

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE QUÍMICA

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN QUÍMICA

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE LAS
CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA Y AMBIENTE EN LA ESCUELA DE
QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA”**

ANDREA MARÍA ZÚÑIGA LIZANO

CARNÉ B27465

FECHA: MARZO 2023

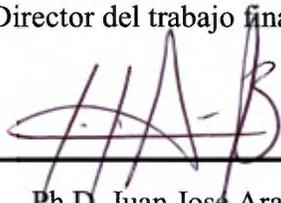
CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO

TESIS DE GRADO SOMETIDA A LA CONSIDERACIÓN DE LA ESCUELA DE
QUÍMICA COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN
QUÍMICA

“Este proyecto de graduación ha sido aceptado en su forma presente por la Escuela de
Química de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito
parcial para optar por el grado de: Licenciatura en Química.”

Dr. Javier Quesada Espinoza

Director del trabajo final de graduación



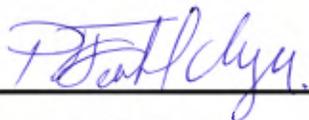
Ph.D. Juan José Araya Barrantes

Director de la Escuela de Química



MSc. Ariel Alfaro Vargas

Miembro del tribunal



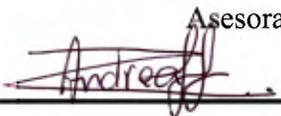
MSc. Paola Fuentes S

Asesora



Ing. Ana Lorena Monge Sandí

Asesora



Andrea María Zúñiga Lizano

Postulante

DEDICATORIA

A Dios por permitirme seguir siempre perseverante.

A mi mamá, papá y a María Laura por llevarme de la mano en este camino y motivarme para culminar este proceso.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo y el soporte en los momentos difíciles.

A mis amigos por motivarme a escribir y coordinar sesiones de tesis.

A Javier por siempre ser insistente y aguantarme cuando no había avance de la semana.

A las asesoras por la guía y aprendizaje en el proceso.

Al personal de mantenimiento y limpieza de la Escuela por sus aportes y la ayuda en la recolección de datos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
ALCANCE	2
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
MARCO TEÓRICO	5
1. Surgimiento de la gestión del riesgo	5
2. Teoría sobre el riesgo	7
3. Riesgos en Costa Rica	9
4. Gestión del riesgo	10
5. Acuerdo internacional: Marco de Sendai 2015-2030	15
6. Regulaciones nacionales	16
7. Normativa de la Universidad de Costa Rica	20
8. Normativas internacionales no obligatorias	21
9. Metodologías asociadas a las etapas de la gestión del riesgo	22
9.1. Identificación del riesgo	23
9.2. Análisis y valoración del riesgo	24
METODOLOGÍA	26
1. Primera fase: identificación de riesgos	30
2. Segunda fase: análisis de riesgos	32
3. Tercera fase: evaluación de riesgos	38
4. Cuarta fase: el tratamiento de los riesgos	38

1. Identificación de riesgos.....	40
2. Análisis de riesgos.....	48
3. Evaluación de riesgos.....	56
4. Tratamiento de riesgos.....	62
4.1. Tratamiento de riesgos con nivel de riesgo I.....	62
4.2. Tratamiento de riesgos con nivel de riesgo II.....	63
4.3. Tratamiento de riesgos con nivel de riesgo III.....	65
5. Monitoreo y revisión.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de deficiencia en la matriz de evaluación de riesgos	32
Cuadro II. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de exposición en la matriz de evaluación de riesgos	33
Cuadro III. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de probabilidad en la matriz de evaluación de riesgos	33
Cuadro IV. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de consecuencia en la matriz de evaluación de riesgos	34
Cuadro V. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de riesgo e intervención en la matriz de evaluación de riesgos	35
Cuadro VI. Formato de la matriz para la evaluación de los riesgos identificados	35
Cuadro VII. Resumen de la evaluación de riesgos de incendios bajo el método MESERI utilizada por la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos	386
Cuadro VIII. Relación entre el nivel y la aceptabilidad del riesgo	398
Cuadro IX. Relación entre el nivel del riesgo, la aceptabilidad y el plazo de acción	39
Cuadro X. Riesgos generales y específicos identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.....	45
Cuadro XI. Matriz de análisis de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.	49
Cuadro XII. Resumen de la evaluación de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales con nivel de aceptabilidad no aceptable que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.....	57
Cuadro XIII. Resumen de la evaluación de los riesgos eléctricos y estructurales con nivel de aceptabilidad mejorable que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.	58
Cuadro XIV. Resumen de la evaluación de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales con nivel de aceptabilidad aceptable con control específico que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.	60
Cuadro XV. Resumen del tratamiento de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales con nivel de aceptabilidad no aceptable que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.....	62
Cuadro XVI. Resumen del tratamiento de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales con nivel de aceptabilidad aceptable con control específico que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.	63
Cuadro XVII. Resumen del tratamiento de los riesgos eléctricos y estructurales con nivel de aceptabilidad mejorable que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.	66
Cuadro XVIII. Propuesta de monitoreo y revisión del SGR por tipo riesgo.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de valoración y tratamiento de riesgos	26
Figura 2. Imagen satelital de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica	27
Figura 3. Fachada y entrada principal de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica	27
Figura 4. Croquis del sótano de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica	28
Figura 5. Croquis de la primera planta de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica	29
Figura 6. Croquis de la segunda de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.....	29
Figura 7. Fallas encontradas al realizar la inspección utilizando las listas de verificación: a) sensor de GLP sin instalar, b) tanque de GLP sin especificaciones, c) áreas en el techo con huecos, d) tomacorrientes sin tapa y cerca de fuentes de líquidos, e) acceso limitado para los vehículos del Cuerpo de Bomberos, f) equipos mal instalados, g) sistema eléctrico sin protección y h) distancia y accesibilidad de hidrantes	41
Figura 8. Representación gráfica en porcentaje de los aspectos con los cuales cumple, no cumple o no indica información en la Escuela de Química respecto a la lista de verificación del Cuerpo de Bomberos	43
Figura 9. Representación gráfica en porcentaje de los aspectos con los cuales cumple, no cumple o no indica información en la Escuela de Química respecto a la lista de verificación de CFIA ..	44
Figura 10. Representación gráfica de la cantidad de riesgos identificados por subcategoría definidas según el número de riesgo: 1) falla eléctrica, 2) construcción cede o falla, 3) incendio se propaga con facilidad, 4) incendio y/o explosión, 5) mal funcionamiento del tanque GLP, 6) mal funcionamiento del hidrante, 7) aumento del tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos y 8) contaminación ambiental	54
Figura 11. Representación gráfica en porcentaje del nivel de aceptabilidad establecido como: aceptable, no aceptable, mejorable y aceptable con control específico en la Escuela de Química respecto a la matriz de evaluación de riesgos	56
Figura 12. Ciclo de Deming (PHVA)	68

LISTA DE ANEXOS

Anexo I. Extracto de la lista de verificación utilizada por la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica para determinar los puntos de mejora referente a la construcción del edificio.	79
Anexo II. Lista de verificación utilizada por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica para generar el informe de cumplimiento de instalaciones eléctricas.	95
Anexo III. Lista de verificación utilizada por la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica para identificar de riesgos de incendios bajo el método MESERI.	111
Anexo IV. Identificación de peligros y riesgos estructurales en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.	113
Anexo V. Identificación de peligros y riesgos asociados al sistema eléctrico en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.	115
Anexo VI. Identificación de peligros y riesgos ambientales en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.	119

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Alto
APP	Análisis preliminar de peligros
B	Bajo
C	Catastrófico
CAPDEE	Certificación de Actualización de Profesional en Diseño Eléctrico de Edificios
CBCR	Cuerpo de Bomberos de Costa Rica
CFIA	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica
CNE	Comisión Nacional de Emergencias
COGRAE	Comités de Gestión del Riesgo y Atención de Emergencias
EC	Exposición continua
EE	Exposición esporádica
EF	Exposición frecuente
EO	Exposición ocasional
EQ	Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica
ETA	Análisis de árbol de eventos
GLP	Gas licuado de petróleo
G	Grave
HAZOP	Análisis de riesgos y operatividad
HEPA	Atrapador de partículas de alta eficiencia
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
ISO	Organización Internacional de Normalización
L	Leve
M	Medio
MA	Muy alto
MESERI	Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio
MG	Muy grave
NC	Nivel de consecuencia
ND	Nivel de deficiencia
NE	Nivel de exposición
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de Estados Unidos
NP	Nivel de probabilidad
NR	Nivel de riesgo
NTP	Notas Técnicas de Prevención
P	Coefficiente de protección contra incendios
PHVA	Planificar, Hacer, Verificar y Actuar
SGR	Sistema de Gestión de Riesgo
SNGR	Sistema Nacional de Gestión de Riesgo
TGA	Consejo Técnico Ambiental
UCR	Universidad de Costa Rica
UGA	Unidad de Gestión Ambiental
UIB	Unidad de Ingeniería de Bomberos

RESUMEN

Esta investigación se centra en determinar la forma en la que la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica está preparada para realizar la gestión de riesgos asociados a la infraestructura y el ambiente en sus instalaciones. La identificación, el análisis, la evaluación y el tratamiento de los datos se realizó mediante el uso de las Normas INTE/ISO/IEC 31010:2012 “Gestión del riesgo. Técnicas de valoración del riesgo” e ISO 14001:2015 “Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso”.

Para ello, como herramientas de recolección de datos se utilizaron listas de chequeo, en el caso del análisis se realizó mediante el análisis preliminar de peligros (APP), en la fase donde se analizó y valoró cada riesgo se utilizó el análisis de riesgos y operatividad (HAZOP) y una adaptación de la Norma Técnica de Prevención 330 (NTP 330). Con los datos recolectados, en su mayoría información cualitativa, se determinaron riesgos no aceptables que deben tratarse en corto plazo para disminuir el riesgo de incidentes catastróficos. Otros con un nivel aceptable requieren la implementación de un control específico, al cual debe dársele seguimiento en un mediano plazo para evitar consecuencias que pueden ser severas. También se encontraron riesgos mejorables cuyo período de tratamiento es a largo plazo debido a que los daños que se pueden presentar son leves o no se han presentado a lo largo de la historia.

Dentro de los principales y más importantes riesgos que se encontraron a los que debe aplicarse tratamiento correctivo o preventivo, son los que hacen referencia a fallas eléctricas que puedan generar o desencadenar un incendio, así como minimizar que este se expanda a lo largo de toda la infraestructura. Debido a que esto puede aumentar el daño en el edificio y en el ambiente.

La fase de seguimiento de este trabajo de investigación es de suma importancia. Debido a que se deben tomar las medidas de prevención o corrección adecuadas para lograr completar el ciclo de Deming en donde se involucran otros tres ejes que son: hacer, verificar y actuar. Lo anterior favorecerá que se brinden las acciones necesarias para minimizar primero que se dé el riesgo, y segundo, sus implicaciones.

INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ciencias de la Universidad de Costa Rica se crea en el año de 1941 y empieza a funcionar con dos carreras: Licenciatura en Ciencias Biológicas y Licenciatura en Ciencias Físico-Químicas, esta última a principios de 1950 cambia a lo que es Licenciatura en Química; alrededor de 1956 se fundó el Departamento de Química lo que hoy se conoce como Escuela de Química, en sus inicios contaba con instalaciones dispersas a lo largo de la universidad por lo que fue necesario construir un solo edificio que cumpliera con los requisitos especiales. Es hasta 1958 que se inaugura la primera parte del edificio, el cual actualmente contempla tres plantas de alrededor de 3180 m² de construcción (Chaverri Benavides, 2004).

Según la exposición virtual sobre "La historia en concreto: Rodrigo Facio Brenes y la Ciudad Universitaria" que realizó el Museo UCR en noviembre del 2012 indica que el edificio de la Escuela de Química es una mezcla entre arquitectura moderna y costarricense, que involucra superficies de cristal, uso de pérgolas, áreas cubiertas de baldosas, superposición de planos y diseños rítmicos en el piso; menciona también que el diseño se mantiene homogéneo, aunque se haya construido en tres etapas (*Escuela de Química*, 2012).

Lo anterior denota la antigüedad del edificio y de las características constructivas propias de varias décadas atrás, en su mayoría, de más de cincuenta años por lo que es importante evaluar el cumplimiento de la normativa vigente en temas de infraestructura y ambiente con el fin de establecer un sistema de gestión de riesgo en estos dos ejes. El enfoque en estas dimensiones nace a raíz de las características constructivas y estructurales del edificio que alberga a la Escuela de Química y producto de los cambios de la normativa en este tema desde la construcción. Esto también es importante de considerar para el componente ambiental, aunado al aumento de las personas usuarias de esta infraestructura, de las circundantes y de los espacios de tránsito peatonal.

La condición de la Escuela de Química para soportar eventos que puedan generar daños o pérdidas que sean parciales o totales, así como de actividades rutinarias que generen un impacto negativo en el ambiente, incentiva a generar un sistema que gestione un manejo responsable de los riesgos identificados en la investigación.

ALCANCE

Esta investigación se centró en analizar y determinar cómo es la gestión de los riesgos asociados a la infraestructura y el ambiente de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, así como indicar el nivel de aceptabilidad del riesgo causados por los siguientes factores: condición del sistema eléctrico, resistencia sísmica, soporte estructural ante desastres naturales y manejo de sustancias químicas. En el aspecto de infraestructura, aunque esta no implica la parte estructural, se hizo énfasis en el sistema eléctrico por ser el riesgo más importante, también se incluyen aspectos que pueden generar riesgos ambientales: almacenamiento de sustancias químicas, sismos, deslizamientos e inundaciones.

La identificación de riesgos se efectuó empleando los criterios planteados en las normas INTE/ISO/IEC 31010:2012, ISO 14001:2015 y la Norma Técnica de Prevención 330. No es parte del alcance de esta investigación es el edificio de la Proveeduría de la Escuela de Química. Este estudio se limita a la información que fue suministrada por las personas responsables, las personas entrevistadas y el acceso brindado a los espacios del edificio.

JUSTIFICACIÓN

El edificio de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica cuenta con una cronología de construcción que comienza alrededor del año 1968, en este año se inicia construyendo la primera planta y conforme pasan los años se le realizan agregados hasta llegar a tener tres pisos en la actualidad. Esto implica que la mayor parte de la infraestructura tiene más de 50 años de haberse construido.

Si bien es cierto se han realizado ciertas remodelaciones, mucho de la parte constructiva y del sistema eléctrico no cumple con la normativa vigente, lo que pone en riesgo la integridad del edificio y del ambiente que lo rodea, considerando el tipo y grado de peligrosidad de sustancias con las que se trabaja día con día.

Actualmente no se cuenta con un sistema de gestión de riesgo asociado a la infraestructura y el ambiente en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica por lo que no se tiene un control de cuáles peligros existen, cómo pueden afectar y cómo se puede minimizar, mitigar o

eliminar los daños en caso de que ocurra una emergencia ya sea natural, antrópica o ambas. Dentro de los riesgos que se encontraron están: eléctricos, estructural, asociados a productos químicos y ambientales. Con esta investigación se pretende dar respuesta a la pregunta: ¿Cómo gestiona el riesgo para la infraestructura y el ambiente la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica?, con el fin de generar una propuesta de un sistema para la gestión del riesgo de las condiciones de infraestructura y ambiente en la Escuela de Química.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Formular un sistema para la gestión del riesgo para la infraestructura y el ambiente en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, con base en las Normas INTE/ISO/IEC 31010:2012 e ISO 14001:2015 para hacer un manejo responsable de este.

Objetivos específicos

- Identificar las condiciones de riesgo referentes a la infraestructura y el ambiente en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.
- Analizar las condiciones de riesgo con base en las Normas INTE/ISO/IEC 31010:2012 e ISO 14001:2015.
- Diseñar la propuesta que gestione eficientemente las condiciones de riesgo identificadas.

MARCO TEÓRICO

En esta sección se van a describir los conceptos necesarios para comprender esta investigación, algunos de estos son: los inicios de la gestión del riesgo, los potenciales riesgos que se pueden presentar al vivir en un país como Costa Rica y aspectos legales o de normativa nacional e internacional que permitan realizar un análisis integral de la gestión del riesgo.

1. Surgimiento de la gestión del riesgo

La gestión del riesgo es un proceso que comenzó como un tipo de instinto natural que le permitía a la persona analizar una situación de la vida cotidiana y poder tomar decisiones para prevenirla, tratarla o mitigarla (Aven, 2016). Alrededor del año de 1945 se inicia el interés por el estudio de la gestión del riesgo, que inicia con su análisis en el área financiera, pues fueron en su mayoría las entidades bancarias las que necesitaban un manejo de las organizaciones en donde se percibieran los negocios como riesgos inminentes, debido a que involucraba un costo económico importante que no podía ser retribuido por las aseguradoras (Dionne, 2013).

La gestión del riesgo, a lo largo de los años, se ha convertido en un proceso integral que no solo involucra la parte financiera, si no cada aspecto de la vida que envuelve un proyecto. Como esta se implementa en muchas áreas donde el objetivo principal es la mejora continua, se crea la INTE/ISO 31000:2018 Gestión de riesgo - Directrices con la idea de poder generalizar los procesos y lograr reducir la incertidumbre asociada al riesgo (Olechowski et al., 2016).

Desde el inicio de la gestión del riesgo se trató de disminuir el efecto de los posibles riesgos que se presentan en la vida cotidiana. A nivel mundial se han establecido pautas en temas de mitigación de riesgos a lo largo de los años. Para el año 2020 se plantea la idea de una “década de acción” en donde se propone implementar con mayor fuerza mecanismos que ya han estado vigentes como lo es el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (Marco de Sendai) con el cual se pretende, principalmente, la gestión de riesgos para lograr una disminución en las pérdidas asociadas a desastres (Matsuoka & Gonzales Rocha, 2021).

Otro mecanismo que se utiliza para administrar estos procesos de toma de decisiones es el Sistema de Indicadores de Riesgo de Desastres y Gestión de Riesgos, el cual se elabora de forma conjunta entre el Banco Interamericano de Desarrollo y el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, este sistema logra analizar el índice de déficit por desastres, el índice de desastres locales, el índice de vulnerabilidad prevalente y el índice de gestión de riesgos de diferentes países con el fin de dar un visión general en este tema para que así se tomen acciones correctivas (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015).

El panorama general de Costa Rica se ve influenciado por una gran lista de amenazas naturales, una de esas son las erupciones volcánicas, que generan riesgos que deben ser atendidos de manera adecuada para evitar o mitigar problemas que se puedan desencadenar. Debido a una serie de erupciones de los volcanes Irazú y Arenal es que en el país se declara la primera Ley Nacional de Emergencias, alrededor de la década de los 60's, en esta se crea la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) con el objetivo principal de organizar la respuesta ante emergencias en el país (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2019).

La Ley Nacional de Emergencias se ha actualizado varias veces hasta llegar a la versión actual de la Ley N° 8488 que es la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo. Esto se hace con el fin de definir un marco jurídico a nivel de Costa Rica que sea ágil y capaz de garantizar la disminución de las causas de riesgo y administrar la toma de decisiones ante una condición de emergencia (Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo, 2005). Bajo esta normativa se establecen entidades como el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo (SNGR) y mecanismos como el Plan Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, así como la Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030, que es la que se encuentra vigente. Estas pretenden gestionar los riesgos y mitigar sus efectos en la sociedad (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2015).

Para disminuir el riesgo inherente en todos los factores de la vida, todas las organizaciones y entidades del país deben unirse en ese proceso. Es así como en el año de 2001 la Universidad de Costa Rica se incorpora a colaborar en la gestión del riesgo del país mediante el Programa de Gestión de Riesgo y Reducción de Desastres actualmente está coordinado por la Vicerrectoría de Administración y su principal función es minimizar la vulnerabilidad universitaria ante situaciones de emergencia o desastres que se puedan presentar (Vicerrectoría de Administración, n.d.).

Para tener un concepto claro de lo que se entiende por riesgo, en el siguiente apartado se profundizará en el trasfondo teórico que conlleva esta temática.

2. Teoría sobre el riesgo

Teóricamente el riesgo se entiende como una posibilidad de que suceda algo bueno o algo malo en cualquier actividad que se realice en el día a día, entonces se puede decir que este concepto se conoce desde los orígenes del ser humano (Echemendía, 2011). Este se asocia, la mayoría de las veces, con un concepto propio del ser humano de estar conscientes que al tomar una decisión se puede acertar o errar en el resultado (Markus, 2017). Según el diccionario de la (Real Academia Española, 2020) se define como riesgo: “Contingencia o proximidad de un daño”.

Debido a que existen diferentes definiciones de ahora en adelante se entiende como riesgo lo estipulado por la (Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo, 2005): “Probabilidad de que se presenten pérdidas, daños o consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un período definido. Se obtiene al relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos” (p.3).

En esta definición se mencionan dos conceptos importantes: vulnerabilidad y amenaza. Es preciso conocer que conlleva cada uno de ellos para comprender que se entiende por riesgo. Estos se abarcarán seguidamente.

Definición de vulnerabilidad

La vulnerabilidad tiene relación con cuánto va a verse afectado un elemento, un proceso o el ser humano cuando este está involucrado en una actividad y se clasifica dependiendo del factor que fue dañado (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales, 2005). También se encuentra ligado con la frecuencia con la que se da un efecto negativo producto de un evento, como puede ser un fenómeno natural (Arroyo, 1992).

La vulnerabilidad es un concepto que permite analizar un sistema según la probabilidad de estar expuesto a peligros, la susceptibilidad de sufrir algún daño considerando la magnitud del

impacto y como se pueda anticipar o recuperar luego de pasar por un evento no deseado (Zio, 2014).

Según la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (2005) se entiende como vulnerabilidad: “Condición intrínseca de ser impactada por un suceso a causa de un conjunto de condiciones y procesos físicos, sociales, económicos y ambientales. Se determina por el grado de exposición y fragilidad de los elementos susceptibles de ser afectados – la población, sus haberes, las actividades de bienes y servicios, el ambiente – y la limitación de su capacidad para recuperarse” (p.5).

Definición de amenaza

El término amenaza hace referencia a la probabilidad que algo suceda en un tiempo, lugar e intensidad específica. Esta puede ser de tipo natural a causa de un incidente de origen natural o de tipo antrópica en donde la fuente principal depende de las actividades realizadas por el ser humano en un entorno natural; ambas generan daños en un momento determinado a las personas o bienes asociados (Pillajo, 2015). De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española (2020) se entiende como la acción de amenazar y esta se define como: “Dicho de algo malo o dañino: Presentarse como inminente para alguien o algo”.

Este concepto se debe de percibir de forma objetiva, esto debido a que muchas veces no solo depende de la clasificación de la amenaza, si no de cómo se pueda defender el amenazado. Si se analiza desde un punto de vista subjetivo puede pasar que el temor por ese hecho se vea potencializado por la persona que lo anuncia y sea diferente a lo que implica la amenaza realmente para el entorno (Saint Pierre et al., 2017).

Según la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (2005) se entiende como amenaza: “Peligro latente representado por la posible ocurrencia de un fenómeno peligroso, de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre, capaz de producir efectos adversos en las personas, los bienes, los servicios públicos y el ambiente” (p.3).

La combinación de los dos conceptos anteriores da como resultado un nuevo término, desastre, que de no ser evaluado aumenta la posibilidad de verse plasmado en daños al ambiente, la infraestructura y la población.

Definición de desastre

Un desastre se genera por la combinación de las amenazas y vulnerabilidad. Este resulta en la incapacidad de reducir el riesgo, lo que puede llegar a provocar pérdidas sociales, económicas y ambientales (Baas et al., 2009). De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española (2020) se define como: “Desgracia grande, suceso infeliz y lamentable”.

El desastre se entiende como un fenómeno peligroso y violento que no solo afecta al ser humano si no todo el entorno que lo rodea, según su origen etimológico el significado se analiza como el resultado de un evento desafortunado del cual las personas no tienen control (Arito et al., 2017).

Según la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (2005) se entiende como desastre: “Situación o proceso que se desencadena como resultado de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que al encontrar, en una población, condiciones propicias de vulnerabilidad, causa alteraciones intensas en las condiciones normales de funcionamiento de la comunidad, tales como pérdida de vida y de salud de la población, destrucción o pérdida de bienes de la colectividad y daños severos al ambiente” (p.3).

3. Riesgos en Costa Rica

A nivel mundial se ha visto un aumento en la incidencia de desastres naturales como tormentas tropicales, inundaciones y sismos de alta intensidad, muchos de ellos generando daños muy serios e irreversibles; una de las regiones con mayor afectación por este tipo de eventos es América Latina y el Caribe (Greenstein, 2004).

Costa Rica se ubica en la región intertropical de América Central esto provoca que sea un país altamente lluvioso (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención, 2015). Además,

al ser un territorio joven y formar parte de la placa Caribe y la microplaca de Panamá lo convierte en una zona sísmica altamente activa (Burgoa et al., 2014). Por lo que la mayoría de las emergencias que se presentan en el país se relacionan con amenazas del tipo de inundaciones, deslizamientos y sismos (Brenes, 2016).

El riesgo de que este tipo de desastres ocurran en el país se ha visto en aumento, esto por acciones causadas por el ser humano como lo son: desarrollo no sostenible en la industria, la agricultura y el turismo, así como mal manejo de suelos y aumento no planificado en la construcción (Organización Panamericana de la Salud, 2020).

El aumento en los índices que valoran el riesgo en Costa Rica hace necesario brindar mayor atención a una adecuada administración de este, con el propósito de disminuir los daños en el entorno y el ser humano. Si bien es cierto que este tipo de eventos son causados por factores naturales, las implicaciones pueden verse agravadas a consecuencia de la actividad humana (Greenstein, 2004). De ahí la importancia de una adecuada gestión del riesgo y analizar sus componentes.

4. Gestión del riesgo

El concepto de gestión del riesgo nace de la necesidad de cumplir con la prevención y mitigación de los riesgos ocasionados, en su mayoría, con desastres naturales. Es por lo que a continuación se van a explicar en qué consisten.

Definición de prevención:

La prevención consiste en tomar acciones con tiempo para tratar de que no suceda un evento no deseado o en caso de darse el evento los daños ocasionados sean muy bajos (García et al., 2017). El objetivo de la prevención es lograr eliminar, en la medida de lo posible, el riesgo que pueda generar un desastre utilizando acciones que promuevan disminuir la ocurrencia de estos (Vásquez et al., 2017). De acuerdo con diccionario de la Real Academia Española (2020) se define como: “Preparación y disposición que se hace anticipadamente para evitar un riesgo o ejecutar algo”.

