

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y
COMPORTAMIENTO HUMANO**

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO EN LAS BODEGAS DE
MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS DEL CUERPO DE BOMBEROS
QUITO Y DISEÑO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE
PROTECCIÓN DE INCENDIOS”**

Realizado por:

ANDRES VLADIMIR CASTILLO ORTIZ

Director del proyecto:

ING. ALONSO ARIAS B.

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Quito, 08 de Julio de 2015

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, ANDRÉS VLADIMIR CASTILLO ORTIZ, con cédula de identidad # 171529388-0, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Andrés Vladimir Castillo Ortiz

C.C.: 171529388-0

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO EN LAS BODEGAS DE
MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS DEL CUERPO DE BOMBEROS QUITO Y
DISEÑO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE PROTECCIÓN DE
INCENDIOS”**

Realizado por:

ANDRÉS VLADIMIR CASTILLO ORTIZ

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Ha sido dirigido por el ingeniero

ALONSO ARIAS B.

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Alonso Arias B.

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

CARLOS JUAN CANCHING LOYA

LUIS FERNANDO FREIRE CONSTANTE

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador

CARLOS CANCHING

LUIS FREIRE

Quito, 08 de Agosto del 2015

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a hijo Nicolás al cual siempre lo llevo en mis pensamientos y es parte de mi inspiración para ser mejor cada día.

AGRADECIMIENTO

A los profesores que a lo largo de mi carrera profesional han aportado no solo con sus conocimientos, sino con los valores de trabajo, seriedad y respeto necesarios para alcanzar logros en la vida.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 El problema de investigación.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema	2
1.1.1.1 Diagnostico.....	3
1.1.1.2 Pronostico	4
1.1.1.3 Control del pronóstico	6
1.1.2 Objetivo general	6
1.1.3 Objetivo especifico.....	7
1.1.4 Justificación.....	8
1.2 Marco teórico.....	9
1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema	23
1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica	26
1.2.3 Hipótesis.....	27
1.2.4 Identificación y caracterización de las variables.....	27
MÉTODO	29
2.1 Tipo de estudio	29
2.2 Modalidad de la investigación	29
2.3 Método.....	30
2.4 Población y muestra.....	30
2.5 Selección de instrumentos de investigación	31
2.5.1 Descripción del método.....	32
2.5.2 Contenido del método	33
2.5.2.1 Definiciones.....	33
2.5.2.2 Designaciones.....	34
2.5.3 Elaboración del método.....	37
2.5.3.1 Exposición al riesgo	37
2.5.3.2 Exposición al riesgo de incendio.....	38
2.5.3.3 Riesgo de incendio aceptado	44
2.5.3.4 Prueba de que la seguridad contra incendio es suficiente	45
RESULTADOS	47
3.1 Presentación y análisis de resultados	47

DISCUSIÓN	84
4.1 Conclusiones.....	84
4.2 Recomendaciones	85
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS.....	89
ANEXO A: PLANOS ARQUITECTÓNICOS	89
ANEXO B: HOJA DE CALCULO MÉTODO GRETENER	89
ANEXO C: CARGAS TÉRMICAS MOBILIARIAS Y FACTORES DE INFLUENCIA PARA DIVERSAS ACTIVIDADES	89
ANEXO D: RESUMEN DE CUADROS METODOLOGÍA GRETENER	89
ANEXO E: HOJA ELECTRÓNICA DEL CÁLCULO HIDRÁULICO	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de problemas	3
Figura 2: Energía liberada por incendio en bodegas	5
Figura 3: Árbol de objetivos	7
Figura 4: Daños ocasionados por incendios en bodegas	24
Figura 5: Curva de desempeño de la bomba principal	75
Figura 6: Curva de desempeño de la bomba auxiliar	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de la prevención de incendios	17
Tabla 2: Distribución de las mercancías según tipo de bodegas	31
Tabla 3: Método de evaluación para análisis de riesgo de incendio	32
Tabla 4: Aplicación del método GRETENER en bodega tipo galpón	50
Tabla 5: Hoja de cálculo GRETENER en bodega tipo galpón.....	51
Tabla 6: Aplicación del método GRETENER en bodega tipo edificio bajo	54
Tabla 7: Hoja de cálculo GRETENER en bodega tipo edificio bajo	57
Tabla 8: Resumen de análisis de resultados obtenidos.....	58
Tabla 9: Análisis de resultados según tipo de concepto	59
Tabla 10: Análisis comparativo del método con la exigencia normativa.....	60
Tabla 11: Medidas para prevenir la ignición	62
Tabla 12: Criterios para selección de pararrayo	63
Tabla 13: Criterios para la protección estructural	63
Tabla 14: Criterios para la compartimentación sala de bombas.....	64
Tabla 15: Especificaciones de los medios de egreso.....	65
Tabla 16: Especificaciones de la Iluminación de emergencia.....	66
Tabla 17: Especificaciones para los rótulos de señalización.....	67
Tabla 18: Criterios para selección del panel de control.....	68
Tabla 19: Criterios para la protección estructural	69
Tabla 20: Especificaciones para aparatos de notificación	70
Tabla 21: Especificaciones dispositivos iniciadores de alarma y supervisión	70
Tabla 22: Criterios para la instalación del sistema de rociadores automáticos	72
Tabla 23: Criterios para la instalación de conexiones de manguera.....	73
Tabla 24: Criterios para la instalación de conexiones de manguera.....	73
Tabla 25: Especificaciones para la bomba principal contra incendios.....	74
Tabla 26: Especificaciones para la bomba auxiliar contra incendios.....	75
Tabla 27: Accesorios principales del sistema.....	76
Tabla 28: Especificaciones de la boca de impulsión	77
Tabla 29: Criterios para la autonomía eléctrica.....	77
Tabla 30: Criterios para el suministro de agua	78
Tabla 31: Criterios para la selección de extintores.....	78

