inocuo
97	Safranina	2	1	0	40 g	Inocuo
98	Solución búfer pH 4	1	0	1	300 ml	Inocuo
99	Solución búfer pH 7	1	0	1	500 ml	Inocuo
100	Solución búfer pH 10	1	0	1	400 ml	Inocuo
101	Subacetato de plomo	3	0	0	ven 450 g	Venvenoso
102	Sulfato cúprico	2	0	0	ven 250 g	Venvenoso
103	Sulfato de amonio dibásico	3	0	0	ven 250 g	Venvenoso
104	Sulfato de magnesio	1	0	0	250 g	Inocuo
105	Sulfato de sodio	1	0	0	250 g	Inocuo
106	Sulfato de sodio anhidro	1	0	0	150 g	Inocuo
107	Tirosina	1	1	0	17.5 g	Inocuo
108	Tirosina L	1	1	0	250 g	Inocuo
109	Urea	2	1	0	250 g	Inocuo
110	Vaselina	1	1	0	250 g	Inocuo
111	Xileno	2	3	0	inf 50 ml	Inflamable
112	Yodato de potasio	2	0	1	oxi 10 g	Oxidante
113	Yoduro de potasio	2	0	1	100 g	Inocuo
114	Zinc (granalla)	1	1	1	100 ml	Inocuo

*El laboratorio comparte el tanque de Gas LP con otras áreas de trabajo que se encuentran en el Edificio L.

ANEXO B.13: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE PROCESOS ALIMENTARIOS AGROPECUARIOS.

Laboratorio de Procesos Alimentarios Agropecuarios.

Ubicación: Edificio L Aula L-22.

Encargado: Ing. Magdalena Alvarado Galván.

e-mail: magdalena.alvarado@uaslp.mx

Elaboración: Agosto 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler	
		3	0	0			
1	Acetato de plomo	3	0	0	ven	500 g	Veneroso
2	Ácido bórico	2	0	0	cor	100 g	Corrosivo
3	Ácido bórico cristales	2	0	0	cor	500 g	Corrosivo
4	Ácido sulfúrico	3	0	2	W	3 L	Corrosivo
5	Alcohol etílico	0	3	0	inf	500 ml	Inflamable
6	Alcohol isoamílico	1	2	0	inf	1.5 L	Inflamable
7	Azul de metileno	1	1	0		50 g	Inocuo
8	Dextrosa anhidra	0	1	0		500 g	Inocuo
9	Fenoltaleína	1	1	1		500 ml	Inocuo
10	Gas LP	1	4	0	inf	*	Inflamable
11	Hidróxido de potasio	3	0	1	cor	1500 g	Corrosivo
12	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	500 g	Corrosivo
13	Oxalato de sodio	2	0	0	ven	250 g	Veneroso
14	Óxido de mercurio amarillo	4	0	1	ven	100 g	Veneroso
15	Óxido de mercurio rojo	4	0	1	ven	35 g	Veneroso
16	Sílica gel	2	1	1		100 g	Inocuo
17	Sulfato de amonio	1	0	0		500 g	Inocuo
18	Sulfato cúprico	2	0	0	ven	25 g	Veneroso
19	Sulfato cúprico xtal	1	0	0	ven	600 g	Veneroso
20	Sulfato de potasio	1	0	0		500 g	Inocuo
21	Tartrato de potasio	1	0	0		250 g	Inocuo
22	Tartrato de sodio	1	0	0		150 g	Inocuo
23	Tiosulfato de sodio	1	0	0		500 g	Inocuo

*El laboratorio comparte el tanque de Gas LP con otras áreas de trabajo que se encuentran en el Edificio L.

ANEXO B.14: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE MATERIALES.