Según la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (2005) se entiende como prevención “Toda acción orientada a evitar que los sucesos negativos se conviertan en desastres. Procura el control de los elementos conformantes del riesgo, por lo que, por una parte, las acciones se orientan al manejo de los factores de amenaza y, por otra, a los factores que determinan la condición de vulnerabilidad” (p.4).

Definición de mitigación:

De acuerdo con diccionario de la Real Academia Española (2020) se define como: “acción y efecto de mitigar”, donde la palabra mitigar significa: “moderar, aplacar, disminuir o suavizar algo riguroso o áspero”.

Según la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (2005) se entiende como mitigación “Aplicación de medidas para reducir el impacto negativo que provoca un suceso de origen natural, humano o tecnológico” (p.4).

De forma cuantitativa se puede analizar la mitigación de riesgos como una relación directamente proporcional a la frecuencia, exposición y gravedad de los incidentes a los que se está expuesto, se busca que estos tres factores se unan para que así se logre disminuir el impacto negativo ante un evento (Hallowell & Gambatese, 2009).

Las dos definiciones que se acaban de mencionar tienen como fin primordial la reducción de cualquier riesgo que se pueda presentar, con esto se espera fortalecer la idea de que al implementar los conceptos de prevención y mitigación se logre una adecuada gestión de esos riesgos. Para poder implementar un sistema adecuado que permita mitigar y prevenir los potenciales eventos es necesario conocer qué se entiende como gestión del riesgo.

Definición de la gestión del riesgo:

Este concepto se empieza a utilizar después de la Segunda Guerra Mundial. Inicialmente se enfocaba en riesgos puros y no contemplaba los de tipo financiero. Por mucho tiempo este término fue asociado a seguros de mercado para proteger personas o empresas de potenciales pérdidas por accidentes cuyo fin principal es minimizar el riesgo (Dionne, 2013).

Debido a que no es un término que se utiliza para un solo tipo de sector, la gestión del riesgo se puede definir como un proceso completo en el que se detecta, previene, mitiga, corrige y se le da seguimiento a un evento que pueda generar un daño en el caso de que alguno de ellos se concrete se tiene que conocer las acciones que se deben realizar (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2015).

Este es un concepto que engloba todas las definiciones que se han mencionado hasta el momento, es un proceso integral que forma parte de todas las actividades, que está enfocado en identificar una amenaza o vulnerabilidad para así mitigar los riesgos asociados. Al final la idea es prevenir que se dé un desastre (Cardona, 2008).

Según la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (2005) se entiende como gestión del riesgo: “Proceso mediante el cual se revierten las condiciones de vulnerabilidad de la población, los asentamientos humanos, la infraestructura, así como de las líneas vitales, las actividades productivas de bienes y servicios y el ambiente. Es un modelo sostenible y preventivo, al que incorporan criterios efectivos de prevención y mitigación de desastres dentro de la planificación territorial, sectorial y socioeconómica, así como a la preparación, atención y recuperación ante las emergencias” (p.4).

Una adecuada gestión del riesgo consiste en la interacción de los siguientes componentes: evaluación del riesgo, identificación del riesgo, análisis del riesgo, valoración del riesgo y tratamiento del riesgo (INTECO, 2018).

Evaluación del riesgo:

Debido a que el objetivo primordial de la gestión del riesgo es mitigar o prevenir los riesgos, se debe de empezar con este proceso evaluándolos. Esto se logra al integrar factores como la identificación, el análisis, la valoración y su tratamiento los cuales se van a desarrollar más adelante (Refsdal et al., 2015).

Se puede entender evaluación del riesgo como un proceso para comprender la naturaleza y la magnitud del riesgo. Para determinar lo anterior es que se utiliza una metodología que permita

integrar el análisis de las características del riesgo y las condiciones de vulnerabilidad que presenta (Suzanne, 2013).

Según la INTE/ISO 31000:2018 (2018) se define como evaluación del riesgo: “el proceso global de identificación del riesgo, análisis del riesgo y valoración del riesgo” (p.20). Esto implica que se deben de realizar actividades que tengan como objetivo comprender el tipo de riesgo al que se le va a hacer frente mediante los factores que se van a explicar más adelante.

Identificación del riesgo:

Al realizar todo el proceso de gestión de riesgos, es importante tener en cuenta que existe una diferencia entre las palabras “riesgo” y “peligro” ya que en muchas ocasiones suelen utilizarse como sinónimos, pero no lo son. Una de las formas en las que se pueden diferenciar es que el peligro es un factor cualitativo que brinda información sobre el origen del daño; mientras que el riesgo es una variable cuantitativa, que indica la probabilidad de que cause un daño si se está en contacto con la fuente (Echemendía, 2011).

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española (2020), peligro se define como: “Lugar, paso, obstáculo o situación en que aumenta la inminencia del daño”. Debido a que existen diferentes formas de entender esta palabra, se va a utilizar como definición para este propósito lo que según de la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (2005) se entiende como peligro: “Probabilidad irrefutable, por evidencia comprobada por una inspección de campo o por observaciones y estudios técnicos y científicos, de que ocurrirá una emergencia en un plazo predecible, de no tomarse medidas correctivas de control o mitigación” (p.4).

Una vez definido el peligro, el primer paso de la evaluación de los riesgos es identificarlos. Esto implica conocer las circunstancias a las cuales se puede estar expuesto y documentar las posibles causas en el caso de materialización del riesgo (Velásquez-Restrepo et al., 2017). Para realizar el proceso de identificación primero se definen cuáles son los incidentes potenciales y si en la infraestructura o el ambiente existe un punto de vulnerabilidad que implique un riesgo al cual hay que prestarle atención (Refsdal et al., 2015).

Según la INTE/ISO 31000:2018 (2018) el propósito de la identificación del riesgo: “es encontrar, reconocer y describir los riesgos que pueden ayudar o impedir a una organización lograr sus objetivos” (p.20).

Análisis de los riesgos:

La información que se obtiene de la etapa anterior no es relevante por sí misma, por lo que se necesita analizarla. Esto significa que se debe de conocer la forma, la frecuencia y el nivel de afectación que va a tener ese riesgo identificado (Velásquez-Restrepo et al., 2017).

El tratamiento de los datos obtenidos en la etapa de identificación se puede manejar de forma cualitativa, en este caso determina la probabilidad de suceder y el impacto que puedan presentar los riesgos. También se pueden tratar de forma cuantitativa, lo que implica un análisis numérico de la ocurrencia y consecuencias de los riesgos para determinar el impacto sobre la infraestructura o el ambiente (Ochoa, 2019).

De acuerdo con la INTE/ISO 31000:2018 (2018) el objetivo principal del análisis del riesgo es: “comprender la naturaleza del riesgo y sus características incluyendo, cuando sea apropiado, el nivel del riesgo” (p.21).

Valoración del riesgo:

Una vez que se tienen los riesgos identificados y analizados se deben de valorizar. Esto implica establecer, de ser necesario, un tratamiento y definir la prioridad con la cual se van a tratar. Es una etapa en la que se unen las dos anteriores con el fin de determinar acciones preventivas o correctivas para lograr prevenir o mitigar un posible riesgo (Velásquez-Restrepo et al., 2017).

Cuando se conocen los riesgos que estén asociados a una actividad específica es importante saber qué tanto y cómo van a afectar según la intensidad de estos, lo cual permite enlistar y priorizar cada uno de ellos para así definirles controles y darles una posible solución para prevenir o mitigar sus efectos (Rodríguez et al., 2013).

Según la INTE/ISO 3100:2018 (2018) el fin de la valoración del riesgo es: “apoyar a la toma de decisiones” (p.21).

Tratamiento del riesgo:

Una vez que el proceso se completa con las tres etapas anteriores se deben tomar acciones respecto a los datos encontrados, con el fin de tener un plan de acción ante un posible riesgo y lograr reducir el impacto que este tenga en el área deseada (Galarza López & Almuñás Rivero, 2015).

El tratamiento se debe centrar en la prevención para lo cual se implementan soluciones que permitan evitar, cambiar o combatir un posible riesgo, toda medida tomada debe de impactar directamente en cada uno de los riesgos (directos o indirectos) que han sido identificados, esto para lograr que lo que se haga hoy influya positivamente en el futuro (Riddell et al., 2020). Según la INTE/ISO 3100:2018 (2018) el propósito del tratamiento del riesgo es: “seleccionar e implementar opciones para abordar el riesgo” (p.22).

La gestión del riesgo en la infraestructura y el ambiente debe ser un proceso basado en las regulaciones nacionales e internacionales esto para lograr que sea un proceso integral y actualizado a las situaciones y cambios que se presenten. Para esto se debe conocer el marco general con el cual se pretende disminuir o prevenir la incidencia de los posibles desencadenantes de riesgos.

Costa Rica forma parte del acuerdo del Marco de Sendai, este tipo de acuerdos permiten esfuerzos internacionales comunes para la disminución de riesgos. Esto permite al este país generar estrategias para una adecuada gestión para evitar el impacto negativo de esos riesgos.

5. Acuerdo internacional: Marco de Sendai 2015-2030

En el caso del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (2015) se establece como objetivo principal:

“Prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes implementando medidas integradas e inclusivas de índole económica, estructural, jurídica,

social, sanitaria, cultural, educativa, ambiental, tecnológica, política e institucional que prevengan y reduzcan el grado de exposición a las amenazas y la vulnerabilidad a los desastres, aumenten la preparación para la respuesta y la recuperación y refuercen de ese modo la resiliencia.” (p.12)

Según la definición anterior este acuerdo no solo pretende disminuir los riesgos ya existentes si no que se espera que no surjan nuevos, para lo que se debe de implementar una adecuada gestión de riesgos que permita identificar y tratar de forma preventiva posibles afectaciones negativas ocasionadas en la infraestructura o el ambiente. Este proceso no debe estar exclusivamente a cargo de los gobiernos, si no de cada una de las partes que se vean involucradas como, por ejemplo, las comunidades académicas (Matsuoka & Gonzales Rocha, 2021) .

Además de este marco referencial del cual Costa Rica forma parte, el país ha desarrollado normativas con las cuales se busca, al implementarlas, prevenir y mitigar los riesgos que se presentan en el país.

6. Regulaciones nacionales

A continuación, se van a exponer las regulaciones nacionales más relevantes que involucran a la infraestructura y el ambiente, con las cuales se ha permitido gestionar los riesgos que se presentan en el país.

Ley Nacional de Emergencias y Prevención de Riesgos

Esta ley gestiona todas las medidas pertinentes para disminuir las consecuencias negativas a causa de riesgos naturales o provocados por el ser humano, así como para lograr que las situaciones de emergencia sean manejadas oportunamente (Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo, 2005); por lo que a raíz de esto se crea, entre otros lineamientos, la Política Nacional de Gestión del Riesgo y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo, los cuales se van a explicar más adelante.

Mediante la implementación de esta ley, se sientan las bases que permiten desarrollar un plan de gestión del riesgo en los diferentes ámbitos de la sociedad, se busca salvaguardar la vida

y los bienes de las personas antes, durante o después de presentarse una emergencia. Sin embargo, la parte ambiental queda al descubierto, que se resguarda mediante la siguiente legislación.

Ley Orgánica del Ambiente

Como se mencionó anteriormente, cuando se trata una emergencia o se prevé un riesgo, el sector ambiental no se encuentra dentro de las principales líneas de acción para proteger y cuidar. Es por lo que en la Ley Orgánica del Ambiente se pueden encontrar los parámetros a seguir para conseguir un entorno sano y ecológicamente equilibrado que permita la integración de la parte social y la infraestructura de la ley anterior con las acciones de protección, conservación y mejora del ambiente (Ley Orgánica del Ambiente, 1995).

La infraestructura puede verse afectada tanto por riesgos provocados de forma natural o por el ser humano, es por lo que se debe de conocer, respetar y poner en práctica la legislación pertinente. Seguidamente se describirán algunos de los reglamentos, políticas, planes y códigos relacionados con este tema. Estos tienen como propósito mitigar o prevenir riesgos asociados a infraestructura, sismos, incendios, entre otros.

Reglamento de Construcciones

Este reglamento se establece bajo el decreto N° 37045 y es una de las formas en las que se puede lograr prevenir o mitigar riesgos mediante una adecuada construcción y diseño de las infraestructuras que se construyen en el país, para esto existen lineamientos que permiten determinar los requerimientos mínimos para proteger tanto la construcción como las personas que hacen uso de esta. Este reglamento posibilita determinar los aspectos necesarios para la planificación, diseño y la construcción de edificios con el fin de asegurar y proteger la salud, economía y bien común, esto se logra mediante el cumplimiento de requisitos específicos como: ventilación, iluminación y seguridad, entre otros (Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, 2018).

Código Sísmico

Como se ha mencionado, Costa Rica es un país altamente sísmico por lo que para prevenir o mitigar el efecto que puede tener un evento se debe hacer desde la parte constructiva. Este código se encuentra bajo el decreto N° 37070-MIVAH-MICIT-MOPT y tiene como finalidad establecer los requerimientos mínimos necesarios para que los edificios u obras sean sismorresistentes, para así reducir daños o pérdidas tanto materiales como de seres vivos (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, 2011).

Al poner en práctica este código toda estructura que sea construida en este país debe ser capaz de resistir sismos menores que no generan daños, eventos moderados sin daños estructurales y sucesos fuertes sin colapso. Además, se puede definir el comportamiento que va a tener la infraestructura lo cual permite la prevención ante el colapso, la seguridad de la vida y control de daños (Herrera, 2000).

Código Eléctrico

Este código se establece bajo el decreto N° 36979- MEIC y tiene como objetivo general proteger los bienes y las personas de riesgos asociados a una mala instalación eléctrica y el uso de materiales o equipos que no sean los apropiados para la labor que se esté realizando, tanto para construcciones nuevas o modificaciones a las ya existentes (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, 2012).

Esto es importante debido a que en la última evaluación realizada por la Unidad de Ingeniería de Bomberos de Costa Rica (UIB) se obtuvo que de la totalidad de incendios investigados del 01 de enero al 31 de diciembre de 2021, la principal fuente de ignición y causa de los incidentes en estructuras fue el calentamiento de cables (41 incendios), equipos eléctricos (9 incendios); la mayor causa-raíz es asociada a fallos en el sistema eléctrico (38 incidentes) y daños en los equipos (11 incidentes) (Unidad de Ingeniería de Bomberos, 2021). De ahí la importancia de una adecuada y responsable aplicación de códigos y reglamentos, para así tratar de que estas cifras cada día disminuyan.

Reglamento Nacional de Protección contra Incendios

La finalidad del reglamento (bajo el decreto N° 37615-MP) es establecer las indicaciones necesarias para lograr la seguridad humana y la protección en caso de incendios, esto mediante la aplicación de la norma de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de Estados Unidos (NFPA por sus siglas en inglés) la cual es de uso obligatorio para toda construcción nueva, existente o modificada (Ministerio de la Presidencia, 2008); para lograr la protección contra incendios los edificios deben contar con un plan básico que, como mínimo, debe contener: medios de ingreso, control de fuentes de ignición, sistemas de supresión de incendios, uso de materiales resistentes al fuego (construcción, compartimentos y barreras), equipos de detección y alarmas (Unidad de Ingeniería de Bomberos, 2020).

Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016 – 2030

Esta política busca el desarrollo y bienestar de toda la población que viva en Costa Rica, de forma en que se evidencien todos los factores de riesgos que sean posibles y de esta forma fortalecer en la sociedad la idea de prevención; para así, reducir la vulnerabilidad y evitar pérdidas ante desastres. En Costa Rica, la política está descrita en la Ley Nacional de Emergencias y Prevención de Riesgos y es la base del Plan Nacional de Gestión del Riesgo, ambos forman el marco estratégico para enfrentar estos retos (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2015).

Plan Nacional de Gestión del Riesgo

Una de las labores de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Emergencias es la creación de un Plan Nacional de Gestión de Riesgos, enfocado en el desarrollo de prácticas que estén fundamentadas en la evaluación de riesgos que se utilizan para reducir la vulnerabilidad y dar protección tanto a bienes como a seres vivos. Actualmente se encuentra en vigor es el plan 2021-2025 y permite orientar a toda la población para el cumplimiento de la Política Nacional de Gestión del Riesgo (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2016).

Así como a nivel nacional existen las regulaciones que se mencionaron anteriormente, la Universidad de Costa Rica tiene programas tanto de gestión de riesgos y gestión ambiental, que suman a la prevención y mitigación ante eventos de origen natural o provocados por el ser humano.

7. Normativa de la Universidad de Costa Rica

La Universidad de Costa Rica cuenta con varios programas que buscan gestionar riesgos, a continuación, se van a exponer dos de los más relevantes.

Programa de Gestión de Riesgo y Reducción de Desastres de la Universidad de Costa Rica

Este es un programa general para la gestión del riesgo de desastres y atención de emergencias dentro de sus diferentes sedes, con el cual se pretende identificar y analizar las posibles condiciones de riesgo para que así, en conjunto, los diferentes Comités de Gestión del Riesgo y Atención de Emergencias (COGRAE) determinen las acciones a tomar en caso de presentarse una situación de desastre o peligro en los diferentes espacios de la universidad (Jensen, 2019).

Gestión ambiental de la Universidad de Costa Rica

A su vez, la Universidad de Costa Rica realiza la gestión ambiental tomando en consideración las regulaciones nacionales, así como lineamientos internos a cargo de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) y el Consejo Técnico Ambiental (TGA), los cuales trabajan en conjunto con otras instancias universitarias con el objetivo principal de regular las actividades que tengan un impacto directo en el ambiente (Jensen, 2016).

Además de las regulaciones a nivel país o internas de la Universidad de Costa Rica existen normativas internacionales como las ISO que, si bien en la mayoría de los casos no son de carácter obligatorio, sirven de complemento o de refuerzo a lo que ya está estipulado e implementado; en materia ambiental existe la ISO 14000:2015 y en gestión del riesgo INTE/ISO 31000:2018 y INTE/ISO/IEC 31010:2012 que se van a desarrollar en el siguiente apartado.

8. Normativas internacionales no obligatorias

En esta investigación se va a trabajar con tres normativas de tipo INTE/ISO en estas se establecen formas y consideraciones a tomar en cuenta para la identificación, análisis, evaluación y tratamiento de riesgos, así como de gestión ambiental.

INTE/ISO 31000:2018 y INTE/ISO/IEC 31010:2012

En la norma INTE/ISO 31000:2018 se encuentran todas las pautas para realizar una adecuada gestión del riesgo, es adaptable a cualquier tipo de organización, sector productivo o contexto, también se puede utilizar para cualquier tipo de riesgo. Brinda definiciones generales del proceso de gestión, así como acciones a implementar en cada una de las partes (INTECO, 2018).

Mientras que la INTE/ISO/IEC 31010:2012 es una norma que sirve como apoyo a la mencionada anteriormente, brindando algunas de las formas y técnicas en las que se puede llevar a cabo la valoración del riesgo. En esta se explica el proceso global para la identificación, el análisis y la posible valoración de un riesgo, a su vez, brinda técnicas y herramientas para poder llevar a cabo todo el proceso de evaluación de un riesgo (INTECO, 2012).

ISO 14001:2015

Todo el conjunto de normas ISO 14000 generan las oportunidades para permitir una adecuada gestión de las organizaciones en sus asuntos ambientales, algunos de los beneficios que se pueden obtener al implementarlas son: la reducción de los costos, la eliminación de residuos y la disminución del consumo de energía; en específico ha demostrado que al aplicar la ISO 14001 se genera un impacto sólido en la gestión ambiental (Gavronski et al., 2008).

La aplicación de esta norma permite la sostenibilidad del entorno y la adaptación a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las necesidades socioeconómicas; al mismo tiempo se genera una mejora en el desempeño de la organización al lograr que los resultados previstos y que han establecido para su sistema de gestión ambiental (INTECO, 2015).

De las normas ISO anteriores solamente la ISO 14001:2015 es certificable pero no es de carácter obligatorio. Tanto la ISO 14001:2015, la INTE/ISO 31000:2018 e INTE/ISO/IEC 31010:2012 son la guía para seguir y así hacer un manejo integral de la gestión del riesgo con las cuales se identifican, analizan, valoran y de ser posible tratan los riesgos encontrados tanto en la infraestructura como el ambiente del lugar en donde se implementan.

Norma técnica de prevención 330 (NTP 330)

Las Normas Técnicas de Prevención son creadas en el año 1982 por el Instituto Nacional de Salud y Seguridad en el Trabajo de España como parte de una serie de documentos que tienen como objetivo ser herramientas de consulta para profesionales en salud ocupacional y encargados de brigadas de prevención de riesgos; cuentan con normas para diferentes disciplinas, pero los documentos no son vinculantes entre sí y no son de carácter obligatorio a no ser que así lo dicte la normativa vigente (Yallico, J. 2012). En particular la Norma de Prevención 330 (NTP 330) es un método simplificado de evaluación de los riesgos identificados a partir de listas de chequeo para luego determinar la probabilidad, consecuencia y nivel de riesgo asociado a un evento (INSHT, 1993).

La gestión del riesgo debe llevarse a cabo de una manera sistematizada. Esto se logra al poner en práctica normas como las que se acaban de indicar, las cuales permiten encontrar los puntos en los cuales se puedan realizar mejoras, para esto se utilizan algunas de las metodologías que se van a presentar en el siguiente apartado.

9. Metodologías asociadas a las etapas de la gestión del riesgo

Existen múltiples herramientas o técnicas con los que se abordan cada una de las etapas de la gestión del riesgo y con las cuales se puede obtener resultados cualitativos, semicualitativos o cuantitativos. A continuación, se mencionan algunas de ellas.

9.1. Identificación del riesgo

Los riesgos que pueden afectar la infraestructura y el ambiente deben categorizarse (por ejemplo: técnicos, organizacionales o externos) e identificarse. Para esto último existen varias formas en las que se pueden realizar, algunas de estas son:

9.1.1. Listas de chequeo o de verificación

Son listas de peligros, fallos o riesgos que se han generado por medio de expertos o por resultados de hechos que han ocurrido previamente, son uno de los instrumentos más rápidos y fáciles de utilizar, aunque no brinda resultados cuantitativos (Hincapie & Wilches, 2016). Una de las limitantes de las listas es que no se pueden explorar otros aspectos que no se encuentren dentro de las categorías que se incluyen (“A Guide to the Project Management Body of Knowledge,” 2000). Por ejemplo, se pueden utilizar, el Manual de Disposiciones Técnicas del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, la lista de verificación del sistema eléctrico del Colegio de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica y el método simplificado de evaluación del riesgo de incendio (MESERI) del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

9.1.2. Entrevistas estructuradas o semiestructuradas

Este método consiste en una conversación entre el investigador y la persona que tenga conocimiento o experiencia en el evento del que se le está consultado, donde se le hacen una serie de preguntas previamente formuladas con el fin de que el entrevistado revise la situación desde un punto de vista diferente al que está acostumbrado, lo que permite que identifique los riesgos desde la perspectiva que el entrevistador necesita (Troncoso & Daniele, 2004).

Las entrevistas estructuradas consisten en preguntas fijas las cuales son escritas con anterioridad en un orden específico y con la finalidad de obtener respuestas cerradas. Mientras que las semiestructuras son preguntas más flexibles en donde el entrevistado puede dar su punto de vista de forma abierta y permite una mejor interpretación de los datos (Lopezosa, 2020). La diferencia entre la estructurada y la semiestructurada, es que esta última permite un poco más de libertad en los temas a conversar. Los resultados obtenidos no son cuantitativos (INTECO, 2012).

9.1.3. Valoración de riesgos ambientales

El objetivo principal consiste en implementar técnicas que permitan determinar el nivel de daño que se pueda obtener a causa de un evento causado ya sea a partir de factores externos de origen natural (sismos, deslizamientos, inundaciones, entre otros) o artificiales como incendios y que debido a esto se genere una emergencia (Cabezas Ares, 2009).

La valoración se utiliza en procesos en los que personas, plantas, animales, entre otros corren peligro al ser expuestas a peligros ambientales como productos químicos. Este instrumento se utiliza para analizar el origen del riesgo, la forma y el camino por el cual este afecta a la población meta que se esté considerando. A diferencia de lo descrito anteriormente sí puede brindar resultados cuantitativos (INTECO, 2012).

9.1.4. Análisis preliminar de peligros (APP)

Consiste en una herramienta que permite identificar peligros o riesgos y eventos que pueden causar daños a la instalación o ambiente, en donde se realiza un análisis cualitativo de las consecuencias y probabilidades de eventos no deseados (INTECO, 2012).

Esta metodología se implementa luego identificar los peligros para así describir las causas o consecuencias relacionadas y poder tomar acciones preventivas o correctivas de ser necesarias. Presenta dos ventajas principales, se logra una temprana identificación de los riesgos y requiere de poco esfuerzo; pero la principal desventaja es que es un método poco estructurado (Peñaranda Median & Vera Martínez, 2010) .

9.2. Análisis y valoración del riesgo

Una vez que el riesgo se encuentra identificado se procede a analizarlo, esto implica conocer de forma minuciosa consecuencias, probabilidad y nivel de ocurrencia. Así como la toma de decisiones en el caso que se necesite una medida extra para prevenir o mitigar los riesgos. Para esto existen herramientas con las cuales se pueden medir de forma cualitativa, semicuantitativa o cuantitativa los resultados obtenidos, algunas de estas se presentan a continuación:

9.2.1. Análisis de riesgos y operatividad (HAZOP)

Es una técnica cualitativa ampliamente utilizada en el análisis de riesgos de procesos con el fin de lograr lugares más seguros. Consiste en determinar las posibles desviaciones que puedan terminar en un desastre y así establecer las consecuencias, probabilidades y nivel que este proceso presenta (Brazier et al., 2021). Debido a que el método se gestiona a partir de lluvia de ideas, que por lo general se realizan en grupos de estudio, puede llegar a pensar que se está realizando un estudio muy profundo del tema cuando no siempre es así si los datos al inicio no se recaudaron de forma exhaustiva (Baybutt, 2015).

9.3.1 Norma Técnica de Prevención 330 (NTP 330)

Es un método cuantitativo simplificado de evaluación de riesgos creado con el fin de evaluar el nivel de riesgo existente y así determinar el grado de importancia. Con esta información se determina cuáles son las medidas preventivas o correctivas que se necesitan implementar (García, A., Guamán, A., & Moyano, J., 2018).

El nivel de riesgo, mencionado anteriormente, es una relación entre la probabilidad (NP) de que un evento se dé y la consecuencia (NC) de este, por lo que debe de determinar primero la deficiencia y la exposición para obtener el NP de un evento específico (INSHT, 1993).

Una vez que se conocen las herramientas a utilizar para la identificación, análisis y evaluación de los riesgos, en el siguiente apartado se va a describir la forma en la que pusieron en práctica.

METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos de este estudio se dividió el trabajo en cuatro fases: la primera consistió en la identificación de riesgos según las deficiencias que el edificio tiene de acuerdo con la normativa vigente, la segunda el análisis para obtener el nivel de riesgo e intervención, la tercera que consiste en la evaluación del riesgo y, por último, la cuarta donde se realizó la propuesta del sistema de gestión de riesgos (ver Figura 1).

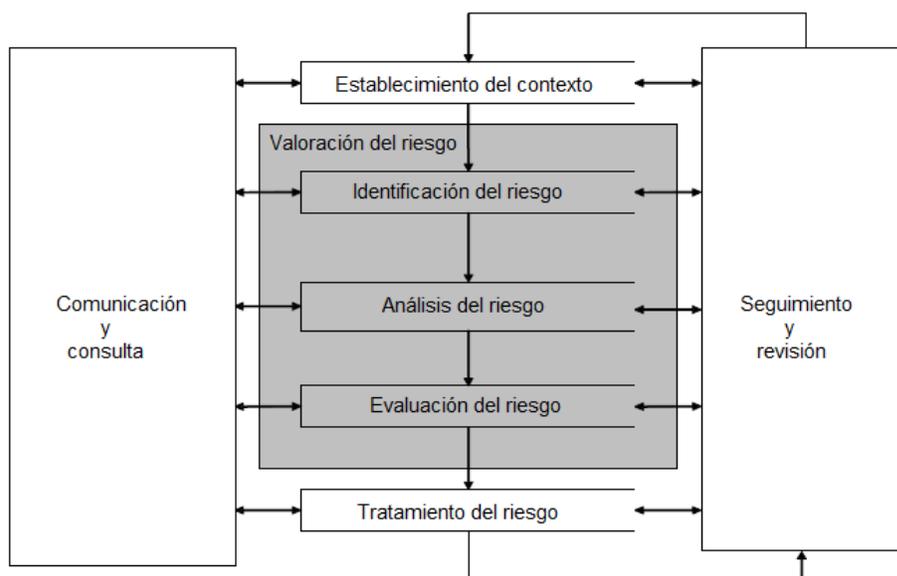


Figura 1. Esquema de la metodología empleada para la valoración y tratamiento de riesgos. Tomado de INTE/ISO/IEC 31010:212

En esta sección se va a describir la orientación, el lugar de estudio y las herramientas que se utilizaron para esta investigación. El trabajo realizado es en su mayoría cualitativo, en donde se identificaron y analizaron las condiciones de riesgo para así obtener la propuesta de un sistema para la gestión del riesgo referente a infraestructura y ambiente en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica (EQ).

La Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica se encuentra en la sede Rodrigo Facio en la finca 1 del complejo universitario, contiguo a las escuelas de Biología y Música de la Universidad (ver Figuras 2 y 3).

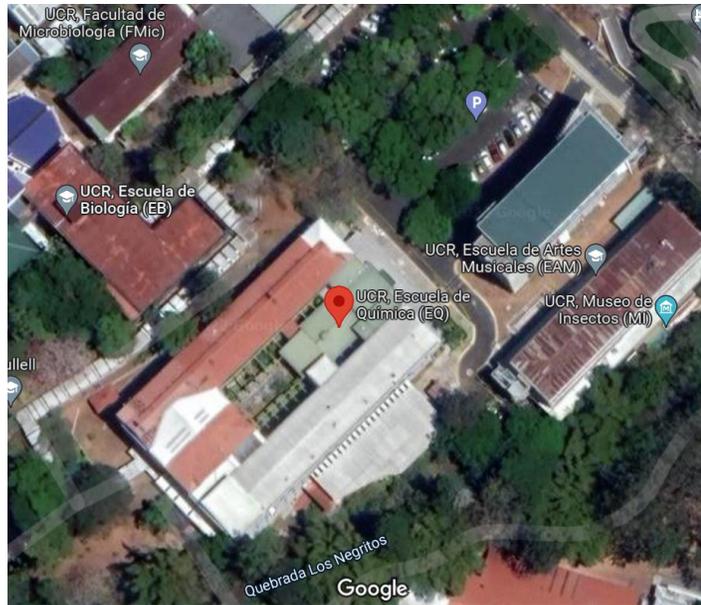


Figura 2. Imagen satelital de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.

Tomada de Google Maps (Google, sf)



Figura 3. Fachada y entrada principal de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica. Imagen propia

La Escuela de Química consta de 3 plantas: en el sótano (ver Figura 4) se encuentran oficinas, laboratorios de investigación y docencia; la primera planta (ver Figura 5) abarca las aulas, el comedor, el auditorio 104, los servicios sanitarios, las oficinas de profesores, el área

administrativa y los laboratorios de docencia e investigación, por último, en la segunda planta (ver Figura 6) involucra oficinas de profesores, servicios sanitarios, laboratorios de docencia e investigación y el auditorio 215.

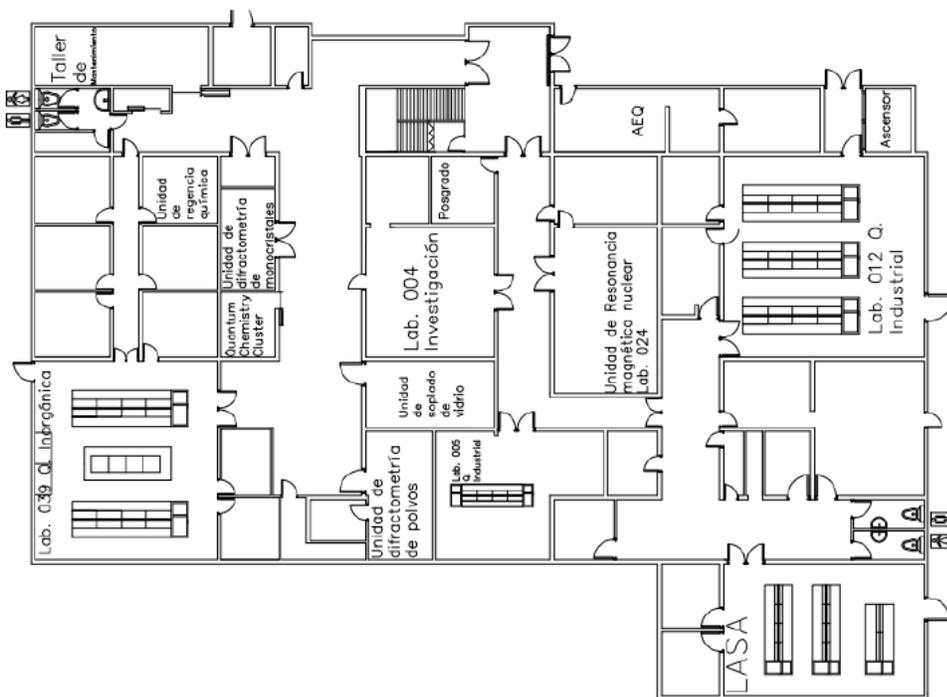


Figura 4. Croquis del sótano de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica. Tomada de López, L. 2021

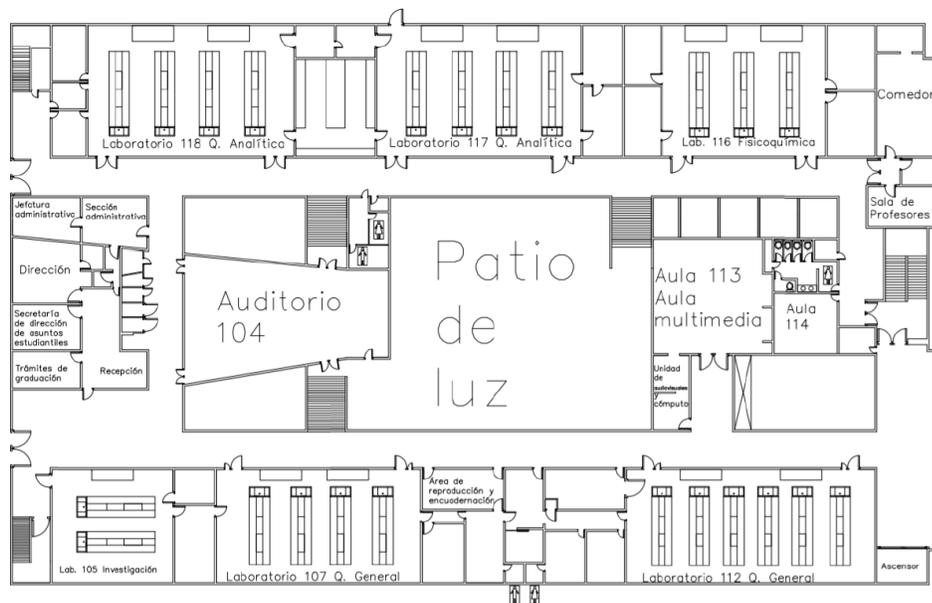


Figura 5. Croquis de la primera planta de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica. Tomada de López, L. 2021

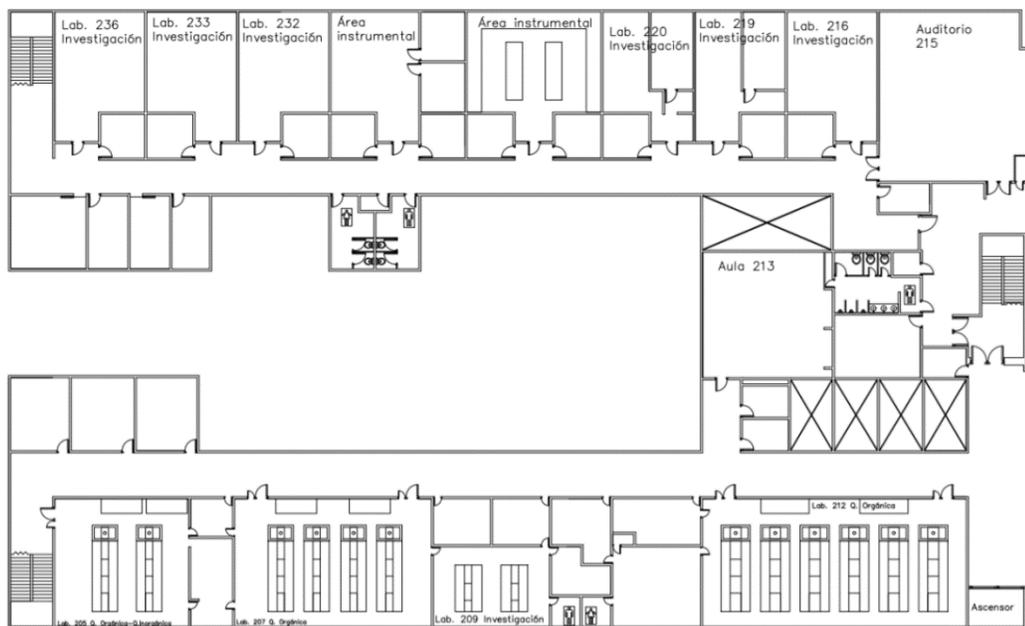


Figura 6. Croquis de la segunda planta de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica. Tomada de López, L. 2021

1. Primera fase: identificación de riesgos

Entre los meses de agosto y septiembre del año 2021 se realizó una inspección general del edificio de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, se tomaron fotografías y se observó las condiciones generales de la infraestructura. Luego en el período de octubre y noviembre del año 2021 se aplicaron las siguientes listas de verificación: a) prevención de un daño estructural del Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y b) protección contra incendios y la evaluación de MESERI del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (Unidad de Ingeniería de Bomberos, 2020). En las primeras semanas de diciembre del año 2021 se aplicó la guía de cumplimiento de instalaciones eléctricas que tiene el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA) (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, 2012).

Las listas de verificación se transcribieron utilizando como base los documentos antes mencionados, se estableció que categorías se iban a indicar en cada criterio el estado (cumple, no cumple, no indica, no aplica) los cuales se especifican a continuación:

- Cumple: cuando el criterio evaluado se encuentra presente y está en condiciones óptimas según la normativa.
- No cumple: cuando el criterio evaluado se encuentra presente pero no está en condiciones óptimas según la normativa o del todo se conoce que no se implementa.
- No indica: cuando el criterio no se encuentra presente, pero se desconoce si la información se encuentra en otro lugar.
- No aplica: cuando el criterio no forma parte de la investigación.

El Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (CBCR) consiste en una serie de parámetros que deben cumplir las edificaciones del país con el fin de disminuir, prevenir o eliminar riesgos, basados en las normas NFPA y se centra en la prevención, seguridad humana y protección contra incendios. Se aplica el instrumento de análisis de planos constructivos y requisitos documentales el cual es utilizado por la Unidad de Ingeniería Bomberos de Costa Rica, en este caso enfocándose

en los apartados que pueden generar o agravar daños estructurales al presentarse, o provocar una emergencia a causa de un incendio. En caso de que un evento de este tipo se presente se podría tener pérdida parcial o total del edificio dependiendo de la magnitud, esto debido a que no se cuenta con aspectos constructivos como por ejemplo aspersores de agua que prevengan la propagación.

En el Anexo I, se observa el extracto de esta lista para determinar los puntos de mejora referente a la construcción del edificio y los hallazgos realizados. Esta se completó al realizar una inspección a este y sus alrededores para determinar cuál es el cumplimiento de cada uno de los criterios.

Como parte de la determinación de las características estructurales del edificio, se evaluó la parte eléctrica mediante el uso de la guía de cumplimiento de instalaciones eléctricas, la cual está compuesta de requisitos básicos que según el Código Eléctrico de Costa Rica debe contar una edificación en el país. Se completó la información mediante una revisión guiada de las instalaciones, en que se llena la información relacionada con el sistema eléctrico en la lista de verificación, como se puede observar en el anexo II. Lo anterior se efectuó con el apoyo técnico del señor Mauricio Gómez Pereira, encargado del área de mantenimiento de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.

En esta fase también se identificó, con base en los datos de la Comisión Nacional de Emergencias, cuáles son las principales amenazas o desastres naturales que se pueden presentar en el cantón de Montes de Oca y que pueden llegar a afectar la estructura y el ambiente. También, se analizaron los inventarios de reactivos químicos almacenados en los siguientes laboratorios de docencia: fisicoquímica (laboratorio 116), analítica (laboratorio 117 y 118), general (laboratorios 107 y 112), industrial (laboratorio 019) y orgánica (laboratorio 212). Se realizó una preselección de las sustancias que podían generar mayores daños según su clasificación de peligro utilizando las fichas de seguridad, la cantidad y el tipo de recipiente en el que se encontraba almacenado cada uno de ellos.

Con la información de los puntos de mejora en la infraestructura y el ambiente se procedió a realizar la descripción de cada uno de los peligros que se pueden presentar a causa de los puntos de mejora encontrados. Se determinaron mediante el análisis de cada uno de los criterios en los cuales el estado era no cumple o no indica, se evaluó la descripción en escenarios normales de actividades cotidianas o no cotidianas y en condiciones normales o de emergencia para así

determinar si podía generar un daño en infraestructura, equipos, materiales o ambiente; de ser así se consideraron como un peligro. Una vez identificado el tipo de peligro y su clasificación, se evaluaron los posibles riesgos específicos asociados a cada una de las actividades o situaciones que se presentan en la Escuela de Química. Aunado a esto se evaluó la magnitud de los daños que se pueden producir en una eventual emergencia (ver anexo IV, V y VI). Una vez identificados los riesgos se separaron en generales y específicos según su clasificación y la causa. El detalle de lo referente a este segundo aspecto se analizará más adelante.

2. Segunda fase: análisis de riesgos

Al tener identificados los riesgos se procedió a determinar el nivel de riesgo asociado a cada uno, mediante la implementación de una matriz sugerida en la nota NTP 330. Para ello se tomó en cuenta el método HAZOP en donde se indica el nivel de deficiencia (ND) (ver Cuadro I) y el nivel de exposición (NE) (ver Cuadro II).

Cuadro I. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de deficiencia en la matriz de evaluación de riesgos

Nivel de deficiencia (ND)	Valor ND	Significado
Muy alto (MA)	10	Se ha(n) detectado peligro(s) que determina(n) como posible la generación de incidentes, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos.
Alto (A)	6	Se ha(n) detectado algún(os) peligro(s) que pueden dar lugar a incidentes significativa(s), o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos.
Medio (M)	2	Se ha(n) detectado peligro(s) que puede(n) dar lugar a incidentes poco significativos o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos.
Bajo (B)	0	No se ha(n) detectado peligro(s) o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es alta, o ambos. El riesgo está controlado.

Cuadro II. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de exposición en la matriz de evaluación de riesgos

Nivel de exposición (NE)	Valor NE	Significado
Exposición continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado.
Exposición frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces por tiempos cortos.
Exposición ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez y por un periodo de tiempo corto.
Exposición esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

El producto de la multiplicación de estos dos parámetros resultó en el nivel de probabilidad (NP), tal como se muestra en la ecuación 1. En el siguiente paso se debe de interpretar el NP. El valor obtenido se interpreta según lo indicado en el ver Cuadro III.

$$NP = NE * ND \quad (1)$$

Cuadro III. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de probabilidad en la matriz de evaluación de riesgos

Nivel e interpretación de probabilidad (NP)	Valor NP	Significado
Muy Alto (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alto (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces.

Medio (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Bajo (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

Una vez que se tiene esa información se determinó el nivel de consecuencia (NC) en donde se establece un valor numérico según el NC: leve, grave, muy grave o catastrófico según la información del Cuadro IV. Con la información anterior se determinó el nivel de riesgo (NR) este se encuentra al multiplicar el valor de NP por el de NC, según la ecuación 2.

$$NR = NC * NP \quad (2)$$

Una vez que se encontró el valor de NR se realizó la interpretación según el significado de cada rango de NR como se muestra en el Cuadro V, a su vez se utilizó una codificación por color en el cual se estableció para cada NR un período de tiempo en el cual se debe plantear y ejecutar una solución del problema: corto plazo (1 a 2 años) que asocia con el rojo, mediano plazo (3 a 5 años) para el caso del amarillo y en el verde en un largo plazo (más de 5 años).

Cuadro IV. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de consecuencia en la matriz de evaluación de riesgos

Nivel de consecuencia (NC)	Valor NC	Significado
Catastrófico (C)	100	Destrucción total
Muy grave (MG)	60	Daños estructurales o ambientales graves irreparables.
Grave (G)	25	Daños estructurales o ambientales temporales.
Leve (L)	10	Daños estructurales o ambientales que no generan problemas y son de fácil solución.

Cuadro V. Descripción del significado y valor asociado para el nivel de riesgo e intervención en la matriz de evaluación de riesgos

Nivel de riesgo y de intervención (NR)	Valor NR	Significado
I – color rojo	Entre 4000 y 501	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Intervención urgente.
II– color amarillo	Entre 500 y 150	Corregir y adoptar medidas de control inmediato.
III– color verde	Entre 149 y 40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV– color blanco	Menor a 39	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es tolerable.

Estos datos se tabularon y analizaron según la matriz de evaluación de riesgos del Cuadro VI, donde se completó cada una de las casillas con los datos pertinentes según la información de los cuadros anteriores.

Cuadro VI. Formato de la matriz para la evaluación de los riesgos identificados

Número y tipo de riesgo	Nivel de deficiencia (ND)	Nivel de exposición (NE)	Nivel de probabilidad (NP= ND x NE)	Interpretación del nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo (NR) e intervención

Debido a las características de la Escuela de Química se realizó y analizó la evaluación MESERI del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, la cual consiste en determinar las condiciones en las que se encuentra el edificio ante un potencial incendio. Para tal fin se procedió a completar

el anexo III. Para los elementos que no varían en el tiempo se emplearon los datos identificados en la aplicación del instrumento efectuada por la Unidad de Ingeniería de Bomberos de Costa Rica en el año 2008. La información que no cumplía con el criterio anterior se actualizó aplicando las listas de verificación.

Con esta información se genera el Cuadro VII en donde a partir de cada uno de los coeficientes encontrados se determina el coeficiente de protección contra incendios (P) mediante la ecuación 3:

$$P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{26} + 1 (BCI) \quad (3)$$

Donde X = subtotal X es la suma de todos los coeficientes de los primeros 18 factores en la lista de verificación. Y= subtotal Y es la suma de los coeficientes de los medios de protección existentes. En caso de que se tenga BCI (brigada contra incendios) se le debe sumar un punto al resultado obtenido, el riesgo se considera aceptable cuando $P \geq 5$.

Cuadro VII. Resumen de la evaluación sobre riesgos de incendios bajo el método MESERI utilizada por la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica

Factores propios de las instalaciones: construcción		
Factor	Magnitud	Coficiente
Altura del edificio	Entre 15 y 20 m	1
Número de pisos	3	
Mayor zona de incendio	De 1501 a 2500 m ²	3
Resistencia al fuego	Resistente al fuego (hormigón)	10
Falsos techos	Con techos falsos incombustibles	3
Factores propios de las instalaciones: situación		
Distancia de bomberos - tiempo	Menor a 5 km - 5 minutos	10
Ancho vía de acceso	> 4 m	3
Número de fachadas	1	
Distancia entre puertas	< 25 m	
Factores propios de las instalaciones: procesos		
Peligro de activación	Baja	5
Orden y limpieza	Medio	5
Almacenamiento en altura	Menor a 2 m	3
Factores propios de las instalaciones: concentración		
Factor de concentración	Más de 200000 pts/m ²	0
Factores propios de las instalaciones: propagabilidad		
Factor	Magnitud	Coficiente

Propagabilidad en vertical	Media	3
Propagabilidad en horizontal	Media	3
Factores propios de las instalaciones: destructibilidad		
Destructibilidad por calor	Alta	0
Destructibilidad por humo	Media	5
Destructibilidad por corrosión	Alta	0
Destructibilidad por agua	Baja	10
SUBTOTAL (X)		64
Factores de protección		
Factor	Indicador	Condición actual
Extintores portátiles	Con vigilancia de mantenimiento	2
Bocas de incendio equipadas	Sin vigilancia de mantenimiento	2
Columnas hidrantes exteriores	Sin vigilancia de mantenimiento	2
Detección automática de incendios	Sin vigilancia de mantenimiento	0
Rociadores automáticos	Sin vigilancia de mantenimiento	5
Instalaciones fijas de extinción por agentes gaseosos	Sin vigilancia de mantenimiento	2
SUBTOTAL (Y)		13
Coefficiente de protección frente a incendios (P)		4,98

3. Tercera fase: evaluación de riesgos

Una vez que se determinó el NR se debe de evaluar cada riesgo, esto se hace mediante la interpretación según el Cuadro V y los códigos de color establecidos. En esta fase se establece la relación que existe entre el tipo y el nivel de cada uno de los riesgos. Estos datos permiten tomar decisiones a corto, mediano o largo plazo, priorizando y estableciendo la necesidad de darle algún tipo de tratamiento o solución. Esto se realiza mediante el análisis de la información según el Cuadro VIII, donde se define el rango de aceptabilidad para cada NR.

Cuadro VIII. Relación entre el nivel y la aceptabilidad del riesgo

Nivel de riesgo	Significado	Nivel de aceptabilidad
I: color rojo	Situación crítica que necesita de corrección en un período a corto plazo	NO ACEPTABLE
II: color amarillo	Corregir y adoptar medidas a mediano plazo	ACEPTABLE CON CONTROL ESPECÍFICO
III: color verde	Mejorar el control existente a largo plazo, sería conveniente justificar la intervención y rentabilidad	MEJORABLE
IV: color blanco	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aun es tolerable.	ACEPTABLE

4. Cuarta fase: el tratamiento de los riesgos

Una vez que se determinó tanto el nivel de riesgo como el de aceptabilidad, se comenzó a separar riesgo según la categoría. Para esto se utilizó la herramienta APP, realizando un análisis preliminar de los peligros para cada uno de los NR en la categoría respectiva.

Después de que los riesgos fueron clasificados se estableció el período de tiempo en el cual se sugiere que se acate el tratamiento como se observa en el Cuadro IX, según esto se determinó si la acción a tomar debía ser preventiva (consisten en medidas que se toman de forma previa para mitigar el riesgo) o correctiva (son acciones que se realizan una vez que sucedió el evento con el fin de corregir el daño haciendo que disminuya la probabilidad de que vuelva a suceder) (Quirós, 2016). Luego, se describió el tipo de tratamiento que se aconseja seguir para minimizar los riesgos asociados.

Cuadro IX. Relación entre el nivel del riesgo, aceptabilidad y el plazo de acción

Nivel de riesgo (NR)	Significado	Período de tiempo
I: color rojo	Necesita de corrección en un período a corto plazo	Menor a 2 años
II: color amarillo	Corregir y adoptar medidas a mediano plazo	De 2 a 5 años
III: color verde	Mejorar el control existente a largo plazo.	De 5 años a 10 años
IV: color blanco	Se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aun es tolerable.	----

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte del objetivo general de este trabajo se va a desarrollar un Sistema de Gestión del Riego (SGR) para la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica en la infraestructura y el ambiente. Por lo que de acuerdo con los resultados obtenidos y la discusión de estos a lo largo de la investigación se propone dicho SGR.

1. Identificación de riesgos

Como se mencionó en la sección de metodología, la identificación de los riesgos se realizó mayormente mediante inspecciones a lo largo de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, de estas se observó que el edificio presentaba varios daños en la infraestructura que pueden poner en riesgo la integridad estructural del edificio y el ambiental debido a factores eléctricos, químicos o por desastres y amenazas naturales (ver Figura 7).