Tabla 32: Criterios para la selección de extintores.....	79
Tabla 33: Simulación de aplicación del método GRETENER en bodega tipo galpón	80

RESUMEN

Toda actividad de almacenamiento de mercancías implica riesgo de incendio, situación que amerita ser estudiada ya que en caso de materializarse, el daño a las personas, bienes, ambiente y continuidad del servicio a la comunidad son muy altos; por esta razón se realizó la evaluación del riesgo de incendio en las bodegas de materiales, equipos e insumos del Cuerpo de Bomberos Quito, a través de la aplicación del método de cálculo GRETENER. Metodología que tiene el propósito de determinar específicamente si la seguridad contra incendio actualmente instalada es aceptable. Al realizar la evaluación se demostró que en las dos edificaciones de almacenamiento la seguridad contra incendio es insuficiente por lo cual se realizó el planteamiento de la estrategia de protección de incendios encaminada directamente a aumentar significativamente la seguridad contra incendio y a la vez cumplir con la legislación local y nacional mediante la adopción de estándares internacionales para la prevención de la ignición, control del incendio mediante la construcción, sistema de detección y notificación y sistema de extinción automática y manual, medidas que al ser aplicadas mediante una simulación de cálculo se comprueba que no solo aumentarían la seguridad contra incendio en la edificación, sino también permitirían a la edificación estar auto protegida y reducir considerablemente las consecuencias que traen consigo la manifestación de los accidentes mayores como es el caso de un incendio.

ABSTRACT

The storage activities merchandise of goods involves risk of fire. Situation that deserves to be studied because if it materializes, the damage to people, property, environment and continuity of service to the community are very high, therefore the evaluation was conducted risk of fire in the warehouses of materials, equipment and supplies at Fire Department Quito, through the application of the method of GRETENER calculation methodology. Methodology that aims to specifically determine whether the currently installed fire safety is acceptable. The evaluation showed that in the two storage buildings fire safety is inadequate. The approach to fire protection strategy was conducted, it is aimed directly at significantly increasing fire safety and simultaneously we comply with local and national legislation through the adoption of international standards for the prevention of ignition, fire control by building, fire detection and notification and automatic and manual extinction. This measures to be applied by a simulation calculation it is found that not only increase fire safety in buildings, but also allow the building to be protected auto and reduce greatly, the consequences bring the event of major accidents such as a fire.

PALABRAS CLAVE

Evaluación de riesgo de incendio, seguridad contra incendio, protección contra incendios.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 El problema de investigación

El Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito, es una institución con más de 70 años de servicio abnegado a la ciudadanía, tiempo en el cual ha logrado consolidar una imagen de confianza y profesionalismo a través de su personal operativo y administrativo que hasta el momento llegan a más de 1050 personas, el contar con un alto número de personal, obedece a las necesidades de cubrir oportuna y efectivamente las necesidades de servicio hacia la ciudadanía, para lo cual la Institución aumento sus instalaciones dentro de todo el Distrito Metropolitano de Quito.

Al aumentar la infraestructura el Cuerpo de Bomberos realizo la construcción de varias edificaciones en base a la normativa de protección de incendios vigente y en función de la nómina de aquel tiempo. Entre estas edificaciones se construyó las bodegas para el almacenamiento de materiales de limpieza, suministros de oficina, equipos de protección, insumos para la atención de emergencias médicas y bienes que por su estado ya no son utilizados. Esta ocupación en la actualidad requiere ser evaluada considerando el constante crecimiento en cantidad, valor económico y características de las mercancías almacenadas.