Laboratorio de Análisis de Materiales.
 Ubicación: Edificio L Aula L-25.
 Encargado: QFB. Martha Elena Reyes Niño.
 e-mail: Martha.reyes@uaslp.mx
 Elaboración: Septiembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3	4		
1	Acetato de amonio	1	0	0		300 g	Inocuo
2	Acetileno	0	4	3	inf	1 tanque de 12 kg	Inflamable
3	Ácido acético	2	2	1	cor	1.5 L	Corrosivo
4	Ácido clorhídrico	3	0	0	cor	10 L	Corrosivo
5	Ácido fluorhídrico	4	0	0	cor	700 ml	Corrosivo
6	Ácido fosfórico	2	0	0	cor	10 L	Corrosivo
7	Ácido nítrico	3	0	0	oxi	17.5 L	Oxidante
8	Ácido perclórico	3	0	3	oxi	2.8 L	Oxidante
9	Ácido sulfúrico	3	0	2	cor	10 L	Corrosivo
10	Alcohol etílico	0	3	0	inf	150 ml	Inflamable
11	Almidón	1	1	0		350 g	Inocuo
12	Anaranjado de metilo	1	1	0		11 g	Inocuo
13	Anaranjado de xilenol	2	1	0		3.5 g	Inocuo
14	Azul de bromotimol	1	1	0		1 g	Inocuo
15	Biftalato de potasio	1	1	0		500 g	Inocuo
16	Borato de sodio	2	0	0		300 g	Inocuo
17	Carbonato de sodio	1	0	1		150 g	Inocuo
18	Cianuro de potasio	3	0	0	ven	400 g	Veneno
19	Cloruro de amonio	1	0	0		2 kg	Inocuo
20	Cloruro estañoso	3	0	1	cor	800 g	Corrosivo
21	Cloruro férrico	1	0	0	cor	150 g	Corrosivo
22	Cloruro mercurioso	3	1	1	ven	300 g	Veneno
23	Cloruro mercúrico	3	0	0	ven	600 g	Veneno
24	Cloruro de sodio	1	0	0		850 g	Inocuo
25	Cobre (granalla)	2	0	0		200 g	Inocuo
26	Cromato de potasio	2	0	1	ven	500 g	Veneno
27	Dicromato de potasio	4	0	2	oxi	300 g	Oxidante
28	Difenilamina	3	1	0	tox	200 g	Inocuo
29	EDTA (sal disódica)	1	0	0		400 g	Inocuo

ANEXO B.14: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE MATERIALES (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3	4		
30	Estaño (granalla)	1	1	0		40 g	Inocuo
31	Fenoltaleína	1	1	1		400 g	Inocuo
32	Ferrocianuro de potasio	1	0	0		580 g	Inocuo
33	Fluoruro de amonio	3	0	0	ven	1.2 kg	Venvenoso
34	Gas LP	1	4	0	inf	*	Inflamable
35	Hidróxido de amonio	3	1	0	cor	10 L	Corrosivo
36	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	2.5 kg	Corrosivo
37	Nitrato de bismuto	1	0	1	oxi	150 g	Oxidante
38	Nitrato férrico	1	0	2	oxi	40 g	Oxidante
39	Nitrato mercurioso	2	0	0	oxi	50 g	Oxidante
40	Nitrato de plata	2	0	0	oxi	120 g	Oxidante
41	Nitrato de plomo	2	0	0	oxi	50 g	Oxidante
42	Oxalato de amonio	4	1	0	ven	1.9 kg	Venvenoso
43	Oxalato de sodio	2	0	0	ven	350 g	Venvenoso
44	Permanganato de potasio	3	2	2	oxi	800 g	Oxidante
45	Peróxido de hidrógeno 30%	2	0	3	oxi	100 ml	Oxidante
46	Peróxido de hidrógeno 3%	0	0	1	oxi	800 ml	Oxidante
47	Peróxido de sodio	3	0	2	oxi	300 g	Oxidante
48	Persulfato de amonio	2	3	3	oxi	800 g	Oxidante
49	Peryodato de potasio meta	2	0	4	oxi	300 g	Oxidante
50	Plomo (granalla)	1	1	0	tox	1 kg	Inocuo
51	Rojo de metilo	2	0	0		100 g	Inocuo
52	Sulfato de cadmio	3	0	0	ven	700 g	Venvenoso
53	Sulfato cúprico hexahidratado	2	0	0	ven	500 g	Venvenoso
54	Sulfato ferroso	1	0	0		500 g	Inocuo
55	Sulfato ferroso amónico	2	0	0		300 g	Inocuo
56	Sulfato férrico amónico	1	0	0		150 g	Inocuo
57	Sulfuro ferroso (pirita)	1	0	0		3 kg	Inocuo
58	Tioacetamida	2	1	0		150 g	Inocuo
59	Tiocianato de amonio	3	2	2		800 g	Inocuo
60	Tiocianato de potasio	1	0	0		550 g	Inocuo
61	Tiosulfato de sodio anhidro	1	0	0		30 g	Inocuo

ANEXO B.14: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE MATERIALES (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	0	0			
62	Tiosulfato de sodio hexahidratado	1	0	0		400 g	Inocuo
63	Yodo	3	0	2	cor	350 g	Corrosivo
64	Yoduro de potasio	2	0	1		200 g	Inocuo
65	Zinc (granalla)	1	1	1		300 g	Inocuo

*El laboratorio comparte el tanque de Gas LP con otras áreas de trabajo que se encuentran en el Edificio L.