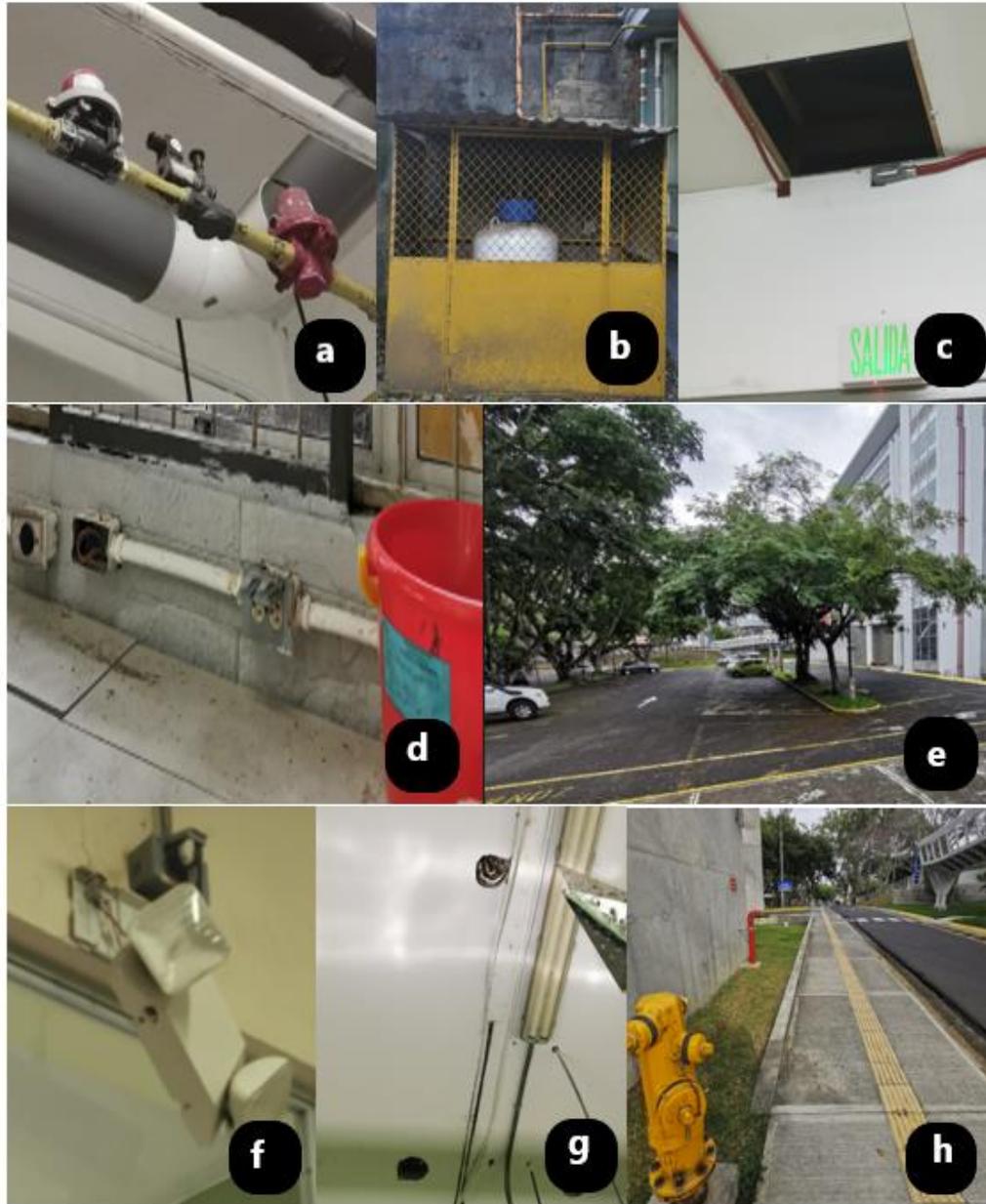


Figura 7. Fallas encontradas al realizar la inspección utilizando las listas de verificación: a) sensor de GLP sin instalar, b) tanque de GLP sin especificaciones, c) áreas en el techo con huecos, d) tomacorrientes sin tapa y cerca de fuentes de líquidos, e) acceso limitado para los vehículos del Cuerpo de Bomberos, f) equipos mal instalados, g) sistema eléctrico sin protección y h) distancia y accesibilidad de hidrantes.

En la Figura 7a, se observa el sistema de detección de fugas de gas licuado de petróleo que se encuentra instalado, pero no se está en funcionamiento. Esto implica que

en caso de presentarse una fuga en el tanque principal no se puede detectar a tiempo, lo que puede llevar inclusive a una explosión.

Otro de los aspectos negativos que se encontró fue que el tanque principal de gas licuado de petróleo no cuenta con ningún tipo de señalización y está muy cerca del edificio, como se observa en la Figura 7b, esto limita un poco el mantenimiento preventivo y control del dispositivo. Su ubicación cercana al edificio puede aumentar las consecuencias de una eventual emergencia y comprometer la estructura.

En la Figura 7c, se observa la ausencia de una de las láminas del cielorraso, esto pone en peligro el sistema eléctrico al existir la posibilidad de que ingresen plagas que pueden comprometer la estructura. Las Figuras 7d, 7f y 7g evidencian los daños directos en el sistema eléctrico los cuales pueden llegar a dar como resultado fallas como, por ejemplo, cortocircuitos que generen una chispa o llama, lo que podría desencadenar en incendios o explosiones.

Aspectos como el acceso de los vehículos del Cuerpo de Bomberos y la disposición de los hidrantes son de suma importancia si se presenta una emergencia, tener las mejores condiciones permiten una pronta respuesta lo que puede minimizar los daños en infraestructura y ambiente que se pueden ocasionar. En la Figura 7e, se ve como los árboles que se encuentran en el parqueo son muy frondosos y presentan ramas a una altura que puede afectar algunos de los vehículos utilizados en respuesta a este tipo de incidentes. Mientras que en la Figura 7h, la imagen muestra la ubicación del hidrante más cercano, donde bajo condiciones de alta demanda de los espacios de parqueo se puede ver obstaculizado para que el Cuerpo de Bomberos realice de la mejor forma posible su trabajo. Estas dos condiciones generarían afectaciones negativas directas en el edificio.

Debido a que se encontraron varias fallas a lo largo del edificio y espacio cercano es que se decide implementar las listas de verificación como primera herramienta de identificación, para poder plasmar las principales fallas del edificio de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica en temas de infraestructura y ambiente.

Según la lista de verificación del Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana del anexo I, se tabularon los datos obtenidos en tres rubros que son: no

se indica información con un 54%, no cumple con los requisitos en un 27% y cumple con los requisitos en un 19% (ver Figura 8).

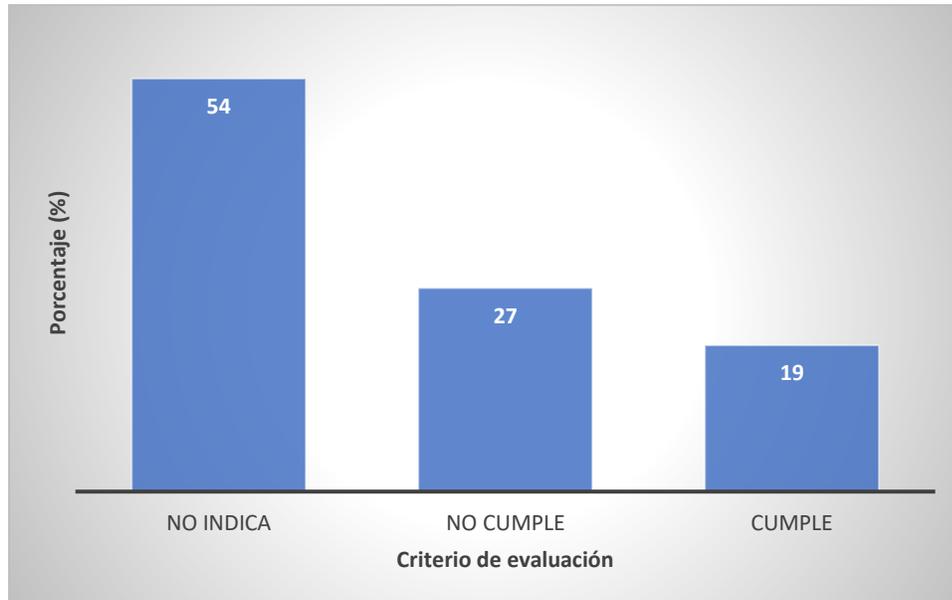


Figura 8. Representación gráfica en porcentaje de los aspectos con los cuales cumple, no cumple o no indica información en la Escuela de Química respecto a la lista de verificación del Cuerpo de Bomberos

Dentro de los criterios que se identificaron como “no indica” se hace referencia principalmente a documentación sobre la parte de construcción y acabados, a la que la Escuela de Química no tiene acceso, lo que hace más complejo tener al alcance los datos.

Con respecto a los criterios que se indicaron como que “no cumple” se hace referencia, en su mayoría, a cuáles equipos o instalaciones no cuentan con identificación (tipo placa) lo que dificulta darle seguimiento al mantenimiento y control de estos. Además de distancias mínimas con las que debe cumplirse para un adecuado acceso de los vehículos del Cuerpo de Bomberos.

Luego, a partir del anexo II, donde se encuentra la lista de verificación utilizada por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica para generar el informe de cumplimiento de instalaciones eléctricas, se tabularon los datos según los aspectos que no se indica información en donde se obtuvo un 35%, los que no cumplen con los requisitos, se trata de un 37% y los que, si cumplen en un 27%, como se observa en la Figura 9.

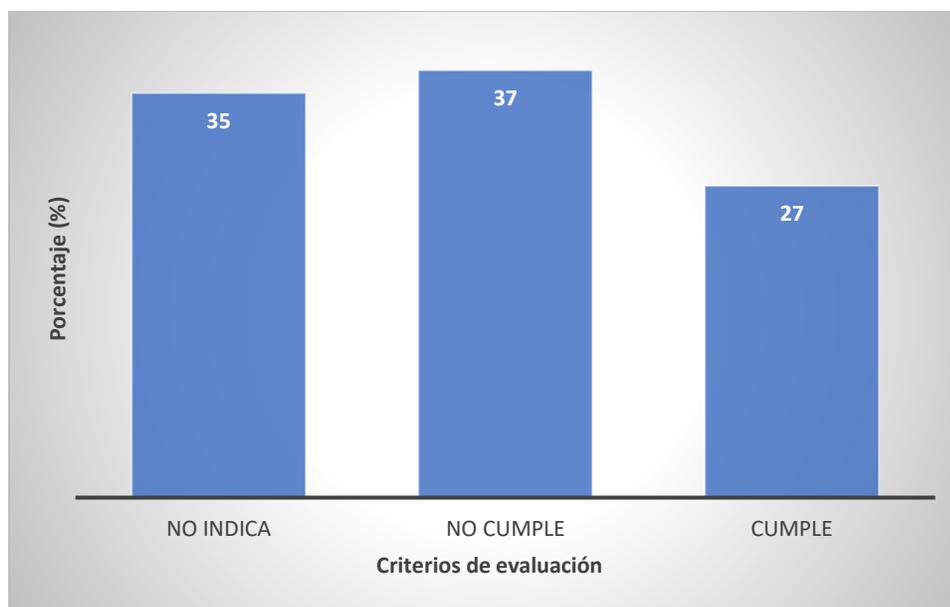


Figura 9. Representación gráfica en porcentaje de los aspectos con los cuales cumple, no cumple o no indica información en la Escuela de Química respecto a la lista de verificación de CFIA

Una vez que se tabularon los datos, se observa que más del 80% de los aspectos a considerar en las listas de verificación que utiliza el Cuerpo de Bomberos de Costa Rica se clasifican dentro del criterio de evaluación como: no cumple o no indica información. Mientras que en el caso del instrumento que utiliza el Colegio Federado de Ingenieros Arquitectos este valor es superior al 70%.

Dentro de los criterios que se identificaron como “no indica” se hace referencia principalmente a documentación e información técnica a la que la Escuela de Química no tiene acceso, por ejemplo no se conocen datos sobre los protocolos que se deben seguir en caso de que se quiera dar mantenimiento ya sea preventivo o correctivo al equipo o instalación, así como mediciones de la intensidad en los sistemas de puesta a tierra que se encuentran a cargo de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, esto hace más complejo conocer el estado actual del edificio aumentando la probabilidad de que se presente un riesgo o que los ya existentes sean de una mayor magnitud.

En los criterios que indicaron “no cumple”, se hace referencia, mayormente, a equipos o instalaciones que no cuentan con identificación (tipo placa) lo que dificulta darle seguimiento al mantenimiento y control de estos. Cabe recalcar que muchos de los aspectos que se colocaron

dentro de esta especificación se pueden clasificar de forma dual, como que cumplen en el sector del sótano pero que no cumplen en el resto del edificio, lo que de igual forma puede generar el riesgo identificado.

En relación con los aspectos evaluados se procede a identificar y clasificar los peligros asociados a cada una de estas faltas. Los peligros encontrados se clasificaron en tres grandes categorías dependiendo del tipo de afectación final que se presenta: estructural, eléctrico y ambiental. Cada peligro se utilizó para determinar los riesgos que se pueden manifestar a causa de cada uno de los aspectos que no cumplen, como se observa en el anexo IV.

Una vez identificados los peligros en las categorías indicadas anteriormente, se procedió a definir los riesgos con potencial de causar un daño considerable en la infraestructura o el ambiente de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica. Esta subdivisión dio como resultado los datos que se muestran en el Cuadro X, en este se establecen los riesgos generales y específicos que fueron identificados gracias a las listas de verificación. Dependiendo del peligro del cual provienen, se dividieron en ocho subgrupos que son: 1) falla eléctrica, 2) construcción ceda o presente una falla, 3) incendio que se propague con facilidad, 4) un incendio o explosión, 5) mal funcionamiento del tanque de gas licuado de petróleo, 6) mal funcionamiento del hidrante, 7) aumento en el tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos y 8) contaminación ambiental.

Cada uno de estos ocho subgrupos se divide a su vez en varios riesgos específicos, los cuales se detectaron según la zona o forma en la que puede llegar a dañar el edificio o el ambiente en el momento que llegue a darse.

Cuadro X. Riesgos generales y específicos identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

N° de riesgo	Riesgo identificado
1	Falla eléctrica.
1.1	Falla eléctrica a causa debido a que los materiales no cuentan con evaluación.
1.2	Falla eléctrica a causa dado a que no se conoce en planos el sistema eléctrico actual.
1.3	Falla eléctrica provocada por el personal al no estar rotulados los equipos.
1.4	Falla eléctrica provocada por inadecuados espacios de trabajo.
1.5	Falla eléctrica porque los tableros y circuitos no están identificados.

1.6	Falla eléctrica a causa de que los conductores no cumplen con el código de color.
1.7	Falla eléctrica a causa de que las protecciones, cables y controles no cumplen con características eléctricas.
1.8	Sobrecalentamiento por reducción del aislamiento al presentarse daños en los transformadores.
1.9	Shock eléctrico por reducción del aislamiento al no definirse las pruebas de buen funcionamiento
2	Construcción cede o falla
2.1	La construcción cede o sufre fallas a causa de no se indica el tipo de construcción.
2.2	La construcción cede o sufre fallas a causa de que no se indica la normativa que se involucra en espacios de comunicación del edificio.
2.3	La construcción cede o sufre fallas a causa de expansión de las sustancias almacenadas en cilindros de gas y otros recipientes.
2.4	Pérdida estructural a causa de un deslizamiento
2.5	Pérdida estructural a causa de una inundación
2.6	Pérdida estructural a causa de un sismo
2.7	Corrosión de tuberías por falta de filtración de aire
2.8	Corrosión de tuberías por vertido inadecuado de aguas
2.9	Daños a causa del inadecuado funcionamiento de válvulas o tuberías.
3	Incendio se propaga con mayor facilidad
3.1	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de acabados o componentes combustibles.
3.2	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no existe compartimentación.
3.3	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se tiene información si los materiales o espacios son resistentes al fuego.
3.4	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con corta humo.
3.5	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con conductos verticales.
3.6	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con sistemas de detección y control de fugas.
3.7	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con sistema fijo de protección contra incendios.
3.8	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con un hidrante con libre acceso.
3.9	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuente con una rápida respuesta del Cuerpo de Bomberos.
3.10	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuentan con canalizaciones permitidas para el tipo de ocupación.
3.11	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se instalaron de forma correcta canalizaciones, cajas de registro y conexiones.
3.12	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con aislador en tuberías en canalizaciones, cajas de registro y conexiones.
3.13	Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de líquidos comburentes.
4	Incendio o explosión
4.1	Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en el transformador principal.
4.2	Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en el sistema puesta a tierra.
4.3	Incendio o explosión debido al no definirse los protocolos de pruebas de medición en el sistema puesta a tierra.
4.4	Incendio o explosión debido a que los espacios físicos de los cuartos eléctricos no cuentan con accesos óptimos según la normativa.

4.5	Incendio o explosión debido al no definirse los protocolos de pruebas de medición en el transformador de baja tensión.
4.6	Incendio o explosión debido al no definirse pruebas de funcionamiento de tableros y protecciones.
4.7	Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en motores.
4.8	Incendio o explosión debido al no definirse los protocolos de pruebas de medición en motores.
4.9	Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en UPS.
4.10	Incendio o explosión debido al no definirse materiales con evaluación de seguridad en UPS.
4.11	Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en equipos A/C y ventilación.
4.12	Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en alarmas contra incendios.
4.13	Incendio o explosión debido al no definirse pruebas de funcionamiento en alarmas contra incendios.
4.14	Incendio o explosión debido al no definirse pruebas de funcionamiento en luminarias.
4.15	Incendio o explosión debido al no definirse materiales con evaluación de seguridad en luminarias.
4.16	Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en luminarias.
4.17	Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en motores.
4.18	Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en tableros y protecciones.
4.19	Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en transformadores de baja tensión.
4.20	Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en transformadores principales.
4.21	Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en sistemas de puesto a tierra.
4.22	Incendio o explosión debido a una chispa en los equipos A/C y ventilación.
4.23	Incendio o explosión debido a una chispa en tomacorrientes y apagadores.
4.24	Incendio o explosión debido a una chispa en tableros y protecciones.
4.25	Incendio o explosión debido a un cortocircuito en conductores.
4.26	Incendio o explosión debido a un cortocircuito en tableros y protecciones.
4.27	Incendio o explosión debido a una sobrecarga en tomacorrientes y apagadores.
4.28	Incendio o explosión debido a líquidos inflamables u comburentes.
4.29	Incendio o explosión debido a un cortocircuito por inundación
5	Mal funcionamiento del tanque GLP
5.1	Inadecuado funcionamiento del tanque de GLP al no conocer la ubicación y simbología.
5.2	Inadecuado funcionamiento del tanque de GLP al no conocer las características técnicas de las tuberías.
5.3	Explosión en el tanque GLP al no indicarse el sistema de regulación.
6	Mal funcionamiento del hidrante
6.1	Inadecuado funcionamiento del hidrante al no indicarse certificaciones
6.2	Inadecuado funcionamiento del hidrante al no indicarse información sobre tanques de reserva y memorias de cálculo.
6.3	Inadecuado funcionamiento del hidrante al fallar las válvulas o tuberías.
7	Aumento del tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos
7.1	Aumento en el tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos por las rutas de acceso para los vehículos
7.2	Aumento en el tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos al no tener espacios en la ruta con dimensiones de altura óptimas
7.3	Aumento en el tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos al no tener libre acceso al hidrante.
8	Contaminación ambiental
8.1	Contaminación del aire
8.2	Contaminación del agua por vertido inadecuado

2. Análisis de riesgos

Como se mencionó anteriormente, este análisis va a establecer el nivel de cada uno de los riesgos encontrados que pueda afectar la infraestructura y el ambiente de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica. Una vez identificados los riesgos se procedió a realizar su análisis mediante la matriz que se observa en el Cuadro XI, donde se determina el nivel de riesgo asociado a cada una de las subcategorías. En este cuadro, se encuentran los resultados una vez que se aplicó la matriz para los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales.

Para indicar los niveles de los riesgos se utilizó un código de color que permita interpretar el grado de importancia y de atención que se le tenga que dar a cada uno de estos, por ejemplo: rojo es para el nivel I (no aceptable), amarillos para el nivel II (aceptable con control específico), verde para el nivel III (mejorable) y blanco para el nivel IV (aceptable).

En el Cuadro XI, las casillas en blanco están asociadas al NR e intervención significa que tiene un nivel de exposición bajo y de deficiencia esporádico esto quiere decir que la probabilidad del evento es casi nula, por lo que se puede asumir que no se va a dar. Entonces, aunque el nivel de consecuencia sea catastrófico el evento está contenido por unas buenas medidas preventivas.

Cuadro XI. Matriz de análisis de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Número y tipo de riesgo		Nivel de deficiencia (ND)	Nivel de exposición (NE)	Nivel de probabilidad (NP= ND x NE)	Interpretación del nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo (NR) e Intervención
1. Falla eléctrica	1.1	2 - Medio	2 - Ocasional (EO)	4	Bajo	25 - Grave(G)	100
	1.2	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	10 - Leve (L)	60
	1.3	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	1.4	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	1.5	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	1.6	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	1.7	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	25 - Grave(G)	50
	1.8	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	100 - Catastrófico (C)	600
	1.9	6 - Alto	2 - Ocasional (EO)	12	Alto	25 - Grave(G)	300
2. Construcción ceda o falle	2.1	0 - Bajo	1 - Esporádica (EE)	0	---	100 - Catastrófico (C)	0
	2.2	0 - Bajo	1 - Esporádica (EE)	0	---	100 - Catastrófico (C)	0
	2.3	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	60 - Muy grave (MG)	120
	2.4	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360

	2.5	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	25 - Grave(G)	50
	2.6	2 - Medio	2 - Ocasional (EO)	4	Bajo	60 - Muy grave (MG)	240
	2.7	6 - Alto	4 - Continua (EC)	24	Muy alto	25 - Grave(G)	480
	2.8	10 - Muy alto	4 - Continua (EC)	40	Muy alto	10 - Leve (L)	400
	2.9	6 - Alto	2 - Ocasional (EO)	12	Alto	25 - Grave(G)	300
3. Incendio se propaga con mayor facilidad	3.1	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360
	3.2	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360
	3.3	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360
	3.4	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360
	3.5	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360
	3.6	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360
	3.7	10 - Muy alto	1 - Esporádica (EE)	10	Alto	60 - Muy grave (MG)	600
	3.8	10 - Muy alto	1 - Esporádica (EE)	10	Alto	100 - Catastrófico (C)	1000
	3.9	10 - Muy alto	1 - Esporádica (EE)	10	Alto	100 - Catastrófico (C)	1000
	3.10	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	3.11	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	3.12	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150

	3.13	2 - Medio	2 - Ocasional (EO)	4	Bajo	100 - Catastrófico (C)	400
4. Incendio o explosión	4.1	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.2	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.3	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	10 - Leve (L)	60
	4.4	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	4.5	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.6	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.7	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.8	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.9	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.10	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.11	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.12	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.13	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.14	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	4.15	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
4.16	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150	

	4.17	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	4.18	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	4.19	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	4.20	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	4.21	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	4.22	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360
	4.23	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	25 - Grave(G)	50
	4.24	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	25 - Grave(G)	50
	4.25	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360
	4.26	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
	4.27	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	60 - Muy grave (MG)	360
	4.28	2 - Medio	2 - Ocasional (EO)	4	Bajo	100 - Catastrófico (C)	400
	4.29	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
5. Mal funcionamiento del tanque GLP	5.1	10 - Muy alto	1 - Esporádica (EE)	10	Alto	60 - Muy grave (MG)	600
	5.2	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20
	5.3	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
6. Mal funcionamiento	6.1	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	10 - Leve (L)	20

	6.2	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	60 - Muy grave (MG)	120
	6.3	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	25 - Grave(G)	150
7. Aumento del tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos	7.1	2 - Medio	1 - Esporádica (EE)	2	Bajo	100 - Catastrófico (C)	200
	7.2	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	100 - Catastrófico (C)	600
	7.3	6 - Alto	1 - Esporádica (EE)	6	Medio	100 - Catastrófico (C)	600
8. Contaminación ambiental	8.1	6 - Alto	4 - Continua (EC)	24	Muy alto	60 - Muy grave (MG)	1440
	8.2	10 - Muy alto	4 - Continua (EC)	40	Muy alto	10 - Leve (L)	400
	8.3	10 - Muy alto	2 - Ocasional (EO)	20	Alto	10 - Leve (L)	200

Con base en los riesgos identificados se encontró que existe una cantidad de puntos de afectación mayor en los riesgos de incendio o explosión, así como en la propagación una vez que se presente este evento, tal como se observa en la Figura 10.

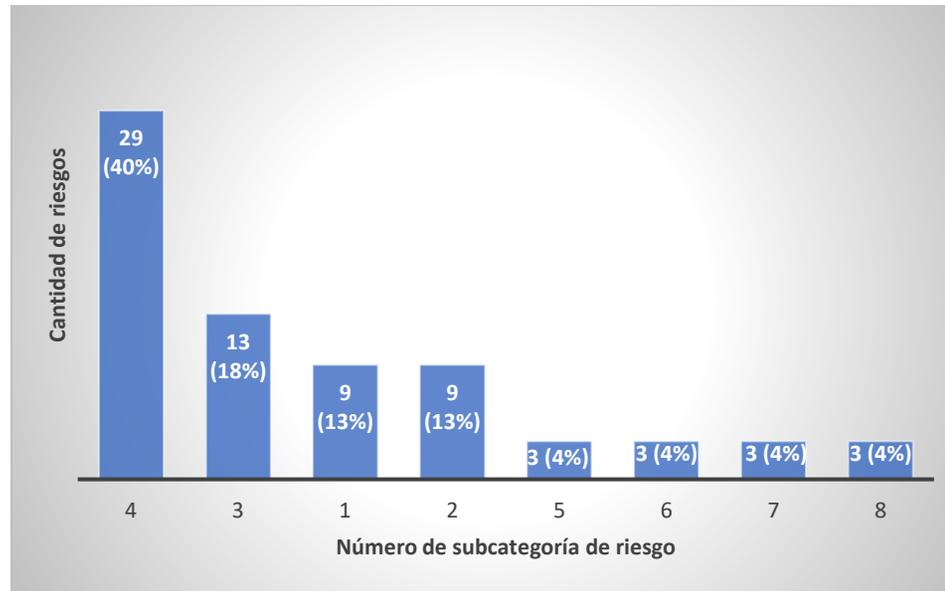


Figura 10. Representación gráfica de la cantidad de riesgos identificados por subcategoría definidas según el número de riesgo: 1) falla eléctrica, 2) construcción cede o falla, 3) incendio se propaga con facilidad, 4) incendio o explosión, 5) mal funcionamiento del tanque GLP, 6) mal funcionamiento del hidrante, 7) aumento del tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos y 8) contaminación ambiental

Como se observó en la Figura 10, existe una gran probabilidad de que a raíz de los riesgos identificados se pueda presentar un incendio y este se propague con gran facilidad debido a las condiciones actuales del edificio. Debido a estos valores encontrados se estableció la necesidad de aplicar la Lista de verificación utilizada por la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica para identificar de riesgos de incendios bajo el método MESERI, la cual se encuentra en el anexo III.

En esta herramienta se evaluaron aspectos propios de la parte constructiva de las instalaciones, algunos de ellos fueron: altura del edificio, número de pisos, techos falsos, distancia entre puertas. También se tomó en cuenta información sobre el grado de accesibilidad por parte del Cuerpo de Bomberos más cercano, así como factores que le puedan brindar protección a la estructura en caso de un posible incendio como lo son extintores portátiles, hidrantes exteriores, rociadores automáticos, sistemas de detección automática de incendios, entre otros.