El Cuerpo de Bomberos Quito al ser una institución de servicio público cuya misión es salvar vidas y proteger bienes, debe estar a la vanguardia en lo referente a las medidas

de protección de incendios como medios de egreso seguros, compartimentación, protección estructural, sistema de rociadores, conexiones para mangueras contra incendio, extinción portátil, sistemas de detección y alarma, de forma que estos controles garanticen al personal operativo y administrativo la logística permanente en lo referente a materiales, equipos e insumos necesarios para realizar las labores en el tiempo, calidad y con las seguridades que la ciudadanía lo demanda.

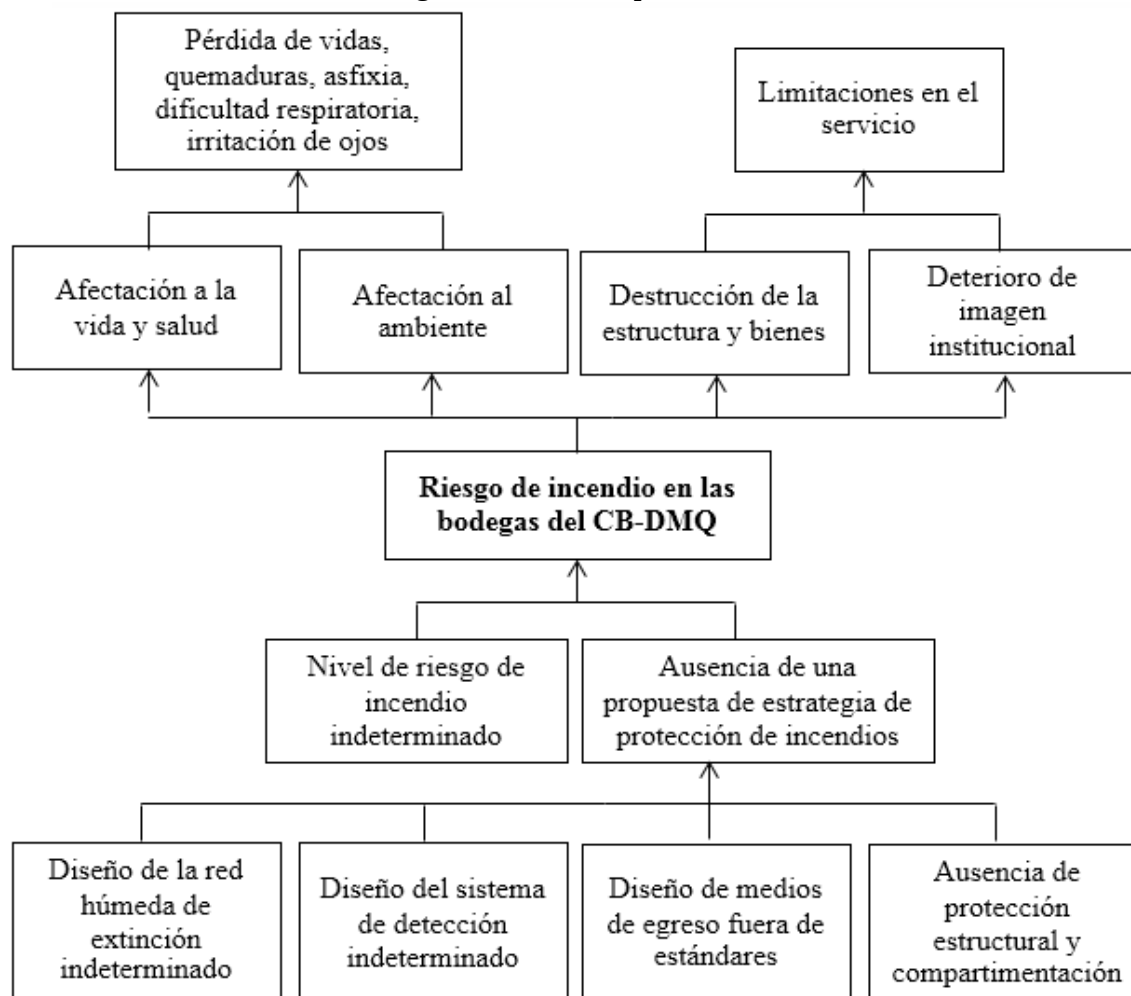
De lo expuesto anteriormente es imprescindible evaluar el riesgo de incendio existente en las bodegas y más aún establecer los criterios de protección efectivos para el control y mitigación de este tipo de riesgo, que permita a la Institución tomar las acciones preventivas y/o correctivas necesarias para evitar o reducir las afectaciones en la salud del personal de bodega, así como las pérdidas en los bienes tangibles e intangibles en caso de la materialización de un incendio.

El estudio también servirá a instituciones similares a manera de fuente de consulta para análisis cuantitativo de riesgo de incendio y la metodología para obtener los criterios de diseño para la estrategia de seguridad contra incendios.