ANEXO B.15: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE PROCESOS NO ALIMENTARIOS.

Laboratorio de Procesos No Alimentarios.
Ubicación: Edificio L Aula L-26.
Encargado: Ing. George Ranquel Esquerra.
e-mail: georgera@uaslp.mx
Elaboración: Septiembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		2	0	0	cor		
1	Ácido fosfórico	2	0	0	cor	20 L	Corrosivo
2	Fosfonitrato	1	0	3	oxi	50 kg	Oxidante
3	Nitrato de calcio	2	0	0	oxi	25 kg	Oxidante
4	Nitrato de potasio	1	0	0	oxi	25 kg	Oxidante
5	Sulfato de amonio	1	0	0		50 kg	Inocuo
6	Sulfato de magnesio heptahidratado	1	0	0		50 kg	Inocuo

*Cabe señalar que estas sustancias químicas pertenecen al invernadero que se tiene en la Facultad de Ingeniería, pero son almacenadas en esta área de trabajo, porque no hay otro espacio asignado para almacenarlas.

ANEXO B.16: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS AGROBIOLÓGICOS.

Laboratorio de Análisis Agrobiológicos.

Ubicación: Edificio L Aula L-27.

Encargado: M.I. Silvia Guerrero Nava.

Elaboración: Agosto 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA					Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3	4	5		
1	Acetona	1	3	0	inf	4 L	Inflamable	
2	Ácido acético	2	2	1	cor	1 L	Corrosivo	
3	Ácido ascórbico	1	1	0	cor	145 g	Corrosivo	
4	Ácido bórico	2	0	0	cor	250 g	Corrosivo	
5	Ácido cítrico monohidratado	0	1	0		380 g	Inocuo	
6	Ácido clorhídrico	3	0	0	cor	1 L	Corrosivo	
7	Ácido tricloro acético	3	0	0	cor	450 ml	Corrosivo	
8	Albúmina	2	0	0		100 g	Inocuo	
9	Alcanfor	3	0	0		67 g	Inocuo	
10	Alcohol etílico	0	3	0	inf	5.5 L	Inflamable	
11	Azul brillante	1	1	0		5 g	Inocuo	
12	Azul de metilo	1	1	0		125 ml	Inocuo	
13	Azul tetrazol	1	1	0		1 L	Inocuo	
14	Buffer pH 4	1	0	1		1.2 L	Inocuo	
15	Buffer pH 7	1	0	1		2.5 L	Inocuo	
16	Buffer pH 10	1	0	1		1.5 L	Inocuo	
17	Buffer Tris-Acetate-EDTA	1	0	1		1 L	Inocuo	
18	Bisulfato de sodio	2	1	0		450 g	Inocuo	
19	Carbón activado	0	1	0		195 g	Inocuo	
20	Carbonato de calcio	1	0	0		500 g	Inocuo	
21	Carmín	2	1	0		2 g	Inocuo	
22	Cloroformo	2	0	0	ven	1 L	Veneno	
23	Cloruro de calcio	2	0	0	cor	480 g	Corrosivo	
24	Cloruro de sodio	1	0	0	cor	150 g	Corrosivo	
25	Cloruro férrico	1	0	0	cor	480 g	Corrosivo	
26	Cristal violeta	2	0	1	tox	25 g	Inocuo	
27	Fenoltaleína	1	1	1		20 g	Inocuo	

ANEXO B.16: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS AGROBIOLÓGICOS (CONTINUACIÓN).