En el Cuadro VII, se tiene el resumen de la evaluación sobre riesgos de incendios bajo el método MESERI, la cual se realiza para determinar el coeficiente de protección frente a incendios (P) donde se indica en qué condición se encuentra el edificio para sobrellevar de la mejor forma posible y con el mínimo de afectación un evento de este tipo. Se obtuvo como resultado un $P = 4,98$ cuando el valor debe de ser $P \geq 5$.

Debido a que el valor es ligeramente menor al P se considera como aceptable. La Escuela de Química puede tener una vulnerabilidad alta ante un incendio, por lo que es muy importante realizar una evaluación específica de los riesgos para poder determinar el nivel de cada uno, considerando con mayor prioridad los que se encuentran en la subcategoría 4, para poder luego brindar un tratamiento a corto, mediano o largo plazo que permita aumentar el coeficiente del método MESERI y que la infraestructura tenga un nivel de vulnerabilidad menor ante este tipo de emergencias.

3. Evaluación de riesgos

Con base en los datos recolectados se realiza la Figura 11, donde se presentan los porcentajes según cada uno de los niveles de aceptabilidad del riesgo. Esto permite evaluar las áreas más vulnerables o con más deficiencias del edificio para así tomar las medidas tanto preventivas como correctivas con el fin de evitar que en caso de un evento la infraestructura y el ambiente se vean altamente afectados.

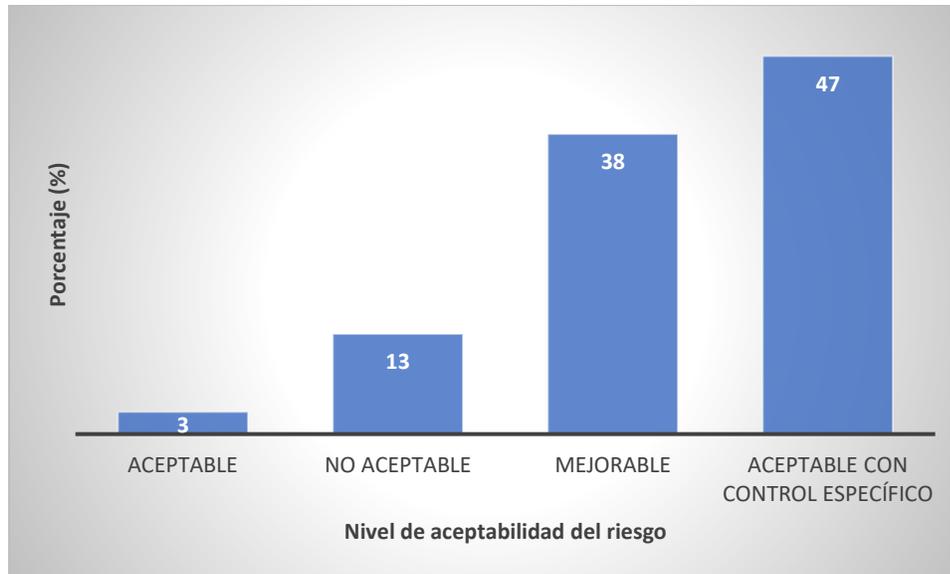


Figura 11. Representación gráfica en porcentaje del nivel de aceptabilidad establecido como: aceptable, no aceptable, mejorable y aceptable con control específico en la Escuela de Química respecto a la matriz de evaluación de riesgos

Una vez que se determinó el nivel de riesgo se procedió a evaluar el nivel de aceptabilidad de cada uno como se observa en los Cuadros XIII, IX y X, donde se ordenó ascendentemente según el porcentaje identificado en cada uno de los niveles. En el caso de los riesgos que se consideran como aceptables, dos puntos son los que se reflejan en el 3% encontrado, los cuales tienen que ver con la normativa o la documentación sobre el tipo de construcción del edificio de la Escuela de Química, pues no se indica la información o no era de fácil acceso. Por lo que el riesgo de que la estructura falle o ceda a causa de esto es bajo y se puede solucionar al documentar mejor la información.

En el caso de los que se consideran como no aceptables (13% de los riesgos identificados), se hace referencia principalmente a aquellos que involucran incendios o aspectos que puedan desencadenar este riesgo. Estos presentan un nivel de riesgo I, por lo que se consideran como no

aceptables, esto debido a que pueden provocar una situación que sea crítica y que se vea en la necesidad de suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Para minimizar la posibilidad de que ocurran requieren de una intervención urgente, en el Cuadro XII se presenta el resumen de los riesgos clasificados en el nivel de no aceptable.

Cuadro XII. Resumen de la evaluación de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales con nivel no aceptable que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Número y tipo de riesgo	Nivel de riesgo (NR) e Intervención	Nivel de aceptabilidad
1.8 Sobrecalentamiento por reducción del aislamiento al presentarse daños en los transformadores.	600	NO ACEPTABLE
2.7 Corrosión de tuberías por falta de filtración de aire	600	
3.7 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con sistema fijo de protección contra incendios.	600	
3.8 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con un hidrante con libre acceso.	1000	
3.9 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con una rápida respuesta del Cuerpo de Bomberos.	1000	
5.1 Inadecuado funcionamiento del tanque de GLP al no conocer la ubicación y simbología.	600	
7.2 Aumento en el tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos al no tener espacios en la ruta con dimensiones de altura óptimas	600	
8.1 Contaminación del aire	600	

Según los datos encontrados en la Figura 11, el porcentaje de riesgos con un nivel de aceptabilidad de mejorable es de un 38%. Como se observa en el Cuadro XIII, este tipo de riesgos ronda el nivel de riesgo desde los 20 hasta los 120 puntos e involucran en su mayoría riesgos eléctricos que puedan llegar a causar o propagar un incendio en las instalaciones, lo que significa que se necesita de una mejora en la infraestructura priorizando desde el nivel de aceptabilidad hasta la rentabilidad económica con la que se cuenta para hacer las mejoras.

Además, muchos de estos se relacionan con falta de documentación y falta de mantenimiento en lo que es instalación eléctrica, la cual excede los 20 años de haberse realizado y no cumple en su mayoría con la normativa actual. Esto puede causar una falla eléctrica que se

puede desencadenar en un incendio y debido a las deficiencias constructivas provocar que este se propague con mayor facilidad.

Cuadro XIII. Resumen de la evaluación de los riesgos eléctricos y estructurales con nivel de aceptabilidad mejorable que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Número y tipo de riesgo	Nivel de riesgo (NR) e intervención	Nivel de aceptabilidad
1.1 Falla eléctrica a causa de que los materiales no cuentan con evaluación.	100	MEJORABLE
1.2 Falla eléctrica a causa de que no se conoce en planos el sistema eléctrico actual.	60	
1.3 Falla eléctrica provocada por el personal al no estar rotulados los equipos.	20	
1.5 Falla eléctrica a causa de que los tableros y circuitos no están identificados.	20	
1.6 Falla eléctrica a causa de que los conductores no cumplen con el código de color.	20	
1.7 Falla eléctrica a causa de que las protecciones, cables y controles no cumplen con características eléctricas.	50	
2.3 La construcción cede o sufre fallas a causa de expansión de las sustancias almacenadas en cilindros de gas y otros recipientes.	120	
2.5 Pérdida estructural a causa de una inundación.	50	
4.1 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en el transformador principal.	20	
4.2 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en el sistema puesta a tierra.	20	
4.3 Incendio o explosión debido al no definirse los protocolos de pruebas de medición en el sistema puesta a tierra.	60	
4.5 Incendio o explosión debido al no definirse los protocolos de pruebas de medición en el transformador de baja tensión.	20	
4.6 Incendio o explosión debido al no definirse pruebas de funcionamiento de tableros y protecciones.	20	
4.7 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en motores.	20	
4.8 Incendio o explosión debido al no definirse los protocolos de pruebas de medición en motores.	20	
4.9 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en UPS.	20	MEJORABLE
4.10 Incendio o explosión debido al no definirse materiales con evaluación de seguridad en UPS.	20	
4.11 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en equipos A/C y ventilación.	20	

4.12 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en alarmas contra incendios.	20	
4.13 Incendio o explosión debido al no definirse pruebas de funcionamiento en alarmas contra incendios.	20	
4.14 Incendio o explosión debido al no definirse pruebas de funcionamiento en luminarias.	20	
4.15 Incendio o explosión debido al no definirse materiales con evaluación de seguridad en luminarias.	20	
4.23 Incendio o explosión debido a una chispa en tomacorrientes y apagadores.	50	
4.24 Incendio o explosión debido a una chispa en tableros y protecciones.	50	
5.2 Inadecuado funcionamiento del tanque de GLP al no conocer las características técnicas de las tuberías.	20	
6.1 Inadecuado funcionamiento del hidrante al no indicarse certificaciones	120	
6.2 Inadecuado funcionamiento del hidrante al no indicarse información sobre tanques de reserva y memorias de cálculo.	20	

Por último, para el caso del nivel de aceptabilidad que se encuentra como aceptable con control específico, se observa en la Figura 11 que este tipo de riesgos se encuentran en un 47%. En su mayoría son del mismo tipo que el nivel anterior pero también hace referencia a situaciones ambientales. Los que se encuentran bajo este nivel de aceptabilidad se ubican en un nivel de riesgo de entre 150 y 500 por lo que implica que se necesita corregir y adaptar medidas de control de forma inmediata.

A diferencia de los aspectos dentro del nivel mejorable, los que se mencionan en el Cuadro XIV requieren de una intervención específica debido a que la afectación que pueda desencadenar el riesgo es mucho más seria que la falta de documentación o mantenimiento en una bitácora. Estas son afectaciones más significativas en donde ya se visualiza deterioros en la estructura que, de no solucionarse, van a provocar daños mayores que pueden poner en peligro la infraestructura y el ambiente.

Un caso de este tipo de eventos que pueden generar daños en la infraestructura e incluso desencadenar en que el edificio no se pueda utilizar para sus actividades más básicas fue el incidente que se dio el día 12 de septiembre del 2022. Este hace referencia a un incendio provocado por el mal estado de unos refrigeradores que se encontraban en un espacio en el sótano del edificio, lo cual provocó un sobrecalentamiento lo que generó llamas. A esto se le debe sumar que no se

cuenta con ningún tipo de sistema de aspersión o de control para evitar que se propague el incendio lo que provocó que otros espacios se vieran afectados a causa de las altas temperaturas y el humo negro desprendido.

Cuadro XIV. Resumen de la evaluación de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales con nivel de aceptabilidad aceptable con control específico que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Número y tipo de riesgo	Nivel de riesgo (NR) e Intervención	Nivel de aceptabilidad
1.4 Falla eléctrica provocada por inadecuados espacios de trabajo.	150	ACEPTABLE CON CONTROL ESPECÍFICO
1.9 Shock eléctrico por reducción del aislamiento al no definirse las pruebas de buen funcionamiento	300	
2.4 Pérdida estructural a causa de un deslizamiento	360	
2.6 Pérdida estructural a causa de un sismo	240	
2.8 Corrosión de tuberías por vertido inadecuado de aguas	400	
2.9 Daños a causa del inadecuado funcionamiento de válvulas o tuberías.	300	
3.1 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de acabados o componentes combustibles.	360	
3.2 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no existe compartimentación.	360	
3.3 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se tiene información si los materiales o espacios son resistentes al fuego.	360	
3.4 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con corta humo.	360	
3.5 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con conductos verticales.	360	
3.6 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con sistemas de detección y control de fugas.	360	
3.10 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuentan con canalizaciones permitidas para el tipo de ocupación.	150	
3.11 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se instalaron de forma correcta canalizaciones, cajas de registro y conexiones.	150	
3.12 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con aislador en tuberías en canalizaciones, cajas de registro y conexiones.	150	
3.13 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de líquidos comburentes.	400	
4.4 Incendio o explosión debido a que los espacios físicos de los cuartos eléctricos no cuentan con accesos óptimos según la normativa.	150	

4.16 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en luminarias.	150	ACEPTABLE CON CONTROL ESPECÍFICO
4.17 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en motores.	150	
4.18 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en tableros y protecciones.	150	
4.19 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en transformadores de baja tensión.	150	
4.20 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en transformadores principales.	150	
4.21 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en sistemas de puesto a tierra.	150	
4.22 Incendio o explosión debido a una chispa en los equipos A/C y ventilación.	360	
4.25 Incendio o explosión debido a un cortocircuito en conductores.	360	
4.26 Incendio o explosión debido a un cortocircuito en tableros y protecciones.	150	
4.27 Incendio o explosión debido a una sobrecarga en tomacorrientes y apagadores.	360	
4.28 Incendio o explosión debido a líquidos inflamables u comburentes.	400	
4.29 Incendio o explosión debido a un cortocircuito por inundación.	150	
5.3 Explosión en el tanque GLP al no indicarse el sistema de regulación.	150	
6.3 Inadecuado funcionamiento del hidrante al fallar las válvulas o tuberías.	150	
7.1 Aumento en el tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos por las rutas de acceso para los vehículos	200	
8.2 Contaminación del agua por vertido inadecuado	400	
8.3 Daño acuático por vertido inadecuado de sustancias	200	

Lo presentado hasta el momento representa alrededor del 75% de las acciones que se deben de tomar en cuenta a la hora de realizar un sistema de gestión de riesgos. Esto quiere decir que ya se llevó a cabo la primera fase que involucra la identificación, una segunda donde se analizó y tercera donde se hizo la evaluación, es así como se llegó a realizar la cuarta fase donde se obtuvo los siguientes resultados.

4. Tratamiento de riesgos

En esta última fase es donde se plantea un plan de acción que se debe implementar en las instalaciones de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, el cual consiste en establecer o aplicar medidas preventivas o correctivas según el nivel de aceptabilidad de los riesgos encontrados. Es importante aclarar que poner en práctica este plan excede los objetivos de este trabajo de investigación.

4.1. Tratamiento de riesgos con nivel de riesgo I

Los datos que se encontraron bajo un nivel de riesgo I son considerados como no aceptables, por tanto, requieren un tratamiento preventivo o correctivo en un período menor a dos años, ya que la materialización de estos riesgos tendría consecuencias catastróficas en infraestructura o ambiente. En el Cuadro XV se tabuló el tipo y tratamiento por realizar asociado a cada uno de los riesgos.

Cuadro XV. Resumen del tratamiento de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales con nivel de aceptabilidad no aceptable que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Número y tipo de riesgo	Tipo de tratamiento	Tratamiento por realizar
1.8 Sobrecalentamiento por reducción del aislamiento al presentarse daños en los transformadores.	Preventivo	Revisión cada tres meses de los transformadores.
2.7 Corrosión de tuberías por falta de filtración de aire.	Preventivo	Mejorar sistema de filtración del aire y revisión anual de tuberías.
8.1 Contaminación del aire.	Correctivo	Instalar filtros HEPA en las capillas de extracción y en los extractores de las paredes.
3.7 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con sistema fijo de protección contra incendios.	Correctivo	Acondicionar al edificio con un adecuado sistema de protección contra incendios según UIB.
3.8 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con un hidrante con libre acceso.	Correctivo	Solicitar que se elimine el área de parqueo que se encuentra al frente al hidrante.

3.9 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuente con una rápida respuesta del Cuerpo de Bomberos.	Correctivo	Habilitar más entradas para las unidades de atención del Cuerpo de Bomberos.
5.1 Inadecuado funcionamiento del tanque de GLP al no conocer la ubicación y simbología.	Correctivo	Rotular con la simbología e indicar la ubicación del tanque GLP y reubicarlo.
7.2 Aumento en el tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos al no tener espacios en la ruta con dimensiones de altura óptimas.	Correctivo	Solicitar que se corten las ramas más bajas de los árboles que se encuentran en el trayecto de acceso de los vehículos del Cuerpo de Bomberos.

4.2. Tratamiento de riesgos con nivel de riesgo II

En el caso del tipo de riesgo que se clasificó como aceptable con control específico quiere decir que los daños que se pueden generar son severos, pero con el tratamiento preventivo correcto se puede contener la situación en un periodo de 3 a 5 años para evitar que se genere una emergencia importante. En el Cuadro XVI se tabuló el tipo y tratamiento a realizar en cada riesgo.

Cuadro XVI. Resumen del tratamiento de los riesgos eléctricos, ambientales y estructurales con nivel de aceptabilidad aceptable con control específico que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Número y tipo de riesgo	Tipo de tratamiento	Tratamiento por realizar
1.4 Falla eléctrica provocada por inadecuados espacios de trabajo.	Preventivo	Reacomodar las áreas de trabajo con espacios adecuados para cada labor.
2.4 Pérdida estructural a causa de un deslizamiento.	Preventivo	Realizar muros de retención en las áreas cercanas al río.
2.6 Pérdida estructural a causa de un sismo.	Preventivo	Realizar muros de retención en las áreas cercanas al río.
2.9 Daños a causa del inadecuado funcionamiento de válvulas o tuberías.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de válvulas o tuberías.
3.3 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se tiene información si los materiales o espacios son resistentes al fuego.	Preventivo	Cambiar materiales en la infraestructura que no sean resistentes al fuego.
3.13 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de líquidos comburentes.	Preventivo	Realizar un adecuado almacenamiento de líquidos comburentes.
4.16 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en luminarias.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de luminarias.

4.17 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en motores.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de motores.
4.18 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en tableros y protecciones.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de tableros y protecciones.
4.19 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en transformadores de baja tensión.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de transformadores de baja tensión.
4.20 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en transformadores principales.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de transformadores principales.
4.21 Incendio o explosión debido a tensiones peligrosas en sistemas de puesto a tierra.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de los sistemas de puesto a tierra.
4.22 Incendio o explosión debido a una chispa en los equipos A/C y ventilación.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de equipos de A/C y ventilación.
4.26 Incendio o explosión debido a un cortocircuito en tableros y protecciones.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de tableros y protecciones.
4.27 Incendio o explosión debido a una sobrecarga en tomacorrientes y apagadores.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de válvulas o tuberías.
4.28 Incendio o explosión debido a líquidos inflamables u comburentes.	Preventivo	Realizar un adecuado almacenamiento de líquidos comburentes e inflamables.
4.29 Incendio o explosión debido a un cortocircuito por inundación.	Preventivo	Brindarle mantenimiento e instalar sistemas de desagüe.
5.3 Explosión en el tanque GLP al no indicarse el sistema de regulación.	Preventivo	Brindarle mantenimiento e indicar sistema de regulación.
6.3 Inadecuado funcionamiento del hidrante al fallar las válvulas o tuberías.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de las válvulas o tuberías.
7.1 Aumento en el tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos por las rutas de acceso para los vehículos.	Preventivo	Habilitar más entradas para las unidades de atención del Cuerpo de Bomberos.
1.9 Shock eléctrico por reducción del aislamiento al no definirse las pruebas de buen funcionamiento.	Correctivo	Realizar y ejecutar un cronograma para pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico.
2.8 Corrosión de tuberías por vertido inadecuado de aguas.	Correctivo	Realizar y ejecutar un cronograma el mantenimiento de tuberías.
3.1 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de acabados o componentes combustibles.	Correctivo	Eliminar acabados o componentes de las instalaciones que sean combustibles.
3.2 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no existe compartimentación.	Correctivo	Instalar estructuras que permitan la compartimentación de los espacios de alto riesgo.
3.4 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con corta humo.	Correctivo	Instalar estructuras corta humo en los espacios de alto riesgo.
3.5 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con conductos verticales.	Correctivo	Instalar conductos verticales en los espacios de alto riesgo.

3.6 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con sistemas de detección y control de fugas.	Correctivo	Instalar sistemas de detección y control de fugas.
3.10 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuentan con canalizaciones permitidas para el tipo de ocupación.	Correctivo	Instalar canalizaciones en los espacios de alto riesgo.
3.11 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se instalaron de forma correcta canalizaciones, cajas de registro y conexiones.	Correctivo	Ajustar canalizaciones, cajas de registro y conexiones en los espacios de alto riesgo.
3.12 Se propaga el incendio con mayor facilidad a causa de que no se cuenta con aislador en tuberías en canalizaciones, cajas de registro y conexiones.	Correctivo	Instalar aislantes en las tuberías.
4.4 Incendio o explosión debido a que los espacios físicos de los cuartos eléctricos no cuentan con accesos óptimos según la normativa.	Correctivo	Ajustar los accesos de los cuartos eléctricos para que cumplan con la normativa.
4.25 Incendio o explosión debido a un cortocircuito en conductores.	Correctivo	Realizar y ejecutar un cronograma para los conductores.
8.2 Contaminación del agua por vertido inadecuado.	Correctivo	Fiscalizar con pruebas al azar que el tipo de sustancias vertidas sean las permitidas.
8.3 Daño acuático por vertido inadecuado de sustancias.	Correctivo	Fiscalizar con pruebas al azar que el tipo de sustancias vertidas sean las permitidas.

4.3. Tratamiento de riesgos con nivel de riesgo III

En el nivel de riesgo III los datos encontrados son considerados como mejorables esto quiere decir que requieren de un tratamiento preventivo o correctivo en un período mayor que cinco años, esto debido que por el tipo de riesgo la infraestructura y el ambiente se pueden ver afectados de forma leve o incluso algunos de ellos no se han presentado o causado incidentes significativos. En el Cuadro XVII se tabuló el tipo y tratamiento por realizar asociado a cada uno de los riesgos.

Cuadro XVII. Resumen del tratamiento de los riesgos eléctricos y estructurales con nivel de aceptabilidad mejorable que fueron identificados en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Número y tipo de riesgo	Tipo de tratamiento	Tratamiento por realizar
2.3 La construcción cede o sufre fallas a causa de expansión de las sustancias almacenadas en cilindros de gas y otros recipientes.	Preventivo	Realizar un adecuado almacenamiento de cilindros de gas o recipientes a presión.
2.5 Pérdida estructural a causa de una inundación.	Preventivo	Colocar los equipos de mayor riesgo y valor en soportes sobre el nivel del piso. Arreglar la infraestructura dañada.
4.23 Incendio o explosión debido a una chispa en tomacorrientes y apagadores.	Preventivo	Instalar reguladores de corriente.
4.24 Incendio o explosión debido a una chispa en tableros y protecciones.	Preventivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento de tableros y protecciones.
1.1 Falla eléctrica a causa de que los materiales no cuentan con evaluación.	Correctivo	Realizar y ejecutar un cronograma de mantenimiento o evaluación de materiales.
1.2 Falla eléctrica a causa de que no se conoce en planos el sistema eléctrico actual.	Correctivo	Que un ingeniero eléctrico realice plano del sistema eléctrico actual.
1.3 Falla eléctrica provocada por el personal al no estar rotulados los equipos.	Correctivo	Rotular aspectos eléctricos de los equipos.
1.5 Falla eléctrica a causa de que los tableros y circuitos no están identificados.	Correctivo	Rotular tableros y circuitos.
1.6 Falla eléctrica a causa de que los conductores no cumplen con el código de color.	Correctivo	Rotular con código de color los conductores.
1.7 Falla eléctrica a causa de que las protecciones, cables y controles no cumplen con características eléctricas.	Correctivo	Gestionar la actualización del sistema eléctrico.
4.1 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en el transformador principal.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar la bitácora de mantenimiento del transformador principal.
4.2 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en el sistema puesta a tierra.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar la bitácora de mantenimiento del sistema puesta a tierra.
4.3 Incendio o explosión debido al no definirse los protocolos de pruebas de medición en el sistema puesta a tierra.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar los protocolos para la medición de puesta a tierra.
4.5 Incendio o explosión debido al no definirse los protocolos de pruebas de medición en el transformador de baja tensión.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar la bitácora de mantenimiento del transformador de baja tensión.
4.6 Incendio o explosión debido al no definirse pruebas de funcionamiento de tableros y protecciones.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar las pruebas de tableros y protecciones.

4.7 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en motores.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar la bitácora de mantenimiento de motores.
4.8 Incendio o explosión debido al no definirse los protocolos de pruebas de medición en motores.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar el protocolo de pruebas a motores.
4.9 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en UPS.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar la bitácora de mantenimiento de UPS.
4.10 Incendio o explosión debido al no definirse materiales con evaluación de seguridad en UPS.	Correctivo	Definir y evaluar materiales de las UPS.
4.11 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en equipos A/C y ventilación.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar la bitácora de mantenimiento de A/C y ventilación.
4.12 Incendio o explosión debido al no contar con una bitácora de mantenimiento en alarmas contra incendios.	Correctivo	Realizar, implementar y revisar la bitácora de mantenimiento de las alarmas contra incendios.
4.13 Incendio o explosión debido al no definirse pruebas de funcionamiento en alarmas contra incendios.	Correctivo	Revisar el funcionamiento de las alarmas contra incendios y colocar faltantes.
4.14 Incendio o explosión debido al no definirse pruebas de funcionamiento en luminarias.	Correctivo	Definir, aplicar y revisar pruebas de funcionamiento a la luminaria.
4.15 Incendio o explosión debido al no definirse materiales con evaluación de seguridad en luminarias.	Correctivo	Evaluar materiales de las luminarias.
5.2 Inadecuado funcionamiento del tanque de GLP al no conocer las características técnicas de las tuberías.	Correctivo	Realizar y establecer las características de las tuberías del tanque de GLP.
6.1 Inadecuado funcionamiento del hidrante al no indicarse certificaciones.	Correctivo	Solicitar certificación que garantice el adecuado funcionamiento del hidrante.
6.2 Inadecuado funcionamiento del hidrante al no indicarse información sobre tanques de reserva y memorias de cálculo.	Correctivo	Solicitar información sobre el tanque de reserva y memorias de cálculo del hidrante.

5. Monitoreo y revisión

En esta última fase es donde se plantea un plan de acción que se debe implementar en las instalaciones de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, el cual consiste en establecer o aplicar medidas preventivas o correctivas según el nivel de aceptabilidad de los riesgos encontrados.

Esta etapa se pretende asegurar la eficiencia de cada uno de los procesos de tratamiento planteados, cabe resaltar que este proceso de mejora continua idealmente debería estar presente en

todas las fases del sistema de gestión del riesgo. Esto se vuelve un proceso constante en donde se planea, se hace, se verifica y se actúa, tal cual se propone en el ciclo de Deming (ver Figura 12).