1.1.1 Planteamiento del problema

¿Cuál es el nivel de riesgo de incendio en el almacenamiento de materiales, equipos e insumos de las bodegas del Cuerpo de Bomberos Quito y cuáles son los criterios técnicos para el diseño de la estrategia de protección de incendios que garanticen la seguridad de las personas, la continuidad del servicio y minimice las pérdidas económicas en caso de producirse un incendio?

Figura 1: Árbol de problemas



Fuente: Elaborado por el autor

1.1.1.1 Diagnostico

Las bodegas de bienes del CB-DMQ se encuentran ubicadas en el sector de Carapungo, junto a la Estación N° 14 Comandante Salomón Cevallos, en la infraestructura se encuentran implantadas dos edificaciones para el almacenamiento de mercancías; la primera construcción tipo galpón con un área de 478 m² y la segunda construcción tipo edificio de dos plantas con un área de 440 m².

En la edificación tipo galpón se encuentra almacenado mobiliario, herramientas para labor bomberil, equipos informáticos, equipos de audio y video, artefactos de línea blanca y equipos de protección personal ya utilizados por el CB-DMQ, mercancías que conforme

la legislación nacional, es responsabilidad las intuiciones publicas velar por el cuidado de los bienes, recursos y fondos públicos, previo a que estos bienes puedan ser transferidos gratuitamente (donados) o chatarrizados según el estado físico y/o funcional del bien.

En la edificación de dos plantas se encuentran almacenadas mercancías, como insumos de limpieza, suministros de oficina, insumos para la atención de emergencias médicas, medicinas, uniformes para personal administrativo, herramientas para labores bomberiles y equipo de protección personal destinado para el combate de incendios, rescate y salvamento.

Al realizar un análisis de las características de las mercancías y las condiciones del almacenamiento, se observa que en su mayoría son combustibles o en su defecto el empaque o envoltura son de materiales combustibles (cartón corrugado), situación que sumado a la ausencia de medidas de protección de incendios en las instalaciones agrava la nivel de riesgo existente en las bodegas.

1.1.1.2 Pronostico

El no realizar la correcta determinación del nivel de riesgo de incendio con la posibilidad que este peligro se materialice en las bodegas de almacenamiento de materiales, equipos e insumos, puede generar que las personas que laboran directamente en estas instalaciones pongan en riesgo su vida o salud ante la presencia de fuego, calor, gases y humos elementos característicos en el desarrollo de los incendios.

Figura 2: Energía liberada por incendio en bodegas



Fuente: Unidad de Investigación de Incendios, Cuerpo de Bomberos Quito

Es importante analizar las graves limitaciones que se pueden presentar, como el desabastecimiento de equipos de seguridad personal, insumos médicos para el servicio de ambulancia, centros médicos internos y suministros de oficina, en caso que el incendio afecte a la totalidad de las mercancías almacenadas, debido a que estos son materiales e insumos indispensables para el desarrollo de las actividades operativas y administrativas de la Institución.

Se debe tomar en cuenta también que al presentarse este tipo de emergencia por falta de prevención y aplicación de medidas de protección de incendios, la Institución estaría expuesta a un deterioro de su imagen y prestigio ante la comunidad, afectando la credibilidad de sus usuarios internos y externos, así como también se debe considerar las afectaciones económicas que la institución sufriría.