28	Formaldehido	3	2	0	cor	1 L	Corrosivo
29	Gas LP	1	4	0	inf	*	Inflamable
30	Glicerina	1	1	0		900 ml	Inocuo
31	Glicerol	2	1	0		100 g	Inocuo
32	Grasa Corning	3	1	2		50 g	Inocuo
33	Hidróxido de amonio	3	1	0	cor	2 L	Corrosivo
34	Hidróxido de potasio	3	0	1	cor	200 g	Corrosivo
35	Hidróxido de potasio perlas	3	0	1	cor	420 g	Corrosivo
36	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	500 g	Corrosivo
37	Limadura de magnesio	1	0	0		3 g	Inocuo
38	Magnesio	0	1	1		450 g	Inocuo
39	O-Toluidine	3	2	0	cor	2.2 kg	Corrosivo
40	Parafina	0	1	0		1.4 kg	Inocuo
41	Pectina Apple	1	1	0		500 g	Inocuo
42	Permanganato de potasio	3	2	2	oxi	200 g	Oxidante
43	Quifosfato	1	0	0		3 L	Inocuo
44	Resina	2	1	0		450 g	Inocuo
45	Sacarosa	1	1	0		500 g	Inocuo
46	Safranina	2	1	0		50 g	Inocuo
47	Sílica gel	2	1	1		200 g	Inocuo
48	Sudan 3	1	1	0		37 g	Inocuo
49	Sudan 4	2	1	0		10 g	Inocuo
50	Sulfato de amonio	1	0	0		200 g	Inocuo
51	Talco	1	0	0		600 g	Inocuo
52	Trietanol	2	1	1		100 g	Inocuo
53	Vaselina	2	0	0		170 g	Inocuo
54	Verde de metileno	1	1	0		50 g	Inocuo
55	Xileno	2	3	0	inf	1800 ml	Inflamable
56	Yoduro de potasio	2	0	1		1 kg	Inocuo

*El laboratorio comparte el tanque de Gas LP con otras áreas de trabajo que se encuentran en el Edificio L.

ANEXO B.17: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE MICROSCOPIA.

Laboratorio de Microscopía.
 Ubicación: Edificio L Aula L-28.
 Encargado: Ing. Juan José Cervantes Guerrero.
 e-mail: jjcg@uaslp.mx
 Elaboración: Octubre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		3	0	0			
1	Ácido clorhídrico	3	0	0	cor	2.5 L	Corrosivo
2	Ácido nítrico	3	0	0	oxi	200 ml	Oxidante
3	Ácido pícrico	3	4	4	inf	300 g	Inflamable
4	Alcohol etílico	0	3	0	inf	300 ml	Inflamable
5	Etilenglicol	1	2	0	inf	1.5 L	Inflamable
6	Gas LP	1	4	0	inf	*	Inflamable
7	Hidróxido de amonio	3	1	0	cor	2.5 L	Corrosivo
8	Peróxido de hidrógeno	2	0	3	oxi	2 L	Oxidante
9	Persulfato de amonio	2	3	3	oxi	500 g	Oxidante

*El laboratorio comparte el tanque de Gas LP con otras áreas de trabajo que se encuentran en el Edificio L.

ANEXO B.18: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE TALLER DE MATERIALES.

Laboratorio de Taller de Materiales.
 Ubicación: Edificio L Aula L-33.
 Encargado: Ing. Luis Enrique Rodríguez Corpus.
 e-mail: lerc@uaslp.mx
 Elaboración: Septiembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		2	1	0			
1	Resina Epoxi	2	1	0		15 kg	Inocuo
2	Sulfato de cobre	2	0	0	ven	4 galones (3.5 L)	Veneno

ANEXO B.19: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Laboratorio de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales.

Ubicación: Edificio L Aula L-47.

Encargado: Dr. Luis Armando Bernal Jácome.

Elaboración: Noviembre 2010.



N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA				Cantidad Estimada	Clasificación Winkler
		1	2	3	4		
1	Acetato de sodio anhidro	1	1	1		500 g	Inocuo
2	Acetato de sodio trihidratado	1	0	0		500 g	Inocuo
3	Ácido acético glacial	2	2	1	cor	1 L	Corrosivo
4	Ácido clorhídrico	3	0	0	cor	2 L	Corrosivo
5	Ácido sulfúrico	3	0	2	ox	2 L	Corrosivo
6	Alcohol etílico	1	3	0	inf	7 L	Inflamable
7	Alcohol etílico anhidro	0	3	0	inf	1 L	Inflamable
8	Almidón soluble	1	1	0		500 g	Inocuo
9	Azul de metileno	1	1	0		100 g	Inocuo
10	Bicarbonato de sodio	1	0	1		600 g	Inocuo
11	Biftalato de potasio	1	0	0		500 g	Inocuo
12	Borato de sodio	2	0	0		1 Kg	Inocuo
13	Cadmio metal	3	2	1	inf	1.5 Kg	Inflamable
14	Carbonato de sodio	1	0	1		1 Kg	Inocuo
15	Citrato de sodio	1	0	0		500 g	Inocuo
16	Cloroformo	2	0	0	ven	1 L	Venoso
17	Cloruro de amonio	1	0	0		500g	Inocuo
18	Cloruro de calcio anhidro	1	0	0		1.5 Kg	Inocuo
19	Cloruro de cobalto	2	0	0	ven	350 g	Venoso
20	Cloruro de sodio	1	0	0		500 g	Inocuo
21	Cloruro estañoso	3	0	1	cor	100 g	Corrosivo
22	Cloruro férrico	1	0	2	cor	1 Kg	Corrosivo
23	Dextrosa anhidra	1	0	0		500 g	Inocuo
24	Dicromato de potasio	4	0	2	oxi	1 L	Oxidante
25	EDTA	1	1	0		300 ml	Inocuo
26	EDTA (sal disódica)	1	0	0		1 kg	Inocuo
27	Etilenglicol	1	2	0	inf	1 L	Inflamable
28	Fenoltaleína	1	1	1		20 ml	Inocuo