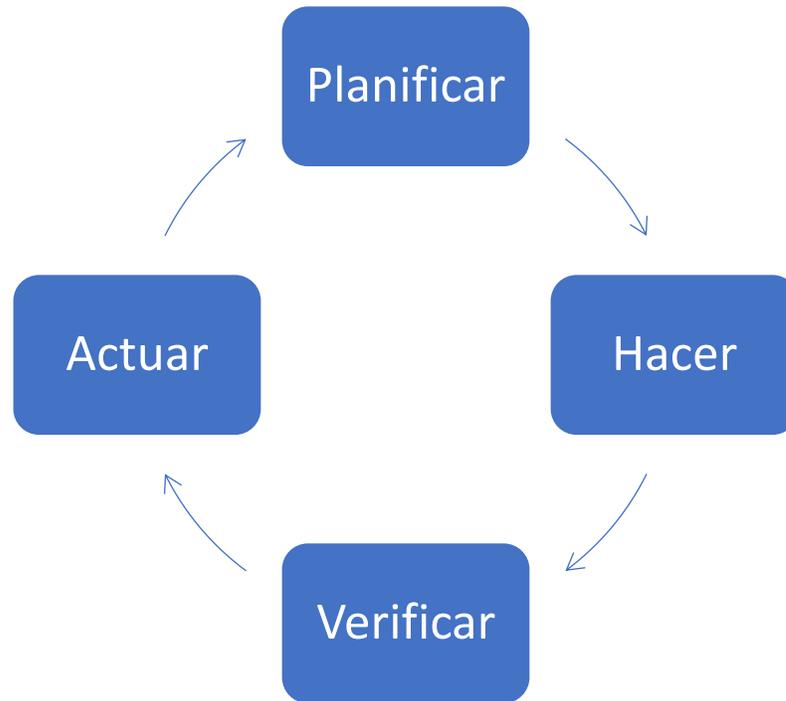


Figura 12. Ciclo de Deming (PHVA)

En la tercera fase se tiene que verificar que los tratamientos propuestos o realizados sean eficientes. En esta parte es importante dejar registros e informes de lo que se ha encontrado para así poder revisar y actuar para proteger la infraestructura y el ambiente ejecutando acciones correctivas.

Para la fase de planificación se propone que se conforme un grupo de trabajo dentro de la Comisión de Salud Ocupacional de la Escuela de Química para que realice el seguimiento a cada uno de tratamientos por ejecutar según el tipo de riesgo encontrado, para que así se verifique el cumplimiento de cada uno de los criterios de las listas de verificación que se implementaron en esta investigación; esto debe realizarse bajo la supervisión de ingeniero civil. Si se encuentra un nuevo aspecto o no se logra solucionar uno previamente establecido se puede actuar oportunamente creando una nueva propuesta, ya sea preventiva o correctiva, que minimice el riesgo. La revisión completa como la realizada en esta investigación se propone que se realice cada

cinco años, en el Cuadro XVIII se presenta una propuesta de monitoreo y revisión según criterio de aceptabilidad.

Cuadro XVIII. Propuesta de monitoreo y revisión del SGR por tipo riesgo

Tipo de riesgo	Propuesta de monitoreo y revisión
NO ACEPTABLE	Realizar la medidas correctivas y preventivas en el plazo establecido para así procurara que la mayoría de los riesgos bajen de categoría. Luego de esto se aconseja una revisión trimestral para evitar que los riesgos identificados aumenten de categoría.
ACEPTABLE CON CONTROL ESPECÍFICO	Realizar la medidas correctivas y preventivas en el plazo establecido para así procurara que la mayoría de los riesgos bajen de categoría. Luego de esto se aconseja una revisión semestral para evitar que los riesgos identificados aumenten de categoría.
MEJORABLE	Realizar la medidas correctivas y preventivas en el plazo establecido para así procurara que la mayoría de los riesgos bajen de categoría. Luego de esto se aconseja una revisión anual para evitar que los riesgos identificados aumenten de categoría.
ACEPTABLE	Mantener las medidas y controles como hasta el momento con una revisión anual para evitar que los riesgos identificados aumenten de categoría.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La identificación de riesgo manifestó que los asociados a la instalación eléctrica son los más numerosos y con mayor grado de impacto potencial. También se encontró que debido a la deficiencias y antigüedad del sistema eléctrico otro de los riesgos con mayor probabilidad es el riesgo que se presente un incendio o explosión, esto debido a que la infraestructura no cuenta con las condiciones necesarias como, por ejemplo: aspersores, barreras contra fuego, compartimentación, sistema de detección y control de fugas, entre otras.

A su vez, se determinó que hay riesgos ambientales importantes a considerar como lo son la contaminación del aire debido a que no se cuenta con filtros y sistemas de extracción adecuados y el daño acuático como consecuencia del inadecuado tratamiento previo y vertido de sustancias químicas.

Dado que la Escuela de Química es un lugar en donde las sustancias químicas almacenadas son un peligro identificado y esto conlleva riesgos asociados para la infraestructura y al ambiente, se establece la necesidad de realizar mantenimiento y rotulación de todos los equipos, cilindros de gases y del sistema eléctrico.

Después de realizar un análisis con base en las normas INTE/ISO/IEC 31010:2012, ISO 14001:2015 y NTP 330, se concluye que las tres subcategorías de riesgo más significativas son: falla eléctrica, incendio o explosión y eventos que puedan generar daños en la construcción.

Se recomienda que se debe realizar algún tipo de retención a la estructura cercana al río para minimizar la posibilidad de una eventual falla del talud, así como hacer una mejor gestión de las sustancias químicas que se van a desechar o a manipular dentro de laboratorios con sistemas de extracción por ventilación de pared o de capilla adecuados. Por lo que para poder tener los mejores resultados posibles y reducir el riesgo se debe de implementar, monitorear y dar seguimiento a esta investigación.

Se recomienda que se le haga una verificación del sistema eléctrico formal por un profesional que cuente con una Certificación de Actualización Profesional en Diseño Eléctrico de Edificios (CAPDEE), que se obtiene luego de que se entrega la verificación elaborada por este profesional ante el CFIA, y una inspección de la Unidad de Ingeniería de Bomberos. Esto permitirá que se brinde una

valoración mucho más especializada para encontrar puntos de mejora y minimizar los efectos de un incendio o fallo en la conexión eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

- A Guide to the Project Management Body of Knowledge. (2000). In *American Journal of Clinical Pathology* (Vol. 69, Issue 5). Project Management Institute. <https://doi.org/10.1093/ajcp/69.5.475>
- Arito, S., Imbert, L., Jacquet, M., Cerini, L., Rígoli, A., & Kriger, P. (2017). *Desastres y Catástrofes : herramientas de pensamiento para la intervención* (1st ed.). Universidad Nacional de Entre Ríos.
- Arroyo, L. N. (1992). Riesgos por inundaciones en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 373–384.
- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
- Baas, S., Battista, F., & De Prick, Jennie Dey Ramasamy, S. (2009). *Análisis de Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres* (p. 116).
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos: Programa para América Latina y el Caribe. In *Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos*. <https://doi.org/10.18235/0000203>
- Baybutt, P. (2015). A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 33, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.11.010>
- Brazier, A., Edwards, D., Macleod, F., Skinner, C., & Vince, I. (2021). *Hazard and operability (HAZOP) analysis* (Elsevier, Ed.). Susan Dennis. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819447-8.00001-8>
- Brenes, A. (2016). “ *Gestión del riesgo y vulnerabilidad en Costa Rica .*” Estado de La Nación.
- Burgoa, B., Jiménez, W., Quintero, R., & Segura, J. (2014). LOS EVENTOS SÍSMICOS MÁS IMPORTANTES PRESENTADOS EN COSTA RICA DE 1983 – 2012. *Revista Geográfica de América Cenral*, 52, 71–102.

- Cabezas Ares, A. (2009). La evaluación de los riesgos ambientales y su aplicación a los proyectos de desarrollo limpio. *Cuadernos de Economía*, 32(90), 73–136. [https://doi.org/10.1016/S0210-0266\(09\)70054-8](https://doi.org/10.1016/S0210-0266(09)70054-8)
- Chaverri Benavides, G. (2004). *Historia del desarrollo de la Química en Costa Rica* (1st ed.). Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2012). *Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y la Propiedad*. 12.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. (2011). *Código Sísmico* (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, Ed.; 4th ed.). Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2011.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención. (2015). *Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030*.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. (2015). *Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030*. CNE.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. (2016). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2016 - 2020*.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. (2019). *Historia*. <https://www.cne.go.cr/acerca/historia.aspx>
- Consortio Evaluación de Riesgos Naturales. (2005). Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura. In *Metodología de modelación probabilista de riesgos naturales* (p. 48).
- Dionne, G. (2013). Risk management: History, definition, and critique. *Risk Management and Insurance Review*, 16(2), 147–166. <https://doi.org/10.1111/rmir.12016>
- Echemendía, B. (2011). Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 49(3), 470–481.
- Escuela de Química*. (2012). <http://museo.ucr.ac.cr/rfb/quimica.html>

- Eusebio V., I.-H., Félix A., G.-V., Belkis F., G.-V., Marlene, D.-F., & Liliana, P.-L. (2015). Caracterización y usos de las técnicas cuantitativas de valoración de riesgos en los procesos químicos industriales. *Centro Azúcar*, 42, 26–36. <http://ezproxy.unal.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S2223.48612015000400003&lang=es&site=eds-live>
- Fonseca, A., & De la Oliva, F. (2020). Metodología para la gestión del riesgo en proyectos de inversión de la industria cubana de níquel. *Revista Cubana de Finanzas y Precios*, 4(1), 87–98.
- Galarza López, J., & Almuñías Rivero, J. L. (2015). La gestión de los riesgos de planificación estratégica en las instituciones de educación superior. *Revista Cubana de Educación Superior*, 34(2), 45–53.
- García, W., Lima, S., & Herbas, E. (2017). Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia). *Acta Nova*, 8(2), 1683–0768.
- García, A., Guamán, A., & Moyano, J. (2018). “Evaluación de Riesgos Laborales Aplicando NTP 330 Para La Recolección de Desechos Sólidos.” *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* 15.
- Gavronski, I., Ferrer, G., & Paiva, E. L. (2008). ISO 14001 certification in Brazil: motivations and benefits. *Journal of Cleaner Production*, 16(1), 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.11.002>
- Greenstein, J. (2004). Prevention and repair measures for infrastructure natural disaster risk management. *Advancing Mitigation Technologies and Disaster Response for Lifeline Systems*, 799–808.
- Hallowell, M. R., & Gambatese, J. A. (2009). Construction Safety Risk Mitigation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(12), 1316–1323. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000107](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000107)

- Herrera, R. (2000). Amenaza sísmica y el código sísmico de Costa Rica. In *Ingeniería* (Vol. 10, Issue 2, pp. 107–124). Revista de la Universidad de Costa Rica. <https://doi.org/10.15517/dre.v13i2.7490>
- Hincapie, C., & Wilches, L. (2016). *Diseño de listas de chequeo para la aplicación de las guías de buenas prácticas de seguridad del paciente*. Universidad técnica de Pereira.
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, I. (2018). Reglamento de Construcciones. 2018, 97.
- INSHT. 1993. “NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente.” *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Españã; Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo* 7.
- INTECO. (2012). *INTE/ISO/IEC 31010:2012 Gestión y calidad. Gestión del riesgo. Técnicas de valoración del riesgo*. (No. 1; Issue 1). INTECO.
- INTECO. (2015). *INTE/ISO 14001:2015 Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso* (No. 3; Vol. 3). INTECO.
- INTECO. (2018). *INTE/ISO 31000:2018 Gestión del riesgo - Directrices*. INTECO.
- Jensen, H. (2016). *Reglamento para la Organización y Funcionamiento de la Gestión Ambiental en la Universidad de Costa Rica*. La Gaceta Universitaria.
- Jensen, H. (2019). *Reglamento para la Organización y Funcionamiento de la Gestión del Riesgo de Desastres y Atención de Emergencias en la Universidad de Costa Rica* (Vol. 18). Alcance a La Gaceta Universitaria.
- Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo. (2005). *LEY NACIONAL DE EMERGENCIAS Y PREVENCIÓN DEL RIESGO*. Decreto Legislativo N.º 8488 (pp. 1–36).
- Ley Orgánica del Ambiente. (1995). *Ley Orgánica del Ambiente N° 7554* (pp. 1–41). Sistema Costarricense de Información Jurídica.
- Lopezosa, C. (2020). Entrevistas semiestructuradas con NVivo: pasos para un análisis cualitativo eficaz. *Anuario de Métodos de Investigación En Comunicación Social*, 1, 88–97. <https://doi.org/10.31009/metodos.2020.i01.08>

- Markus, P. (2017). Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Costa Rica en el marco de la agenda global de cambio para reducir los riesgos a desastres. *Revista En Torno a La Prevención*, 18, 15–36.
- Matsuoka, Y., & Gonzales Rocha, E. (2021). The role of non-government stakeholders in implementing the Sendai Framework: A view from the voluntary commitments online platform. *Progress in Disaster Science*, 9, 100142. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2021.100142>
- Ministerio de la Presidencia. (2008). *Reglamento a la Ley N° 8228 del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica*. <https://www.bomberos.go.cr/upl0dz/2013/06/Reglamento-34768-de-la-Ley-8228.pdf>
- Ochoa, M. (2019). *Análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos que influyen en el cronograma y el presupuesto de la obra "Mejoramiento de la transitabilidad peatonal y vehicular de las calles de Rosario Olivera y camino a Rumiwasi de la APV- Uñacayra- Marcapata, Dist. Universidad Andina del Cusco*.
- Olechowski, A., Oehmen, J., Seering, W., & Ben-Daya, M. (2016). The professionalization of risk management: What role can the ISO 31000 risk management principles play? *International Journal of Project Management*, 34(8), 1568–1578. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.08.002>
- Omar Darío Cardona Arboleda. (2008). Medición de la gestión del riesgo en América Latina. *Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo.*, 3, 1–20.
- Organización Panamericana de la Salud. (2020). *Gestión de riesgo Costa Rica*. https://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_content&view=article&id=565:gestion-de-riesgo-costa-rica&Itemid=775&lang=es
- Peñaranda Median, J. B., & Vera Martínez, R. J. (2010). *Análisis de Instalaciones Eléctricas en Bodegas*.
- Pillajo, C. A. (2015). *Proponer un plan de respuesta a emergencias, ante la valoración de los riesgos por amenazas naturales y antrópicos, que permitan establecer el nivel de seguridad*

integral óptimo del centro del servicio integrado de seguridad SIS ECU Quito. Universidad Internacional SEK.

Quirós, K. (2016). Propuesta de programa de prevención de riesgos en seguridad en actividades de mantenimiento preventivo en la empresa General Cable, Heredia, Costa Rica. In *Tecnologico de costa rica*. Tecnológico de Costa Rica.

Real Academia Española. (2020). *Definición de riesgo - Diccionario panhispánico del español jurídico - RAE*. <https://dpej.rae.es/lema/riesgo>

Refsdal, A., Solhaug, B., & Stølen, K. (2015). Cyber-Risk management. In *SpringerBriefs in Computer Science* (Vol. 0, Issue 9783319235691). Springer Science. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23570-7_2

Riddell, G. A., van Delden, H., Maier, H. R., & Zecchin, A. C. (2020). Tomorrow's disasters – Embedding foresight principles into disaster risk assessment and treatment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45(December 2019), 101437. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101437>

Rodríguez, M., Piñeiro, C., & De Llano, P. (2013). Mapa de Riesgos: Identificación y Gestión de Riesgos. *Atlantic Review of Economics*, 2, 1–29.

Saint Pierre, H., Raza, S., Fuenzalida, A., Cabrera, L., Barreiro, K., Dammert, L., Briones, S., Cruz, G., & Ordóñez, M. D. (2017). *AMENAZAS GLOBALES CONSECUENCIAS LOCALES. Retos para la inteligencia estratégica actual* (p. 131). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Suzanne, L. (2013). Risk assesment. In *Encyclopedia of Natural Hazards* (pp. 862–863). Springer Science. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_291

Troncoso, C. E., & Daniele, E. G. (2004). Las entrevistas semiestructuradas como instrumentos de recolección de datos: una aplicación en el campo de las ciencias naturales. In *Porgrama de investigación AEF* (p. 12). Universidad Nacional del Comahue.

Unidad de Ingeniería de Bomberos. (2020). *Reglamento nacional de protección contra incendios* (pp. 1–110). benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

- Unidad de Ingeniería de Bomberos. (2021). *Reporte de incendios investigados del 01 de enero al 31 de diciembre del año 2020* (pp. 1–14). Programa de Investigación de Incendios.
- Vásquez, M., Rodríguez, D., Ortiz S, N., Olivera, L., Grillo, J., & Tiburcio, A. (2017). La prevención del riesgo de desastres en la comunidad. *Revista Médica Electrónica*, 39(5), 1022–1032.
- Velásquez-Restrepo, P. A., Velásquez-Restrepo, S. M., Velásquez-Lopera, M., & Villa-Galeano, J. (2017). Implementación de la gestión de riesgo en los procesos misionales de la Sección de Dermatología de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia) siguiendo las directrices de la norma ISO 9001:2015. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 16(33), 78–101. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps16-33.igrp>
- Vicerectoría de Administración. (n.d.). *Programa de Gestión de Riesgo y Reducción de Desastres (PGRRD)*. Retrieved October 15, 2020, from <https://www.vra.ucr.ac.cr/pgrrd>
- Yallico, J. 2012. “Aplicación de La Norma NTP 330 y Análisis Preventivo de Las Estructuras En La Ciudad de Logroño.” Universidad Pública de Navarra.
- Zio, E. (2014). Vulnerability and Risk Analysis of Critical Infrastructures. *Vulnerability, Uncertainty, and Risk*, 23–30. <https://doi.org/10.1061/9780784413609.003>

ANEXOS

Anexo I. Extracto de la lista de verificación utilizada por la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica para determinar los puntos de mejora referente a la construcción del edificio

Lista de verificación bomberos: construcción				
N°	Apartado	Criterio	Cumple / No cumple/ No indica/ No aplica	Observaciones
1	Construcción	Se incluye la clasificación de resistencia al fuego de los elementos estructurales y de los conjuntos de montaje de edificio de acuerdo con ASTM E119 o ANSI/UL 263	No indica	----
2	Construcción	El edificio se clasifica como construcción Tipo I y cuenta con dos horas de resistencia al fuego en todos sus elementos estructurales.	No indica	----
3	Construcción	El edificio se clasifica como construcción Tipo II y cuenta con una hora de resistencia al fuego en todos sus elementos estructurales.	No indica	----
4	Construcción	El edificio se clasifica como construcción Tipo III y los muros cortafuego y elementos estructurales interiores cuentan con una hora de resistencia al fuego.	No indica	----
5	Construcción	En edificios tipo I El entrepiso cuenta con resistencia al fuego de dos horas en todo el elemento compuesto por vigas, viguetas, bloques, losa de concreto y otros componentes utilizados.	No indica	----
6	Construcción	En edificios tipo II El entrepiso cuenta con resistencia al fuego de una hora en todo el elemento compuesto por vigas, viguetas, bloques, losa de concreto y otros componentes utilizados.	No indica	----
7	Construcción	Los entrepisos conforman barreras resistentes al fuego y los elementos estructurales que soportan el entrepiso cuentan con la misma clasificación de resistencia al fuego.	No indica	----

8	Acabados	Las paredes, entrepisos, techos o espacios intersticiales no cuentan con acabados, agregados o componentes combustibles, incluyendo, pero no limitado a: Fibra aislante, poliestireno, plástico o madera.	No cumple	Hay espacios con acabados en madera en algunas secciones
9	Acabados	Se utilizan acabados, agregados o componentes clasificados como incombustibles o combustibilidad limitada en paredes, entrepisos, techos o espacios intersticiales. Se utilizan acabados, agregados o componentes combustibles en el soporte de la construcción que serán retirados al finalizar la construcción.	No indica	---
10	Acabados	Los acabados interiores en los cerramientos de salida son incombustibles o clase A según ASTM E84	Cumple	---
11	Acabados	Los acabados como telas, lonas, tapicerías cortinas y mobiliario son ignífugos o con tratamiento de retardación de llama.	No indica	---
Lista de verificación bomberos: compartimentación				
12	Compartimentación	Se incluye la compartimentación para zonas de incendios más elevadas tales como cuartos o conjuntos utilizados como almacén de basuras y líquidos inflamables, hornos, laboratorios, talleres de mantenimiento, pintura, y otros.	No cumple	---
13	Compartimentación	Se incluye la compartimentación divisoria entre las paredes del edificio que comprenden distintas ocupaciones.	Cumple	---
14	Compartimentación	No se muestra los detalles arquitectónicos / estructurales del ensamble para la compartimentación entre las diferentes ocupaciones.	No indica	---
15	Compartimentación	Se incorporan barreras corta fuegos continuos las cuales atraviesan los espacios ocultos tales como los que se encuentran por encima de un cielo raso, incluyendo los espacios intersticiales.	No indica	---
16	Compartimentación	Las paredes a prueba de incendios de gran desafío, paredes a prueba de incendios y paredes de barrera contra incendios se encuentren diseñadas según requerimientos de la norma NFPA 221 Edición 2018.	No indica	---

17	Compartimentación	Los materiales, conjuntos de montaje y sistemas resistentes al fuego utilizados deben limitarse a técnicas certificadas y técnicas aprobadas por un laboratorio con los procedimientos de ensayo establecidos en ASTM E 119 o ANSI/UL 263.	No indica	---
18	Compartimentación	El conjunto de montaje de las puertas cortafuego se requiere que sean autocerrantes o con cierre automático.	Cumple	
19	Compartimentación	El conjunto de montaje de vidrio cortafuego en las barreras resistentes al fuego cuenta con la certificación requerida.	No indica	---
20	Compartimentación	Sellos corta fuegos. Las penetraciones o pasantes para cables, bandejas de cables, conductos para cables, tuberías, tubos, ventilaciones de combustión y ventilaciones de respiración, conductores eléctricos y elementos similares para alojar sistemas eléctricos, mecánicos, de plomería y de comunicaciones que atraviesan un muro, un piso o un conjunto de montaje de piso/cielo raso construidos como una barrera cortafuego, deben estar protegidas por un sistema o dispositivo de sello cortafuego.	No indica	---
21	Compartimentación	Juntas. Las juntas realizadas dentro del o en el perímetro de las barreras cortafuego están protegidas con un sistema de junta que sea capaz de limitar la transferencia de humo y deben contar con certificación.	No indica	---
22	Compartimentación	Muros cortinas exteriores y juntas perimetrales: Los vacíos creados entre el conjunto de montaje del piso con clasificación de resistencia al fuego y el muro cortina exterior, están protegidos por un sistema de junta perimetral resistente al fuego que esté diseñado y ensayado mediante una técnica aprobada.	No cumple	---
23	Compartimentación	Las juntas realizadas dentro de o en el perímetro de las barreras corta humo están protegidas con un sistema de junta que sea capaz de limitar la transferencia de humo.	No cumple	---

24	Compartimentación	Los sistemas de conductos de aire acondicionado, calefacción, ventilación y equipos relacionados, que incluyen clapetas corta humo y combinación de clapetas corta humo y clapetas cortafuego, están diseñados según la norma NFPA 90 Edición 2018, Norma para la instalación de sistemas de aire acondicionado y ventilación.	No cumple	---
25	Compartimentación	Clapetas o dampers corta humo. Donde una barrera corta humo sea penetrada por un conducto o por una abertura para transferencia de aire, se instala una clapeta o damper corta humo.	No cumple	---
26	Compartimentación	Protecciones para aberturas. Las puertas en las barreras corta humo deben cerrar la abertura dejando sólo la rendija mínima necesaria para una operación adecuada y no deben tener ranuras o rejillas.	No cumple	---
27	Compartimentación	Continuidad. Las barreras corta humo y las barreras corta fuegos requeridos ser continuas desde un muro exterior a otro muro exterior de piso a piso, desde una barrera corta humo o corta fuego a otra barrera corta humo o corta fuego o al utilizarse una combinación de estas.	No cumple	---
28	Compartimentación	No se muestra los detalles del ensamble de las barreras corta fuego/corta humos a utilizar.	No cumple	---
29	Compartimentación	Muros cortafuego de alto desafío.	No cumple	---
30	Compartimentación	Los muros cortafuego de alto desafío son de construcción auto portante, son estructuralmente independientes de las edificaciones que busca separar, con el objetivo de que al colapsar cualquiera de las dos estructuras la integridad del muro no se vea afectada.	No cumple	---

31	Compartimentación	Los muros cortafuego de alto desafío son diseñados cumpliendo alguno de los siguientes objetivos: a) Disminuir el área agregada de incendio de un edificio o grupo de edificios. b) Separar elementos específicos en proyectos de alto riesgo. c) Establecer estrategias de protección contra incendio específicas. d) A criterio de la autoridad competente.	No cumple	---
32	Compartimentación	El muro corta fuego tiene tener resistencia al fuego de dos horas y sobresale de la cubierta de techo o elemento más alto a proteger al menos 90 cm; del mismo modo, el muro se proyectarse al menos 90 cm de las fachadas o elementos a proteger.	No cumple	---
33	Compartimentación	El muro corta fuego presentan aperturas, incluyendo puertas o comunicaciones, aun cuando estas sean resistentes al fuego y se encuentren listadas para este uso.	No cumple	---
34	Compartimentación	Se muestra los detalles de ensamble del muro corta fuego a utilizar.	No cumple	---
35	Compartimentación	Las aberturas a través de los pisos cuentan con muros que constituyan barreras cortafuego, continuas de piso a piso, o de piso a techo y se encuentran protegerse de manera apropiada según la clasificación de resistencia al fuego de la barrera. Se consideran aberturas verticales, penetraciones o aberturas en los entrepisos tales como, escaleras, escaleras o rampas eléctricas o mecánicas, elevadores y ascensores, penetraciones para cables, bandejas de cables, conductos, tuberías, tubos, ventilaciones de combustión y ventilaciones de respiración, conductores eléctricos y elementos similares para alojar sistemas eléctricos, mecánicos, de plomería y de comunicaciones.	No indica	---
36	Compartimentación	Los cerramientos que conectan tres pisos o menos cuentan con barreras cortafuego de 1 hora.	No indica	---

37	Compartimentación	Los conductos verticales, que atraviesan un máximo de un entrepiso o comunican dos niveles, deben poseer cerramiento en el nivel más bajo o alto del conducto vertical respectivamente.	No indica	---
38	Compartimentación	Se detalla el tipo de sistema a utilizar de los sellos corta fuego /corta humo.	No indica	---
39	Compartimentación	Se detalla las características de los sellos corta fuego/corta humo.	No indica	---
40	Compartimentación	Se presenta un diagrama del detalle de las protecciones de los sellos corta fuegos.	No indica	---
41	Compartimentación	Los mezanines cumplen con las disposiciones del Cuerpo de Bomberos.	No indica	---
42	Compartimentación	Cualquier espacio oculto entre el cielorraso y el piso o la cubierta del techo superior, debe tener barreras cortafuego que abarquen la profundidad total del espacio a lo largo de la línea de soporte de los elementos estructurales del piso o cubierta.	No indica	---
43	Compartimentación	El cielo raso cuenta con una resistencia al fuego de la misma clasificación que los aposentos inferiores.	No indica	---
44	Compartimentación	Para sustituir las barreras cortafuego de los cielos rasos por barreras de dispersión de humo el espacio se encuentre protegido por un sistema aprobado de rociadores automáticos.	No indica	---