1.1.1.3 Control del pronóstico

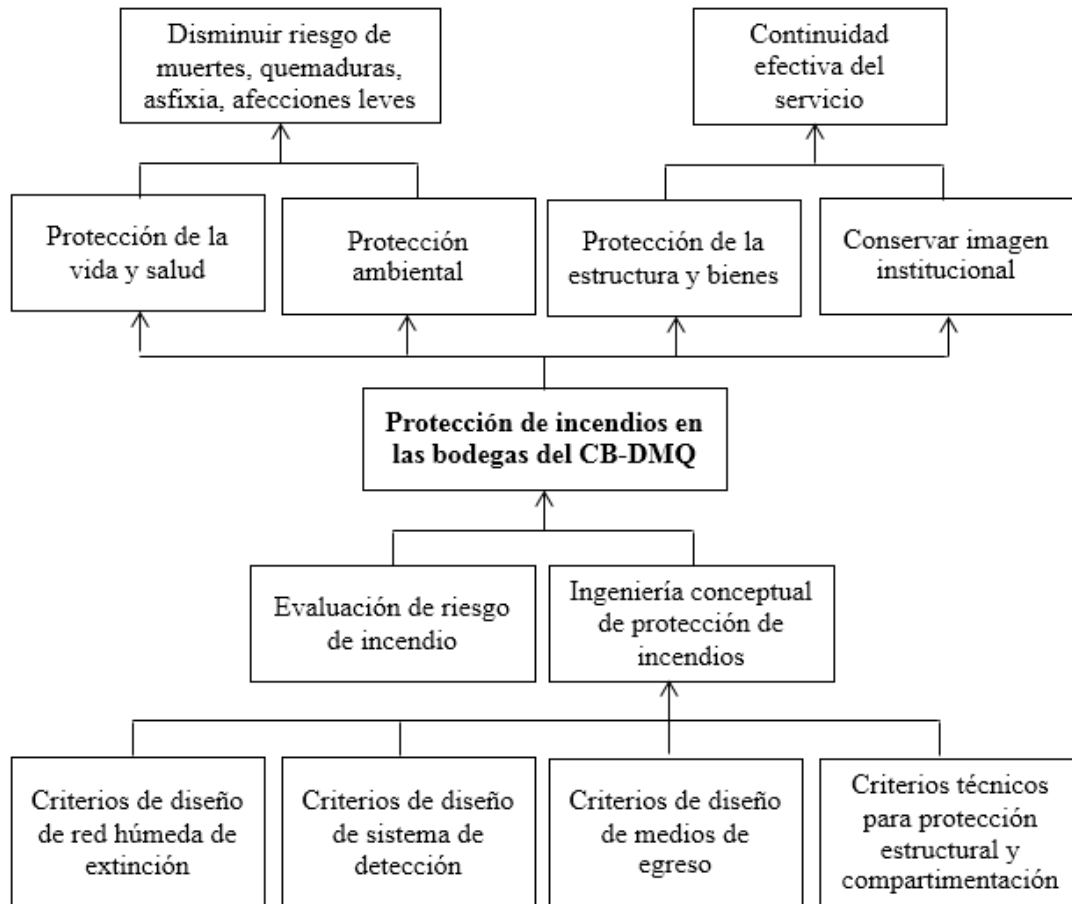
Se deberá analizar los diferentes métodos de evaluación de riesgo de incendio actualmente desarrollados, con el fin de determinar el método de evaluación de riesgo de incendio más indicado para el caso de almacenamiento de mercancías, esta actividad a su vez permitirá establecer los controles respectivos, priorizando las técnicas de protección colectivas.

Dentro de las técnicas de protección colectiva se deberá establecer los criterios de diseño que garantice una respuesta efectiva previo a su instalación para el sistema de extinción a base de agua a través de una red combinada mediante rociadores y conexiones de manguera, sistemas de detección y alarma, la verificación de los medios de egreso, así como los criterios técnicos para la compartimentación y protección estructural.

1.1.2 Objetivo general

Evaluar el riesgo de incendio presente en las bodegas de materiales, equipos e insumos del Cuerpo de Bomberos Quito, ubicadas en el sector de Carapungo y determinar la propuesta para la estrategia de protección de incendios específica para bodegas.

Figura 3: Árbol de objetivos



Fuente: Elaborado por el autor

1.1.3 Objetivo específico

- i. Evaluar el riesgo de incendio en las bodegas de materiales, equipos e insumos inherentes a la actividad bomberil.
- ii. Determinar los criterios de diseño para la instalación de un sistema de extinción de incendios.
- iii. Determinar los criterios de diseño para la instalación de un sistema de detección y notificación automática.
- iv. Determinar los criterios de diseño para la modificación de los medios de egreso y los criterios técnicos para la iluminación y señalización de emergencia.
- v. Determinar los criterios técnicos para la aplicación de medidas de protección estructural y compartimentación.

1.1.4 Justificación

La presente investigación es necesaria para determinar el estado actual del nivel de riesgo de incendio en el proceso de almacenamiento de materiales, equipos e insumos destinados a la actividad bomberil, a fin de establecer las acciones necesarias para prevenir y controlar los efectos del fuego, calor y humo en las mercancías almacenadas, así como los daños que puede ocasionar en la salud de las personas que realizan sus actividades en ese ambiente de trabajo.

Determinar el nivel de riesgo y la estrategia de seguridad contra incendios facilitara a las autoridades del CB-DMQ priorizar las acciones de control en base al costo beneficio que se obtiene de proteger los bienes almacenados, los cuales solo en términos monetarios directos ascienden a un valor de 1´400.000.00 usd.

El estudio investigativo establecerá una metodología para la obtención de criterios de diseño para la seguridad contra incendios, de acuerdo con estándares, códigos y manuales de la NFPA (Asociación Nacional de Protección de Incendios), las cuales son aceptadas y reconocidas internacionalmente, de forma que sirva de referencia para futuros estudios en infraestructuras similares.

Debido a que los incendios están clasificados dentro de los accidentes mayores por la severidad de los daños que pueden ocasionar no solo en las personas, bienes y continuidad de las operaciones, sino en el ambiente, es necesario que las medidas de protección de incendios aplicadas respondan de manera efectiva y eficiente en el control del incendio permitiendo así reducir la afectación al medio ambiente.