ANEXO B.19: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler	
		1	0	0			
29	Fosfato de potasio	1	0	0	1 Kg	Inocuo	
30	Fosfato de potasio dibásico	1	0	0	4 kg	Inocuo	
31	Fosfato de potasio monobásico	1	0	0	1.6 kg	Inocuo	
32	Fosfato de sodio heptahidratado	1	0	0	500 g	Inocuo	
33	Glicerina	1	1	0	500 ml	Inocuo	
34	Hidróxido de amonio	3	1	0	cor	5 L	Corrosivo
35	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	3 L	Corrosivo
36	Hidróxido de sodio	3	0	1	cor	1 Kg	Corrosivo
37	Hipoclorito de sodio 5%	1	0	0		1 L	Inocuo
38	Metavanadato de amonio	3	0	0	ven	500 g	Venoso
39	Molibdato de amonio	1	0	0		500 g	Inocuo
40	Naranja de metilo	1	1	0		25 g	Inocuo
41	Nitrato de potasio	2	0	0	oxi	1 Kg	Oxidante
42	Nitrito de sodio	2	0	0	oxi	500 g	Oxidante
43	Nitroferrocianuro de sodio	2	0	0	ven	100 g	Venoso
44	Oxalato de amonio	4	1	0	ven	500 g	Venoso
45	Oxalato de sodio	2	0	0	ven	250 g	Venoso
46	Óxido de mercurio rojo	3	0	0	ven	250 g	Venoso
47	Permanganato de potasio	3	2	2	oxi	1 L	Oxidante
48	Permanganato de potasio	3	2	2	oxi	500 g	Oxidante
49	Persulfato de amonio	2	3	3	oxi	500 g	Oxidante
50	Piridina	2	3	0	inf	1 L	Inflamable
51	Púrpura de m-cresol	2	1	0		1 g	Inocuo
52	Rojo de metilo	2	0	0		10 g	Inocuo
53	Rojo remasol	1	0	0		500 ml	Inocuo
54	Solución Buffer pH 10	1	0	0		1.5 L	Inocuo
55	Solución Buffer pH 4	1	0	0		1.5 L	Inocuo
56	Solución Buffer pH 7	1	0	0		1 L	Inocuo
57	Sudán negro	1	1	0		25 g	Inocuo
58	Sulfanilamida	1	1	0		200 g	Inocuo
59	Sulfato cúprico	2	0	0	ven	1 Kg	Venoso
60	Sulfato de aluminio y potasio	2	0	0		500 g	Inocuo

ANEXO B.19: INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MANEJADAS EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (CONTINUACIÓN).

N°	Sustancia Química	Clasificación NFPA			Cantidad Estimada	Clasificación Winkler	
		2	0	0			
61	Sulfato de cobre	2	0	0	Ven	1 L	Venencioso
62	Sulfato de magnesio	1	0	0		500 g	Inocuo
63	Sulfato de plata	3	0	2	Tox	400 g	Venencioso
64	Sulfato de potasio granular	1	0	0		1 Kg	Inocuo
65	Sulfato de zinc	1	0	0		500 g	Inocuo
66	Sulfato ferroso amónico	2	0	0		500 g	Inocuo
67	Sulfato manganoso	1	0	0		500 g	Inocuo
68	Sulfato mercurico	2	0	0	Ven	125 g	Venencioso
69	Sulfito de sodio anhidro	1	0	0		500 g	Inocuo
70	Tiosulfato de sodio	1	0	0		1 kg	Inocuo
71	Yoduro de potasio	2	0	1		500 g	Inocuo