45	Compartimentación	Las áreas que tenga un grado de riesgo mayor que aquel considerado normal para la ocupación general del edificio o estructura y están protegida mediante alguna de las siguientes maneras: a) Mediante un cerramiento al área con una barrera cortafuego sin ventanas, con una clasificación de resistencia al fuego de 2 horas. b) Mediante protección del área con sistemas automáticos de extinción y un cerramiento con clasificación de resistencia al fuego de una hora.	No indica	---
46	Compartimentación	Se consideran áreas que requieren protección especial contra riesgos, pero sin limitarse a estas: las que se usan para el almacenamiento de productos combustibles o inflamables, áreas que contienen aparatos productores de calor o áreas usadas para mantenimiento, salas de calderas, salas de hornos, transformadores, equipos con riesgo de explosión, otras áreas o espacios considerados riesgosos por la autoridad competente.	No indica	---
Lista de verificación bomberos: acceso al cuerpo de bomberos				
47	Detalles	Se presenta en planos las rutas de acceso con las que cuentan los vehículos de bomberos.	No cumple	---
48	Detalles	Se presenta en planos la ubicación y detalle de los dispositivos diseñados para regular y limitar el acceso vehicular a cualquier edificación, complejo o condominio (Casetas, arcos, agujas o decoraciones).	No cumple	---
49	Ruta	El ancho libre de las calles internas frente a fachadas es de 6 m como mínimo.	Cumple	---

50	Ruta	Se muestra una ruta de acceso para el Cuerpo de Bomberos a máximo 15 m de al menos una puerta externa que proporciona acceso al interior del edificio.	No cumple	---
51	Ruta	Cualquier parte de la instalación o cualquier parte de un muro exterior del primer piso del edificio se encuentra a menos de 50 m de las rutas de acceso del Cuerpo de Bomberos en Edificios sin rociadores.	No cumple	---
52	Ruta	Se proporciona más de una ruta de acceso al Cuerpo de Bomberos por factores que podrían limitar el acceso.	Cumple	---
53	Ancho	El ancho libre del acceso propuesto para el Cuerpo de Bomberos cuenta con 5 metros como mínimo.	No cumple	---
54	Altura	La altura libre del acceso propuesto para el Cuerpo de Bomberos cuenta con 5 metros como mínimo.	No cumple	---
55	Capacidad	La superficie transitable propuesta soporta un peso de 35 toneladas.	Cumple	---
56	Radio de giro	El radio de giro externo de la ruta de acceso propuesta para el Cuerpo de Bomberos es de mínimo 13 metros.	No cumple	---
Lista de verificación bomberos: gas licuado de petróleo				
57	Ubicación	Se incluye la tabla de simbología con todos los símbolos utilizados en el sistema de gas licuado de petróleo.	No cumple	---
58	Ubicación	Se presenta en planos la ubicación de los recipientes de gas licuado de petróleo.	No cumple	---
59	Ubicación	Los recipiente de gas licuado de petróleo se hallan al exterior de los edificios y ubicados en lugares ventilados.	Cumple	---
60	Ubicación	Los recipientes se colocan en el nivel de terreno terminado.	Cumple	---

61	Ubicación	Se especifica para cada recipiente de gas licuado de petróleo el tipo de contenedor (intercambio o llenado en sitio) y su respectiva capacidad de almacenamiento (en unidades de volumen de agua).	No indica	---
62	Ubicación	El recipiente posee placa o troquelado que indica que fue fabricado con alguna de las normas aceptadas en el capítulo 5 de la NFPA 58	No indica	---
63	Ubicación	La ubicación de los recipientes de gas licuado de petróleo con respecto a: contenedores adyacentes, edificios, grupos de edificios o línea de propiedad colindante sobre la que puede construirse, respeta la tabla 14 del Manual de Disposiciones Técnicas.	No indica	---
64	Ubicación	La distancia de separación entre válvula de alivio de los recipientes de gas licuado de petróleo y las aberturas del edificio, respeta la tabla 6.3.4.3 de la NFPA 58 versión 2014.	No indica	---
65	Ubicación	Los recipientes de gas licuado de petróleo se ubican alejados 3 m como mínimo de materiales combustibles almacenados.	No indica	---
66	Ubicación	Los recipientes de gas licuado de petróleo se ubican en planos a menos de 3 m de la vía pública o de estacionamientos y disponen de elementos de protección apropiados para resguardar la integridad de estos.	Cumple	---
67	Tubería	Se presenta la distribución, el tipo de material y el diámetro de la tubería empleada, para el transporte del gas licuado de petróleo.	No indica	---
68	Tubería	La tubería y conexiones de sistemas de gas licuado de petróleo son de cobre, hierro galvanizado, o cualquier otro material permitido en el código NFPA 54 o en el código NFPA 58, según aplique a la sección del sistema.	No indica	---

69	Tubería	Las conexiones de los recipientes a la red de tuberías de gas licuado de petróleo se realizan por medio de una conexión directa o un conector metálico o una manguera flexible (esta última opción únicamente en instalaciones diferentes a las estacionarias).	Cumple	---
70	Tubería	Las tuberías, tubos flexibles y accesorios de polietileno y poliamida indicadas en planos, son aprobadas para su uso en sistemas de gas licuado de petróleo y se detallan en planos al exterior del edificio y enterrados.	No indica	---
71	Tubería	Se indica la presión y fase en que viaja el gas licuado de petróleo (GLP) en los diferentes tramos de la tubería. El GLP en fase vapor a presiones superiores a 20 psig (138 kPag) o el GLP líquido no se conduce por tuberías dentro de edificios.	No indica	---
72	Tubería	Se presenta un detalle que permite verificar que las tuberías metálicas y tuberías flexibles metálicas enterradas se instalan a una profundidad no inferior a 30 cm, y no mayor a los 46 cm.	No indica	---
73	Tubería	Se presenta un detalle de la tubería de poliamida o polietileno, con una cinta enterrada o cable de rastreo resistente a la corrosión con continuidad eléctrica (mínima AWG 14).	No indica	---
74	Tubería	Las instalaciones de gas licuado de petróleo cuentan con una válvula de corte principal (llave de paso) en un lugar fácilmente accesible, antes del ingreso a los edificios.	Cumple	---
75	Conexión de tuberías a equipos de consumo de GLP	Se presenta en planos la ubicación y la demanda de equipos a alimentados por gas licuado de petróleo.	No cumple	---

76	Conexión de tuberías a equipos de consumo de GLP	Cada artefacto conectado al sistema de tubería de gas licuado de petróleo cuenta con una válvula de corte aprobada y accesible.	No indica	---
77	Conexión de tuberías a equipos de consumo de GLP	Los artefactos y equipo se conectan a la tubería de suministro y distribución de gas licuado de petróleo cumpliendo con alguno de los métodos definidos en la NFPA 54.	No indica	---
78	Sistema de regulación	El sistema de gas licuado de petróleo posee un sistema de regulación de dos etapas o un regulador integral de dos etapas o un sistema regulador de 2 psi.	No indica	---
79	Sistema de regulación	El sistema de gas licuado de petróleo posee un sistema de regulación de etapa única, ya que se alimenta únicamente artefactos de cocción al aire libre con consumos máximos de 100,000 Btu/h (29 kW).	No indica	---
80	Sistema de regulación	Antes de cada regulador de presión existe, una válvula de corte de gas licuado de petróleo que permite brindar mantenimiento a los reguladores.	No indica	---
81	Sistema de regulación	La descarga de alivio de presión o venteo de los reguladores de presión instalados en el interior de los edificios se dirige al exterior de estos a 1,5 m en todas direcciones de cualquier fuente de ignición, conexiones en artefactos de ventilación directa (sistema de combustión sellado), o ductos de aire con ventilación mecánica.	No indica	---
82	Sistema de regulación	La descarga del venteo o desfogue de los reguladores instalados al interior se ubica en planos a mínimo a 1 m en línea horizontal de cualquier conexión del edificio debajo del nivel de tal descarga.	No indica	---

83	Detección y control de fugas	Se incluye en planos el diseño del sistema de detección de fugas de gas licuado de petróleo y su respectivo diagrama de instalación, para los recipientes con capacidad igual o menor a 946,4 litros (250 galones).	No indica	---
84	Detección y control de fugas	En planos se detalla el diseño del sistema de detección de fugas de gas licuado de petróleo, GLP. Incluyendo marca, modelo y características de los: detectores, paneles, electroválvulas y otros elementos según el diseño. Cuando el edificio posee un sistema de alarma de incendio se vincula con el sistema de detección de fugas GLP.	No indica	---
85	Detección y control de fugas	En planos se ubican detectores de gas licuado de petróleo (GLP) en todos los aposentos donde se ubican artefactos alimentados con GLP.	No indica	---
86	Detección y control de fugas	La detección de fuga de gas licuado de petróleo emite una señal que cierra una electroválvula u otro mecanismo autorizado, que corta el suministro de gas en la salida del recipiente y en cada uno de los aposentos en los que presente el problema de fuga.	No cumple	---
87	Detección y control de fugas	Se incluye la ubicación de la válvula antisísmica, para que en caso de un sismo realice el corte del suministro de los recipientes con capacidad igual o menor a 946,4 litros (250 galones).	No indica	---
88	Sistema fijo de protección contra incendios	Los recipientes de gas licuado de petróleo con una capacidad agregada de agua de 15,1 m ³ (4000 galones), tienen un sistema fijo de supresión diseñado e instalado según la norma NFPA 15.	No indica	---

89	Sistema fijo de protección contra incendios	Los sistemas de supresión de agua de los recipientes de gas licuado de petróleo son activados automáticamente por dispositivos sensibles al fuego y por mecanismos de activación manual.	No indica	---
Lista de verificación bomberos: hidrantes				
90	Certificación	El (Los) hidrante(s) propuestos cuentan con la certificación requerida.	No indica	---
91	Área de construcción	El edificio o grupo de edificios cuenta con un área de construcción mayor o igual a 2000 m ² y se encuentra protegido por hidrantes.	Cumple	---
92	Tubería	La red de abastecimiento de hidrantes cuenta con diámetros nominales iguales o superiores a 150mm cuando es una red nueva o con diámetros nominales iguales o superiores a 100mm cuando es una red existente.	Cumple	---
93	Tubería	Las redes de tuberías nuevas para abastecimiento de hidrantes deben contar con un diámetro nominal no menor a 150mm.	Cumple	---
94	Tubería	La conexión entre el hidrante y la red de tubería de agua potable no cuenta con reducciones en el diámetro nominal libre.	No indica	---
95	Detalles	Se aporta el detalle de instalación del hidrante.	No indica	---
96	Detalles	Los hidrantes cuentan con una conexión de manguera rosca macho NST de 112 mm (4 ½") y dos conexiones de manguera rosca macho NST de 64 mm (2 ½").	Cumple	---
97	Instalación	La conexión de 112 mm del hidrante se encuentra entre 75 y 85 cm del nivel de calle.	Cumple	---

98	Instalación	La conexión de 112 mm (4 ½”) del hidrante se encuentra en dirección perpendicular a la línea de centro de la calle.	Cumple	---
99	Instalación	El hidrante se encuentra a una distancia de 35 cm a 40 cm desde el cordón del caño hasta el eje central vertical del hidrante.	Cumple	---
100	Instalación	Se cuenta con una válvula auxiliar entre el hidrante y la red de alimentación.	No indica	---
101	Instalación	La válvula auxiliar cuenta con un dado de operación 50 x 50 mm (2 x 2 pulgadas).	No indica	---
102	Instalación	La válvula auxiliar se ubica tan cerca como sea posible de la red principal del acueducto de alimentación.	No indica	---
103	Instalación	Se cuenta con bloques de inercia en los accesorios.	No indica	---
104	Instalación	El hidrante cuenta con un radio libre mínimo de 90 cm en su eje vertical.	Cumple	---
105	Color	Los hidrantes públicos se identifican con el color amarillo.	Cumple	---
106	Ubicación	Los hidrantes son visibles y sin obstrucciones.	Cumple	---
107	Ubicación	Los hidrantes se colocan a 10 metros de las curvas, esquinas o en lugares donde se exponga a la colisión de un vehículo.	Cumple	---
108	Ubicación	Los hidrantes no obstruyen el acceso a residencias, cocheras y pasos peatonales.	Cumple	---
109	Ubicación	El área adyacente a los hidrantes deberá permitir un radio de giro de 15 m y soportar un peso vehicular de 35 toneladas.	No cumple	---

110	Ubicación	No existen espacios de parqueos u otros obstáculos a 5 m del hidrante.	No cumple	---
111	Ubicación	Los hidrantes deben protegerse contra el impacto de vehículos.	No cumple	---
112	Ubicación	El proyecto posee dos o más accesos vehiculares con una separación de 180 m o más entre sí y se coloca un hidrante en el acceso vehicular.	No cumple	---
113	Ubicación	Los hidrantes se ubican cada 180 metros medidos siguiendo el recorrido a nivel del centro de la calle.	No cumple	---
114	Ubicación	Se colocan hidrantes adicionales debido a condiciones como la población a proteger, características de las edificaciones, historial de incendios en el área, características del recurso existente, confiabilidad de las fuentes de agua etc.	No cumple	---
115	Diseño	La presión residual mínima de cada hidrante es de 1.41 kg/cm ² (20 psi).	No indica	---
116	Diseño	La tasa de flujo mínima en el hidrante es de 47 l/s (750 GPM) para protección de ocupaciones como cuidado de la salud de pacientes ambulatorios, negocios, educacional.	No indica	---
117	Tanques de reserva	El tanque de almacenamiento de agua cuenta con un hidrante de succión o toma directa al tanque para uso del Cuerpo de Bomberos al no poseer capacidad hidráulica para la red de hidrantes.	No indica	---
118	Tanques de reserva	El tanque de agua para reserva de incendio para ocupaciones como educacional, cuidado de la salud de pacientes ambulatorios o negocios cuenta con un volumen mínimo de 91 m ³ .	No indica	---

119	Memoria de cálculo	Se incluye la memoria de cálculo de abastecimiento de hidrantes desde un pozo o tanque indicando volumen de agua para consumo diario, volumen de reserva de incendio, así como el caudal y la presión en el hidrante más alejado.	No indica	---
120	Hidrante de succión	El (Los) hidrante(s) de succión o toma(s) directa(s) al tanque se diseña bajo los criterios de NFPA 1142.	No indica	---

Anexo II. Lista de verificación utilizada por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica para generar el informe de cumplimiento de instalaciones eléctricas

Lista de verificación CFIA: cumplimiento de instalaciones eléctricas			
N°	Criterio	Cumple / No cumple/ No indica/ No aplica	Observaciones
Documentación			
1	¿Se cuenta con planos eléctricos actualizados?	No cumple	Plano sótano no sirve desde el 2012
2	¿Se cuenta con diagramas unifilares (eléctricos, puesta a tierra, control de acceso etc.)? Indique cuáles.	Cumple	Costado este subterráneo
3	¿Se cuenta con documentación adicional como memorias de cálculo, especificaciones, manuales, procedimientos de mantenimiento preventivo? Indique cuáles.	No cumple	---
4	¿Se cuenta con estudios de ingeniería como coordinaciones de protecciones, cortocircuito, descarga atmosférica, flujo de carga, iluminación normal y emergencia etc.? Indique cuáles.	No cumple	En espera de OEPI
5	¿Los equipos y materiales cuentan con un proceso de evaluación de conformidad, evidenciado mediante un certificado que garanticen la seguridad?	No cumple	Equipos sí
Transformadores principales			
6	Placa de datos legible y disponible en el equipo.	No indica	---
7	Equipo, componentes y conexiones están debidamente rotulados.	No cumple	---
8	Estado físico del transformador. Evidencia fugas, corrosión o daño físico.	No cumple	Deterioro por antigüedad menos lo nuevo del 2012

9	Condiciones de instalación del transformador cumple con la normativa. El transformador cuenta con protecciones y cables alimentadores adecuados.	Cumple	---
10	Retiros y espacios de trabajo en cumplimiento con la normativa.	No cumple	---
11	Sistema de puesta a tierra (carcasa, puente de unión equipotencial, conductores de puesta a tierra de sistema, placa de bornes, Conductor de puesta a tierra) cumplen con normativa.	No cumple	Solo sótano
12	Bitácora de mantenimiento (Pruebas de aislamiento de los devanados, aceite, relación de transformación, etc).	No cumple	---
13	Registro de pruebas de HIPOT a los cables de media tensión.	No indica	Fuerza y luz
14	Coincide la posición del TAP con lo mostrado en planos y estudios de ingeniería.	No cumple	---
15	Se cuenta con el protocolo de aplicación del par de apriete en todos los terminales eléctricos de acuerdo con los datos del fabricante, que existen las marcas en los terminales que lo evidencien y la fecha y codificación de los colores de las marcas en el exterior del equipo.	No indica	Fuerza y luz
16	Se cuenta con estudios de calidad de energía (tensión eléctrica, intensidad de corriente, armónicos, factor de potencia, potencia kW, kVA, kVAR), pruebas de rotación de fase, estudio de infrarrojo).	No indica	Fuerza y luz
17	Se cuenta con la medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra conectado a las terminales del transformador.	No indica	Fuerza y luz
Sistema de puesta a tierra			
18	El estado físico del sistema de puestas a tierra. Evidencia daño.	Cumple	---
19	Existen registros para mantenimiento e inspección del electrodo o electrodos del sistema.	No indica	Fuerza y luz
20	Conexiones de los conductores y electrodos de puesta a tierra en las mallas de tierras están libres de corrosión.	Cumple	---

21	Conexión correcta de los conductores de puesta a tierra en el interruptor principal, transformador principal de media tensión y barras de tierras del edificio libres de corrosión.	Cumple	---
22	En cuartos con transformadores, existen los medios físicos para la puesta a tierra.	Cumple	Son de pedestal para exteriores
23	En lugares con equipos sensibles a la electricidad estática, existen los medios físicos para la puesta a tierra, corresponde a lo indicado en planos y se encuentran en buen estado.	Cumple	---
24	Se encuentran las barras de puesta a tierra y sus cables identificados según planos con medios resistentes a las condiciones ambientales.	Cumple	---
25	Existe la unión de la puesta a tierra (t) con el conductor puesto a tierra (n). (Excepto en sistemas no exigidos de estar puestos a tierra).	Cumple	---
26	Existen intensidades de corrientes en los conductores de puesta a tierra.	No indica	Fuerza y luz
27	Existe un protocolo de pruebas para la medición de la malla de puesta a tierra, periodicidad y resultados.	No indica	Fuerza y luz
28	Existe continuidad entre los conductores de tierras y conexiones equipotenciales.	No indica	Fuerza y luz
Sistema contra descargas atmosféricas directas			
29	Estado físico de la instalación evidencia presencia de corrosión o daños.	No indica	---
30	Existe procedimiento de medición de resistencia de la malla de puesta a tierra, periodicidad. Indique el valor y si es correcto en los comentarios.	No indica	---
31	Corresponde la instalación física con los planos de diseño y constructivos del sistema de protección contra descargas atmosféricas y su sistema de puesta a tierra.	No indica	---
32	Los rótulos de advertencia de peligro de descarga eléctrica se encuentran legibles y en buen estado.	No indica	---

Espacios físicos de los cuartos eléctricos			
33	Se mantienen las distancias de seguridad mínimas en el equipamiento de los cuartos eléctricos.	Cumple	---
34	Cuenta con la ventilación requerida para los cuartos eléctricos.	Cumple	---
35	Se cumple con los accesos indicados en la sección 110.26. (NEC – NFPA70)	No cumple	Solo sótano
36	Son los espacios de trabajo y los espacios dedicados para equipos utilizados como área de almacenaje.	No cumple	---
37	El espacio de trabajo tiene una adecuada iluminación.	Cumple	---
Transformadores de baja tensión			
38	Placa de datos es legible y disponible en el equipo.	No cumple	Laboratorio 232 sí
39	Equipo, componentes y conexiones están debidamente rotulados.	No cumple	
40	Estado físico del transformador de baja tensión. Evidencia fugas, corrosión o daño físico.	No cumple	
41	Condiciones de instalación del transformador cumple con la normativa. El transformador cuenta con protecciones y cables alimentadores adecuados.	No cumple	
42	Retiros y espacios de trabajo en cumplimiento con la normativa.	No cumple	---
43	Sistema de puesta a tierra (carcasa, puente de unión equipotencial, conductores de puesta a tierra de sistema, placa de bornes, conductor de puesta a tierra) cumplen con normativa.	No cumple	---
44	Se cuenta con el protocolo de aplicación del par de apriete en todos los terminales eléctricos de acuerdo con los datos del fabricante, que existen las marcas en los terminales que lo evidencien y la fecha y codificación de los colores de las marcas en el exterior del equipo.	No cumple	---

Tableros y protecciones			
45	Tableros debidamente identificados con la información necesaria y suficiente para su operación segura.	No cumple	Sótano sí
46	Estado físico de los tableros en su interior evidencia daños o evidencia de manipulación que pongan en peligro la seguridad de usuarios y personal a su alrededor (golpes, rayaduras, tornillos faltantes, etc.)	No cumple	Instrumental sí
47	Montaje, sujeción y ventilación segura.	No cumple	Instrumental sí
48	Circuitos están debidamente identificados y rotulados.	No cumple	Instrumental sí
49	Tuberías adecuadamente acopladas a los tableros, canalizaciones libres de filos, selladas adecuadamente para impedir el ingreso de humedad.	No cumple	Instrumental sí
50	Interruptores con protección de falla a tierra (GFCI) en casos donde aplique.	No cumple	---
51	Interruptores con protección de falla de arco (AFCI) en casos donde aplique.	No cumple	---
52	Capacidad nominal de los interruptores de acuerdo con la ampacidad de los conductores.	No cumple	---
53	Existen conexiones idóneas de los cables a las terminales.	No cumple	Sótano sí
54	Conexiones de los ductos barras a las terminales de breakers de los tableros adecuadas.	Cumple	---
55	Puesta a tierra de la carcasa.	No cumple	Sótano sí
56	Estado físico de los conductores y barras de los tableros y protecciones. Evidencia corrosión o daños.	No cumple	Sótano sí
57	Cuenta con identificación de peligro - equipo eléctrico.	No cumple	Sótano sí
58	Instalación adecuada de supresor de transientes.	Cumple	---

59	Hay presencia de varios conductores en un terminal no listado para ello.	Cumple	---
60	Existen documentos de pruebas de funcionamiento del interruptor principal, apertura y cierre sin carga. Indique en los comentarios si realizó dicha prueba.	No indica	Fuerza y luz
61	Se comprobó el buen funcionamiento de los interruptores ramales mediante prueba de apertura y cierre con o sin carga.	No cumple	---
62	Existe un procedimiento de las pruebas de funcionamiento de los parámetros de ajuste de los interruptores ramales.	No cumple	---
63	Existe procedimiento de aplicación del par torque de conexión de los cables de acuerdo con los datos del fabricante.	No indica	OEPI
64	Existe procedimiento de mantenimiento preventivo (estudio infrarrojo, ultrasonido, resistencia de contactos, etc.)	No indica	OEPI
65	Indique Resultado de la medición de voltaje tierra a neutro.	No indica	OEPI
66	Indique el resultado de la medición de voltaje Fase a Fase.	No indica	OEPI
67	Indique el resultado de la medición de voltaje Fase a neutro.	No indica	OEPI
68	Existe continuidad entre conductores neutros y conductores de puesta a tierra.	No indica	OEPI
69	Concuerdan los datos técnicos del equipo con los mostrado en planos.	No indica	OEPI
70	Existen corrientes en el conductor de puesta a tierra del circuito alimentador.	No indica	OEPI
71	Requiere el tablero de una evaluación en campo del certificado de seguridad por modificaciones o uso indebido	No indica	OEPI

Conductores			
72	El uso del tipo de aislamiento y ampacidad de los conductores es correcto.	No cumple	Sótano sí
73	Hay evidencia física de que el aislamiento esté en buen estado.	Cumple	---
74	Uso de colores permitido para conductor de puesta a tierra es correcto.	No cumple	Sótano sí
75	Uso de colores permitido para conductor puesto a tierra (neutro) es correcto.	No cumple	Sótano sí
76	Existen algún código de colores para conductores no puestos a tierra. Aclare en los comentarios.	No cumple	Sótano sí
77	Se tiene uso de color naranja para conductor de fase elevada en el centro.	No cumple	---
78	El radio de curvatura de conductores es adecuado.	Cumple	---
79	Terminales de cables son adecuados.	No cumple	Sótano sí
Canalizaciones, cajas de registro y de conexiones			
80	Acceso y conservación de las canalizaciones y registros adecuados.	Cumple	---
81	Montaje y sujeción segura.	Cumple	---
82	Están protegidas de daños mecánicos en los pasos de muros y suelos.	Cumple	---
83	Cuentan con requerimientos de dimensionamiento y llenado adecuados.	Cumple	---
84	Las conexiones en cajas de distribución adecuadas.	Cumple	---
85	La instalación eléctrica se instaló de tal forma que no aumente significativamente la posibilidad de propagación del fuego o de los productos de combustión.	No cumple	Sótano sí

86	Las canalizaciones son permitidas para el tipo de ocupación (uso de PVC, EMT, IMC, etc.).	No cumple	Sótano sí
87	Existe el uso de aislador en tubería a partir de cable calibre 4 AWG.	No cumple	Sótano sí
88	Existe el uso de un anillo de puesta a tierra cuando se requiere.	Cumple	---
89	Canalizaciones y medios de soporte se utilizan según instrucciones y poseen los accesorios adecuados.	Cumple	---
90	Las curvaturas de las tuberías entre registros no superan los 360 grados mecánicos.	Cumple	---
Tomacorrientes y apagadores			
91	Estado físico de los tomacorrientes y apagadores. Evidencia de daño físico, eléctrico o mecánico.	Cumple	---
92	Montaje y sujeción segura.	Cumple	---
93	El estado físico del equipo es tal que no representa un riesgo para el personal que lo opera o lo rodea.	Cumple	---
94	Existen protecciones, controles y cables listados acordes con sus características eléctricas.	Cumple	---
95	Existe la identificación del circuito y tablero en cada dispositivo.	No cumple	Sótano sí
96	Hay protecciones GFCI, AFCI y otros donde aplique.	No indica	Ingeniería no lo pidió
97	Se usan los accesorios para protección contra condiciones ambientales.	Cumple	---
Motores			
98	Placa de datos legible y disponible en el equipo.	Cumple	---