El cumplimiento de la normativa nacional a través del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios expedido mediante Acuerdo Ministerial 01257 y la normativa local, Ordenanza Metropolitana N° 0470, mediante la cual se Incorporan las Reglas Técnicas en Materia de Prevención de Incendios en el Ordenamiento Metropolitano de Quito, obliga a que las instituciones públicas o privadas adopten la medidas necesarias para prevenir y mitigar incendios y los riesgos que de esta materia se deriven.

1.2 Marco teórico

Hall John, (2009) respecto al análisis de riesgo de incendio menciona que se puede dividir algunas veces en (1) estimación del riesgo, la estimación y el análisis de las medidas de gravedad y probabilidad y sus incertidumbres asociadas, (2) evaluación del riesgo, los pasos adicionales requeridos para decidir sobre la importancia del riesgo o de un cambio en el riesgo, hay que subrayar el análisis apoyara juicios de valor.

También hace referencia que el enfoque más común para la evaluación del riesgo, es el análisis costo-beneficio, una técnica en la cual todos los beneficios de la reducción del riesgo se traducen en equivalentes monetarios. Esta técnica permite que la propuesta de un producto o un sistema de supresión de incendios nuevos, sea evaluada en términos de sus beneficios o pérdidas netas, costo total más pérdida o relación del beneficio con respecto a la pérdida. En un contexto como este, el "beneficio" significa vidas salvadas, lesiones evitadas y daños reducidos a la propiedad, todos combinados en una escala monetaria; y "pérdida" significa el costo (tanto inicial como en curso) del nuevo producto o sistema.

La NFPA por otro lado menciona que algunas veces, en la protección contra incendios, el riesgo aceptable ha sido inferido de las disposiciones de los códigos y normas de la NFPA. La versión más extrema de un enfoque del riesgo aceptable, es un enfoque del riesgo mínimo, en el cual no se considera el costo a no ser que se hayan hecho todas las mejoras factibles para la seguridad.

En el artículo publicado por José Fuertes Peña y Juan Carlos Rubio Romero, (2003), se realiza un análisis comparativo de los principales métodos de riesgo de incendios y resume las características más significativas de cada uno, sobre los cuales menciona lo siguiente:

Método del coeficiente K y factores ALFA

Sobre este método dice que la finalidad es determinar en un sector las condiciones de aislamiento necesarias para garantizar, en caso de que el incendio se desarrolle en el interior, que las consecuencias queden confinadas. Por lo tanto son básicamente métodos para evaluar la resistencia al fuego de los elementos constructivos.

Las posibles aplicaciones de ambos métodos son muy parecidas y los planteamientos son similares aunque con índices de valoración diferentes. Se resalta que el método del Coeficiente K hace una extensa y detallada referencia al asunto del equipamiento y de las medidas de seguridad, siendo a su vez demasiado complejo para una utilización operativa.

Por el contrario, el método de los factores alfa lo trata de forma más sencilla y clara, aunque sin embargo no considera las medidas de protección más normales como los extintores o los BIE.

Método de Edwin E. Smith y G.A. Herpol

El método propuesto por Edwin E. Smith, como el propuesto por el profesor Herpol han sido casi imposibles de aplicar de forma práctica. En el primer método esto ha sido debido al reducido número de productos contemplados en las tablas y a la escasez de materiales experimentados, que además en muchos casos no se utilizan en la actualidad.

Este método está más enfocado a estudiar la evolución de la peligrosidad del incendio en un compartimento determinado y al desarrollo de un modelo cinético del incendio en el interior, que a la evaluación del riesgo de incendio de una forma más global. En el caso del método del profesor Herpol, éste presenta dificultades en su aplicación debido a la inexistencia de tablas concretas para el caso estudiado y porque además el método está sin concluir debido a la muerte del profesor.

Método de riesgo intrínseco

Este método de evaluación del riesgo de incendio calcula la carga térmica como base para dicha evaluación. En cualquier caso, pensamos que dicha carga térmica ponderada podría ser un referente de cálculo para cualquier método.

El método determina a partir de la caracterización del establecimiento industrial en relación con la seguridad contra incendios (o lo que es lo mismo, a partir de la ubicación y configuración con relación a su entorno y de su nivel de riesgo intrínseco), las medidas preventivas y de protección constructivas necesarias para protegerlo, de forma que su aplicación resulta bastante sencilla conceptualmente, aunque laborioso desde el punto de vista operativo. Hay que decir no obstante, que está enfocado a actividades de tipo industrial.

Método Meseri

Es un método sencillo, rápido y ágil que ofrece un valor del riesgo global en empresas de riesgo y tamaño medio, el método Meseri. El método podemos aplicarlo de forma muy rápida a la zona elegida, resultando crítico en cualquier caso la observación visual del compartimento por parte del profesional que lo utiliza.

Se trata por tanto de un método para una orientación inicial que presenta claras limitaciones y que servirá únicamente para una visualización rápida del riesgo global de incendio del lugar elegido.

El método utiliza por una parte una serie de factores que generan o agravan el riesgo de incendio, como son los factores propios de las instalaciones, y de otra parte, los factores que colaboran con la protección frente al riesgo de incendio. Así en función del valor numérico del riesgo, obtendremos mediante una tabla la calificación del riesgo.

Método Gustav Purt

Este método menciona que si la finalidad es deducir en primera aproximación el tipo de medidas de protección contra incendios a tomar, entonces el método del Dr. Gustav Purt resulta bastante apropiado. Se trata de una derivación simplificada del método GRETENER que ofrece una valoración para riesgos de tipo mediano (no es aplicable por ejemplo a la industria petroquímica) de una forma rápida y a modo de orientación, y que se sustenta en dos parámetros, el riesgo para el edificio y el de su contenido.

Una vez calculado los valores de ambos parámetros, el método nos indica mediante la introducción de dichos valores en una gráfica, las medidas de protección orientativas

para el riesgo calculado. Éstas serán medidas referidas a la pre detección del incendio y/o referidas a la extinción automática del incendio. Como inconveniente, el método no determina con precisión el tipo de sistema de detección de incendio o el medio de extinción en particular a implantar, esto deberá decidirlo el proyectista o el técnico de seguridad en su caso, a partir del posterior estudio de la situación en mayor profundidad.

Método GRETENER

Es uno de los métodos más populares y utilizados junto con el de riesgo intrínseco en España, ya que a pesar de sus limitaciones abarca un amplio abanico de construcciones a las que se le puede aplicar.

El método se aplica al conjunto del edificio o a las partes del edificio que constituyen los compartimentos. El GRETENER nos ofrece un cálculo del riesgo de incendio global bastante completo, con un valor que nos indicará si el riesgo en la instalación es aceptable o no lo es, lo que en este último caso nos obligará a volver a realizar los cálculos considerando nuevas medidas de protección que reduzcan el riesgo.

El método GRETENER se fundamenta en la comparación del riesgo potencial de incendio efectivo con el valor del riesgo potencial admisible. La seguridad contraincendios es suficiente, siempre y cuando el riesgo efectivo no sea superior al riesgo aceptado.

Para comprobar la seguridad contra incendios es suficiente con verificar que las necesidades de seguridad seleccionadas se adaptan a los objetivos de protección y que con ello obtenemos un valor aceptable.

Cuando la seguridad contra incendio sea insuficiente, habrá que realizar una nueva hipótesis en la que será conveniente respetar todas las medidas normales de protección, mejorando la concepción estructural del edificio y previendo medidas especiales que sean adecuadas, como la cercanía y disponibilidad de bomberos, las instalaciones de detección y extinción o las de evacuación de calor y humos.

Hay que señalar como ventaja, que el método considera una gran cantidad de factores y de medios de protección y como inconveniente, que está eminentemente orientado a evaluar el riesgo según los intereses de las compañías aseguradoras.

Método ERIC

El método ERIC se considera como el primero en tratar de forma específica el riesgo para las personas y el riesgo para los bienes. Este método completa aspectos que han sido tratados en menor profundidad por el método GRETENER, como son los tiempos de evacuación, la opacidad y la toxicidad de los humos.

Además, utiliza tres tipos de gráficas en función del tipo de edificio: industria, vivienda u oficinas. En éstas gráficas se relacionan los dos parámetros calculados para las personas o lo bienes, de forma semejante a como lo hacíamos en el método Gustav Purt.

El método ERIC enlaza dos de los objetivos que pretenden alcanzar los métodos de evaluación del riesgo de incendio, el de protección de los bienes y el de protección de las personas, para los que determinadas medidas contribuyen de forma desigual a su obtención o no contribuyen.

Método FRAME

El último método que analizado es el método FRAME, que se basa fundamentalmente en los métodos ERIC y GRETENER.

FRAME utiliza lo que llama "guiones" para el cálculo del riesgo de incendio. Los tres "guiones" se refieren al cálculo del riesgo del patrimonio, de las personas y de las actividades. La situación será tolerable si el valor de estos no supera la unidad y en tal caso daríamos por satisfactorias las medidas de protección instaladas en nuestro edificio.

Además, el método ofrece la posibilidad de efectuar un cálculo inicial, para medir mediante una escala, las medidas que harían falta a priori. Este valor, ofrecerá una primera orientación general. Hay que destacar la gran cantidad de factores que utiliza de forma independiente para cada uno de los tipos de riesgos considerados.