99	Equipo, componentes y conexiones están debidamente rotulados.	Cumple	---
100	El estado físico del equipo es tal que no representa un riesgo para el personal que lo opera o lo rodea.	Cumple	---
101	Montaje, sujeción y ventilación segura.	Cumple	---
102	Protecciones, controles y cables listados acordes con sus características eléctricas.	Cumple	---
103	Identificación del circuito y tablero en cada dispositivo.	Cumple	---
104	Etiquetas de advertencia de peligro de electrocución.	No cumple	---
105	Los retiros y espacios de trabajo están en cumplimiento con normativa.	No cumple	---
106	Existe bitácora de mantenimiento.	No cumple	---
107	Conexiones de los cables a los terminales adecuados.	No cumple	---
108	Puesta a tierra de la carcasa correcta.	No cumple	---
109	Conexiones de los conductores libres de corrosión.	Cumple	---
110	El dispositivo de desconexión está a la vista y fácilmente accesible.	Cumple	---
111	Existe un protocolo de prueba de tensión eléctrica, intensidad de corriente y rotación de fases.	No cumple	Pero se le da mantenimiento
112	Existe procedimiento de aplicación del par de apriete de conexión de los cables de acuerdo con los datos del fabricante.	Cumple	---
113	Concuerdan los datos técnicos del equipo con los mostrados en planos.	No cumple	Muy viejos

UPS			
114	Placa de datos legible y disponible en el equipo.	No cumple	Sólo sótano, laboratorios 109, 227, 223 y 233.
115	Equipo, componentes y conexiones están debidamente rotulados.	Cumple	---
116	El estado físico del equipo es tal que no representa un riesgo para el personal que lo opera o lo rodea.	Cumple	---
117	Montaje, sujeción y ventilación segura.	Cumple	---
118	Protecciones, controles y cables listados acordes con sus características eléctricas.	Cumple	---
119	Existe una bitácora de mantenimiento.	No cumple	---
120	Interruptor de derivación externo tiene certificado de seguridad y su instalación es adecuada.	No cumple	Sótano sí
121	En caso de inversores para uso en sistemas de emergencia, tienen certificado de seguridad y su instalación es adecuada.	No indica	---
122	Concuerdan los datos técnicos del equipo con los mostrado en planos.	No indica	---
Equipos A/C y ventilación			
123	Placa de datos legible y disponible en el equipo.	No cumple	Sótano sí
124	Equipo, componentes y conexiones están debidamente rotulados.	No cumple	Sótano sí
125	El estado físico del equipo es tal que no representa un riesgo para el personal que lo opera o lo rodea.	No cumple	Sótano sí
126	Montaje, sujeción y ventilación segura.	No cumple	Sótano sí

127	Protecciones, controles y cables listados acordes con sus características eléctricas.	No cumple	Sótano sí
128	El método de desconexión está a la vista y fácilmente accesible.	No cumple	Sótano sí
129	Gabinete del medio de desconexión es el idóneo y está identificado.	No cumple	Sótano sí
130	Existe bitácora de mantenimiento.	No cumple	Sótano sí
131	Concuerdan los datos técnicos del equipo con los mostrado en planos.	No cumple	Sótano sí
Planta de emergencia (grupo electrógeno)			
132	Placa de datos legible y disponible en el equipo.	No indica	OSG
133	Equipo, componentes y conexiones están debidamente rotulados.	No indica	OSG
134	Estado general de los equipos y sus componentes evidencia daños o evidencia de manipulación que pongan en peligro la seguridad de usuarios y personal a su alrededor (golpes, rayaduras, tornillos faltantes, etc.)	No indica	OSG
135	Montaje, sujeción y ventilación segura.	No indica	OSG
136	Protecciones, controles y cables listados acordes con sus características eléctricas.	No indica	OSG
137	Retiros y espacios de trabajo en cumplimiento con normativa.	No indica	OSG
138	Etiquetas de advertencia de peligro de electrocución.	No indica	OSG
139	Puesta a tierra de la carcasa correcta.	No indica	OSG
140	Estado de los conductores y barras, verificando que no se encuentren dañados y que estén etiquetados.	No indica	OSG
141	Están las conexiones de los conductores libres de corrosión.	No indica	OSG

142	Existe bitácora de mantenimiento.	No indica	OSG
143	Existe prueba de tensión eléctrica, intensidad de corriente y rotación de fases. Indique los valores en comentarios.	No indica	OSG
144	Existen pruebas de funcionamiento de los interruptores de transferencia, apertura y cierre sin carga. Indique el resultado en comentarios.	No indica	OSG
145	Existen pruebas de funcionamiento de los bloqueos eléctricos y mecánicos de la transferencia. Indique el resultado en comentarios.	No indica	OSG
146	Existen pruebas de funcionamiento de los parámetros de ajuste de los interruptores de transferencia.	No indica	OSG
147	Existe procedimiento de mantenimiento preventivo con el par de apriete de conexión de los cables de acuerdo con los datos del fabricante.	No indica	OSG
148	Concuerdan los datos técnicos del equipo con los mostrado en planos.	Cumple	OSG
Alarmas contra incendios			
149	¿La instalación cuenta con un sistema de detección y alarma contra Incendios? Especifique si se requiere y las características de este en los comentarios.	No cumple	Sótano sí
150	Equipo, componentes y conexiones están debidamente rotulados. Placa de datos legible y disponible en el equipo.	No cumple	---
151	El estado general de los equipos y sus componentes evidencia daños o evidencia de manipulación que pongan en peligro la seguridad de usuarios y personal a su alrededor (Indique en comentarios si hay golpes, rayaduras, tornillos faltantes, etc.)	Cumple	---
152	Los retiros y espacios de trabajo están en cumplimiento con la normativa.	Cumple	---
153	Hay un circuito dedicado de alimentación del panel de control.	Cumple	---

154	Conductores de los lazos son listados acordes con sus características eléctricas	Cumple	---
155	Dispositivos de detección y anunciación son listados.	Cumple	---
156	Canalización es adecuada y en buen estado.	Cumple	---
157	Existen pruebas del sistema validadas por la autoridad competente. Indicar fecha de última vista.	No indica	Jorge Cerdas seguridad electrónica
158	Existe bitácora de mantenimiento, memoria de cálculo, pruebas de baterías y matriz de eventos.	No indica	Jorge Cerdas seguridad electrónica
Luminarias			
159	Las luminarias tienen certificado de seguridad (listado).	No cumple	---
160	La luminaria es apta para la aplicación.	Cumple	---
161	La luminaria está en buen estado y soportada adecuadamente.	No cumple	---
162	La conexión hacia la luminaria es adecuada.	Cumple	---
163	La luminaria tiene la identificación del circuito y tablero.	No cumple	---
164	El circuito de iluminación cuenta con el conductor de puesta tierra.	No cumple	---
165	Luminarias de emergencia operan adecuadamente según normativa vigente y son listadas para su uso.	No cumple	---
166	Rótulos iluminados operan adecuadamente.	Cumple	---
167	La distribución de iluminación de emergencia coincide con lo mostrado en planos.	No cumple	---

168	Existe un protocolo de pruebas a sistemas de iluminación de emergencia.	No cumple	La universidad no lo aplica hace 12 años.
169	Concuerdan los datos técnicos del equipo con los mostrado en planos.	No cumple	---
Coordinación selectiva			
170	<p><i>“Artículo 620 ascensores, pequeños ascensores de carga, escaleras mecánicas, pasillos móviles, ascensores de plataforma y elevadores para sillas.”</i></p> <p>Cuando más de un medio de desconexión de máquinas de accionamiento sean alimentados por un solo alimentador, los dispositivos de protección contra sobrecorriente en cada medio de desconexión deben estar coordinados selectivamente con cualquier otro dispositivo de protección contra sobrecorriente instalado en el lado de la alimentación. Indique si se tiene esta condición.</p>	Cumple	Protección por sobrecarga 1280 no funciona luz no hay carga que permite salir a personas en el piso más cercano
171	<p><i>“Artículo 695 Bombas contra incendio”</i></p> <p>El(los) dispositivo (s) de protección contra sobrecorriente en cada medio de desconexión se debe(n) coordinar selectivamente con cualquier otro dispositivo de protección contra sobrecorriente del lado de la alimentación. Indique si se tiene esta condición.</p>	No cumple	----
172	<p><i>“Artículo 700 sistemas de emergencia”</i></p> <p>Los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los sistemas de emergencia deben estar coordinados de manera selectiva con todos los dispositivos de protección contra sobrecorriente del lado de alimentación. Indique si se tiene esta condición.</p>	No cumple	---
Lugares clase I			
173	Confirme la clasificación del área, clase, división o zona, y grupo. Indíquelo en los comentarios.	No indica	---

174	Verifique la idoneidad del alambrado usado. Indique en caso contrario los comentarios.	No indica	---
175	Verifique que los sellos están adecuadamente instalados. Indique en caso contrario en los comentarios.	No indica	---
176	Verifique que cuando se utilicen conexiones flexibles, estos deben ser aprobados para la clase correspondiente. Indique en caso contrario en los comentarios.	No indica	---
177	Los cordones flexibles y tomacorrientes están aprobados para la clase correspondiente.	No indica	---
178	La temperatura de los equipos no es mayor a la temperatura de ignición de los gases o vapores.	No indica	---
179	Los equipos tales como motores, transformadores, dispositivos contra sobrecorriente, interruptores, controladores, luminarias, calentadores y pequeños artefactos y envoltentes deben estar identificados para la clasificación correspondiente.	No indica	---
180	Es adecuada la puesta a tierra, puentes de unión, desconectador principal del edificio o sistemas derivado separado.	No indica	---
181	Son los circuitos ramales multiconductores permitidos según la clasificación	No indica	---
Lugares clase II			
182	Confirme la clasificación del área, clase, división o zona, y grupo. Indíquelo en los comentarios	No indica	---
183	Verifique la idoneidad del alambrado usado. Indique en caso contrario sus comentarios.	No indica	---
184	Verifique que los sellos están adecuadamente instalados, así como canalizaciones y envoltentes. Indíquelo en caso contrario en los comentarios.	No indica	---
185	Verifique que cuando se utilicen conexiones flexibles, estos deben ser aprobados para la Clase correspondiente.	No indica	---

186	Los cordones flexibles y tomacorrientes están aprobados para la Clase correspondiente.	No indica	---
187	¿La temperatura de los equipos no es mayor a la temperatura de ignición de los polvos?	No indica	---
188	Los equipos tales como motores, transformadores, dispositivos contra sobrecorriente, interruptores, controladores, luminarias, calentadores y pequeños artefactos y envolventes están identificados para la clasificación correspondiente.	No indica	---
189	Es adecuada la puesta a tierra, puentes de unión, desconectador principal del edificio o sistemas derivado separado.	No indica	---
190	Son los circuitos ramales multiconductores permitidos según la clasificación.	No indica	---
Lugares clase III			
191	Confirme la clasificación del área, clase, división o zona, y grupo. Indíquelo en los comentarios.	No indica	---
192	Verifique la idoneidad del alambrado usado. Indique en caso contrario en los comentarios	No indica	---
193	Verifique que cuando se utilicen conexiones flexibles, estos deben ser aprobados para la Clase correspondiente. Indíquelo en caso contrario en los comentarios	No indica	---
194	Los cordones flexibles y tomacorrientes están aprobados para la clase correspondiente.	No indica	---
195	La temperatura de los equipos es aceptable para las condiciones del sitio.	No indica	---
196	Los equipos tales como motores, transformadores, dispositivos contra sobrecorriente, interruptores, controladores, luminarias, calentadores y pequeños artefactos y envolventes están identificados para la clasificación correspondiente.	No indica	---
197	Es adecuada la puesta a tierra, puentes de unión, desconectador principal del edificio o sistemas derivado separado.	No indica	---
198	Las instalaciones de grúas, montacargas y cargadores tienen una ubicación e instalación apropiadas.	No indica	---

Anexo III. Lista de verificación utilizada por la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica para identificar de riesgos de incendios bajo el método MESERI

Factores propios de las instalaciones		
Factor	Indicador	Indicador actual
Altura del edificio ¹	Menor que 6 m	Entre 15 y 20 m
	Entre 6 y 12 m	
	Entre 15 y 20 m	
	Más de 30 m	
Número de pisos ²	1 ó 2	3
	3, 4 ó 5	
	6, 7, 8 ó 9	
	10 o más	
Superficie mayor sector de incendio ³	De 0 a 500 m ²	De 1501 a 2500 m ²
	De 501 a 1500 m ²	
	De 1501 a 2500 m ²	
	De 2501 a 3500 m ²	
	De 3501 a 4500 m ²	
	Más de 4500 m ²	
Techos falsos ⁴	Sin techos falsos	Con techos falsos incombustibles
	Con techos falsos incombustibles	
	Con techos falsos combustibles	
Distancia de bomberos - tiempo ⁵	Menor a 5 km - 5 minutos	Menor a 5 km - 5 minutos
	Entre a 5 y 10 km - 5 y 10 minutos	
	Entre a 10 y 15 km - 10 y 15 minutos	
	Entre a 15 y 25 km - 15 y 25 minutos	
	Más de 25 km - 25 minutos	
Ancho vía de acceso	> 4 m	> 4 m
	2 – 4 m	
	< 2 m	
	No existe	
Número de fachadas	3	1
	2	
	1	
	0	
Distancia entre puertas	> 25 m	< 25 m
	< 25 m	
Peligro de activación	Materias primas o acabados M.0 y M.1	Materias primas o acabados M.0 y M.1
	Materias primas o acabados M.2 y M.3	
	Materias primas o acabados M.4 y M.5	
Orden y limpieza	Alto	Medio
	Medio	
	Bajo	

Almacenamiento en altura	Menor a 2 m	Menor a 2 m
	Entre 2 y 4 m	
	Más de 6 m	
Factor de concentración	Menor de 50000 pts/m ²	Más de 200000 pts/m ²
	Entre 50000 y 200000 pts/m ²	
	Más de 200000 pts/m ²	
Propagabilidad en vertical	Baja	Media
	Media	
	Alta	
Propagabilidad en horizontal	Baja	Media
	Media	
	Alta	
Destrucción por calor	Baja	Alta
	Media	
	Alta	
Destrucción por humo	Baja	Media
	Media	
	Alta	
Destrucción por corrosión	Baja	Alta
	Media	
	Alta	
Destrucción por agua	Baja	Baja
	Media	
	Alta	
Factores de protección		
Factor	Indicador	Condición actual
Extintores portátiles	Sin vigilancia de mantenimiento	Con vigilancia de mantenimiento
	Con vigilancia de mantenimiento	
Bocas de incendio equipadas	Sin vigilancia de mantenimiento	Sin vigilancia de mantenimiento
	Con vigilancia de mantenimiento	
Columnas hidrantes exteriores	Sin vigilancia de mantenimiento	Sin vigilancia de mantenimiento
	Con vigilancia de mantenimiento	
Detección automática de incendios	Sin vigilancia de mantenimiento	Sin vigilancia de mantenimiento
	Con vigilancia de mantenimiento	
Rociadores automáticos	Sin vigilancia de mantenimiento	Sin vigilancia de mantenimiento
	Con vigilancia de mantenimiento	
Instalaciones fijas de extinción por agentes gaseosos	Sin vigilancia de mantenimiento	Sin vigilancia de mantenimiento
	Con vigilancia de mantenimiento	

1: si el edificio tiene distintas alturas y la parte más alta ocupa 75% de la superficie en planta de todo el conjunto se tomará el coeficiente de esa altura. Si es inferior al 25% se tomará el del resto del edificio.

2: se tomará el valor del coeficiente menor entre el número de pisos y la altura del edificio.

3: se entiende como sector de incendio a la zona limitada por elementos resistentes al fuego por 120 minutos. Si el edificio es aislado se tomará su superficie real.

4: se entiende como tal a los recubrimientos de la parte superior de estructura (aislante térmico, acústico o decoración).

5: se tomará el tiempo preferentemente al coeficiente al tiempo de respuesta de los bomberos, utilizándose la distancia al parque únicamente a título orientativo.

Anexo IV. Identificación de peligros y riesgos estructurales en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Identificación de peligros y riesgos estructurales			
Aspecto	Peligros		Riesgo
	Descripción	Clasificación	
Construcción	No se indica información sobre el tipo de construcción del edificio.	Estructural	Puede que el tipo construcción ceda o falle.
	Los espacios internos cuentan con acabados o componentes combustible como por ejemplo madera.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
	No se incluye compartimentación para zonas de incendio, que no sea la escalera que comunica al sótano.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
	No se indica información sobre la compartimentación o barreras corta fuegos que se basen en alguna normativa vigente.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
	No se indica información sobre materiales o espacios que sean resistentes a fuego.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
	No se cuenta con información sobre las cortinas exteriores o juntas perimetrales.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
	No cuenta con clapetas corta humo, protecciones para aberturas o muros contra fuego de alto desafío.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
	No se indica información sobre conductos verticales.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
	No se cuenta con pisos entre plantas que funcionen como barreras corta humo.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
	No se indica información sobre la normativa que se involucra en espacios de comunicación en el edificio.	Estructural	Puede que el tipo construcción ceda o falle.
Tanque de gas licuado de petróleo	No cumple con la documentación que demuestre la ubicación y simbología utilizada para el sistema del tanque.	Estructural	Puede que el funcionamiento del tanque falle.
	No es de fácil acceso o no se especifican las características técnicas.	Estructural	Puede que el funcionamiento del tanque falle.
Tanque de gas licuado de petróleo	No se indica información sobre las especificaciones técnicas de las tuberías.	Estructural	Puede que el funcionamiento del tanque falle.

	No se cuenta con documentación sobre las conexiones de las tuberías a equipos de consumo.	Estructural	Puede que el funcionamiento del tanque falle.
	No se indica información sobre el sistema de regulación.	Estructural	Puede generarse una explosión.
	No cumple con el sistema de detección y control de fugas.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
	No cumple con el sistema fijo de protección contra incendios.	Estructural	Puede propagarse con mayor facilidad un incendio.
Acceso por parte del Cuerpo de Bomberos	No se cuenta con documentación sobre la ruta de acceso para los vehículos de bomberos.	Estructural	Aumento en tiempo de respuesta por parte de bomberos.
	No se cuenta con una ruta de acceso óptima con un vehículo de bomberos.	Estructural	Aumento en tiempo de respuesta por parte de bomberos.
	No cuenta con las dimensiones óptimas de altura, ancho y radio de giro para un vehículo de bomberos.	Estructural	Aumento en tiempo de respuesta por parte de bomberos.
Hidrantes	No se indica información sobre certificaciones.	Estructural	Puede que el funcionamiento del hidrante falle.
	No se indica información sobre las tuberías, válvulas e instalación del hidrante.	Estructural	Puede que las tuberías o válvulas no funcionen.
	La ubicación del hidrante no cumple con los requisitos establecidos.	Estructural	Aumento en tiempo de respuesta por parte de bomberos.
	No se indica información sobre los tanques de reserva, memoria de cálculo e hidrante de succión.	Estructural	Puede que el funcionamiento del hidrante falle.

Anexo V. Identificación de peligros y riesgos asociados al sistema eléctrico en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Identificación de peligros y riesgos asociados al sistema eléctrico			
Aspecto	Peligros		Riesgo
	Descripción	Clasificación	
Documentación	No cuenta con planos y documentación del sistema eléctrico actual.	Estructural	Puede que se encuentre en malas o inadecuadas condiciones y se genere una falla eléctrica.
	Los materiales no cuentan con evaluación o certificados que garanticen seguridad.	Estructural	Puede que se encuentre en malas o inadecuadas condiciones y se genere una falla eléctrica.
Transformadores principales	Los equipos no se encuentran rotulados.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	Los transformadores presentan daño físico.	Eléctrico	Reducción en el aislamiento y sobrecalentamiento.
	Retiros y espacios de trabajo no cumplen con la normativa.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	No se define pruebas HIPOT, calidad de la energía y medición de la resistencia.	Eléctrico	Reducción del aislamiento y shock eléctrico.
	No cuenta con bitácora de mantenimiento.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	Sistema de puesta a tierra no cuenta con la normativa.	Eléctrico	Pueden dejar pasar tensiones peligrosas que pueden generar un incendio.
Sistema puesta a tierra	Sistema de puesta a tierra no cuenta con la normativa.	Eléctrico	Pueden dejar pasar tensiones peligrosas que pueden generar un incendio.
	No cuenta con bitácora de mantenimiento.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No se definen intensidades de corriente.	Eléctrico	Pueden dejar pasar tensiones peligrosas que pueden generar un incendio.
	No se definen protocolos de pruebas de medición.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No se define la continuidad entre los conductores a tierras y las conexiones equipotenciales.	Eléctrico	Pueden dejar pasar tensiones peligrosas que pueden generar un incendio.

Espacios físicos de los cuartos eléctricos	No cumple con los accesos indicados en la sección 110.26 de la NEC-NFPA 70.	Eléctrico	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	Los espacios de trabajo o donde se encuentran equipos se utilizan para almacenaje.	Eléctrico	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
Transformadores de baja tensión	Los equipos no se encuentran rotulados.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	Los transformadores presentan daño físico.	Eléctrico	Reducción del aislamiento y shock eléctrico.
	Retiros y espacios de trabajo no cumplen con la normativa.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	Sistema de puesta a tierra no cuenta con la normativa.	Eléctrico	Pueden dejar pasar tensiones peligrosas que pueden generar un incendio.
	No cuenta con protocolo de aplicación del par de apriete en los terminales eléctricos.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
Tableros y protecciones	Los tableros y circuitos no se encuentran identificados para la operación segura.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	Los tableros, conductores, y protecciones presentan daño.	Eléctrico	Reducción del aislamiento y shock eléctrico.
	Montaje, sujeción y ventilación insegura.	Eléctrico	Puede generar una chispa que genere un incendio o explosión.
	No cuenta con interruptores de protección a tierra o arco.	Eléctrico	Pueden dejar pasar tensiones peligrosas que pueden generar un incendio.
	No cuenta con conexiones idóneas.	Eléctrico	Puede generar una chispa que genere un incendio o explosión.
	No cumple con la capacidad nominal de los interruptores de acuerdo con la ampacidad de los conductores.	Eléctrico	Puede generar un cortocircuito que genere un incendio o explosión.
	No se indica información o documentación de pruebas de funcionamiento.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
Conductores	No cumple con el tipo de aislamiento y ampacidad de los conductores.	Eléctrico	Puede generar un cortocircuito que genere un incendio o explosión.

	No cumple con el uso de código de colores.	Eléctrico	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	Las terminales de los cables no son las adecuadas.	Eléctrico	Puede generar un cortocircuito que genere un incendio o explosión.
Canalizaciones, cajas de registro y de conexiones	La instalación eléctrica no se instaló de forma que no aumente la posibilidad de propagación del fuego o de productos de combustión.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No cuenta con canalizaciones permitidas para el tipo de ocupación.	Eléctrico	Pueden funcionar como propagador de la llama en caso de incendio.
	No cuenta con aislador de tubería a partir de cable 4 AWG.	Eléctrico	Aumenta la posibilidad de incendio.
Tomacorrientes y apagadores	Algunos tomacorrientes y apagadores presentan daño físico.	Eléctrico	Puede generar una chispa que genere un incendio o explosión.
	No indica si se cuenta con protecciones GFCI y AFCI.	Eléctrico	Puede generar una sobrecarga que genere un incendio o explosión.
Motores	No cuenta con etiquetas de peligro de electrocución.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	No cuenta con bitácora de mantenimiento.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	Retiros y espacios de trabajo no cumplen con la normativa.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	No cuenta con conexiones de los cables terminales adecuadas.	Eléctrico	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No cuenta con puesta a tierra de la carcasa de forma correcta.	Eléctrico	Pueden dejar pasar tensiones peligrosas que pueden generar un incendio.
	No se definen protocolos de pruebas de medición.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
UPS	Los equipos no se encuentran rotulados.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	No cuenta con bitácora de mantenimiento.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No cuenta con planos.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.

	Los materiales no cuentan con evaluación o certificados que garanticen seguridad.	Eléctrico	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
Equipos A/C y ventilación	Los equipos no se encuentran rotulados.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	Montaje, sujeción y ventilación insegura.	Eléctrico	Puede generar una chispa que genere un incendio o explosión.
	Protecciones, cables y controles no cumplen con características eléctricas.	Eléctrico	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica
	El método de desconexión no se encuentra a la vista o de fácil acceso. Gabinete de desconexión no está identificado.	Eléctrico	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica
	No cuenta con bitácora de mantenimiento.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No cuenta con planos.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
Alarmas contra incendios	Los equipos no se encuentran rotulados.	Estructural	Aumenta la posibilidad de que por un error humano se dé una falla eléctrica.
	No se indica con bitácora de mantenimiento.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No se indican pruebas del sistema.	Eléctrico	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
Luminarias	Los materiales no cuentan con certificados que garanticen seguridad.	Eléctrico	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No se encuentra en buen estado o soporta adecuadamente.	Eléctrico	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No cuenta con conductor de puesto a tierra.	Eléctrico	Pueden dejar pasar tensiones peligrosas que pueden generar un incendio.
	No cuenta con planos.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.
	No se definen protocolos de pruebas de medición.	Estructural	Mal manejo del sistema eléctrico puede generar un incendio o explosión.

Anexo VI. Identificación de peligros y riesgos ambientales en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica

Identificación de peligros y riesgos asociados al ambiente			
Aspecto	Peligros		Riesgo
	Descripción	Clasificación	
Deslizamientos	Erosión intensa.	Ambiental	Pérdida estructural
	Ruptura o agrietamiento del suelo.	Ambiental	Incendio o explosión debido a un cortocircuito
Inundaciones	Pérdida de capacidad en el lecho del cauce, causando desborde de ríos.	Ambiental	Pérdida estructural
Sismos	Ruptura o agrietamiento del suelo o infraestructura.	Ambiental	Pérdida estructural
Extracción de aire mediante extractores de pared	Liberación no contralada de sustancias contaminantes.	Ambiental	Contaminación del aire
	Contacto prolongado de sustancias corrosivos.	Ambiental	Corrosión de tuberías
Extracción de aire mediante capillas extractoras	Liberación no contralada de sustancias contaminantes.	Ambiental	Contaminación del aire
	Contacto prolongado de sustancias corrosivos.	Ambiental	Corrosión de tuberías
Vertido de aguas de procesos	Liberación no contralada de sustancias contaminantes.	Ambiental	Contaminación del agua
	Contacto prolongado de sustancias corrosivos.	Ambiental	Corrosión de tuberías