Para terminar se establece que el inconveniente más sobresaliente de FRAME es la relativa complejidad de algunas ecuaciones utilizadas, paliadas por la sencillez de uso del software del que se dispone en el mercado.

Estrategias de seguridad contra incendios

Al realizar un análisis de las medidas de protección contra incendios o estrategias de seguridad contra incendios como lo define la NFPA, se puede relacionar que existen dos instancias en las cuales se puede gestionar para la protección de incendios. Las medidas tomadas desde antes de la ignición como medios de egreso seguros, protección estructural, compartimentación, prevención de la ignición, conocidas como medidas de protección pasiva y las medidas tomadas posterior a la ignición referidas como medidas de protección

activa, como los sistemas automáticos de extinción, sistemas de detección y alarma, elementos manuales de extinción.

Dentro de Los Fundamentos del Diseño de Edificios Protegidos Contra Incendios revisado por Watts John, (2009), en el Manual de Protección Contra Incendios NFPA, establece y describe las principales estrategias de seguridad contra incendios:

- Prevención de la ignición
- Control del proceso de combustión
- Control del incendio mediante la construcción
- Detección y notificación temprana del fuego
- Extinción automática del incendio
- Extinción manual del incendio
- Control de lo expuesto

Prevenir la Ignición

La primera oportunidad de alcanzar la seguridad contra incendio en un edificio es a través de la prevención del incendio (ignición), que involucra la separación de fuentes potenciales de calor de los combustibles potenciales. La Tabla 1, relaciona los factores comunes en la prevención de incendios e identifica las principales fuentes posibles de calor y materiales incendiarios, factores comunes que los unen, y prácticas que pueden afectar el éxito de la prevención.

La mayoría de incendios de edificios se inician por fuentes de calor y materiales incendiarios traídos al edificio, pero que no son parte de la construcción. Esto significa que el desafío del edificio, desde el punto de vista del arquitecto y el constructor, tiene

influencia limitada en las experiencias de incendios futuros. Los propietarios, administradores y ocupantes del edificio sin embargo, tendrán numerosas oportunidades de reducir los riesgos de incendio por medio de la prevención, y se les debe urgir para que lo hagan.

Tabla 1: Factores de la prevención de incendios

Fuentes de calor	Equipos fijos
	Equipos portátiles
	Sopletes y otras herramientas
	Elementos de fumar y encendedores
	Explosivos
	Causas naturales
	Exposición a otros incendios
Formas y tipos de materiales incendiarios	Materiales de construcción
	Acabados interiores y exteriores
	Contenidos y muebles
	Basura, pelusa y polvo
	Líquidos o gases combustibles o inflamables
	Sólidos volátiles
Factores que juntan los materiales incendiarios y el calor	Incendio premeditado
	Mal uso de la fuente de calor
	Mal uso del material incendiario
	Falla mecánica o eléctrica
	Deficiencia de diseño, construcción o instalación
	Error en la operación de equipos
	Causas naturales
	Exposiciones
Prácticas que pueden afectar el éxito de la prevención	Limpieza
	Seguridad
	Educación de los ocupantes
	Control de tipo, cantidad y distribución de combustibles
	Control de las fuentes de calor

Fuente: Manual de Protección Contra Incendios NFPA

Para efectos del diseño, la prevención de incendios se realiza con el cumplimiento cuidadoso de los códigos y normas en el diseño e instalación de los sistemas de electricidad y alumbrado, calefacción u otros equipos grandes incorporados, como los de cocina, refrigeración, aire acondicionado y de lavado y secado de ropa. Los sistemas de ventilación necesitan ser diseñados cuidadosamente para llevar el monóxido de carbono y combustibles potenciales por vías protegidas. Estos sistemas de ventilación deben inspeccionarse y limpiarse con regularidad.

Control del Proceso de Combustión

El proceso de control de combustión se trata de retardar el incendio para suministrar otras medidas con tiempo suficiente de protección contra incendios para que sean efectivas. El diseño sistemático con este fin debería considerar las formas posibles en que los riesgos pueden crecer rápidamente, por ejemplo, propagación de las llamas, crecimiento rápido en la velocidad de liberación de calor o velocidad de liberación de masa, gases inusualmente tóxicos, corrosividad inusual, cantidad de combustible disponible para alimentar el fuego, etc. Cada uno de estos se puede evaluar separadamente en términos de la amenaza para las personas expuestas, la propiedad, y la misión del edificio. El diseño del edificio debería proveer medidas para contrarrestar el crecimiento rápido del incendio.

En el incendio de un edificio, el peligro más común para las personas proviene del humo y gases tóxicos. La mayoría de las muertes relacionadas con incendios de edificios están ligadas directamente a estos productos de la combustión. La muerte generalmente ocurre por carencia del oxígeno en la sangre, causada por el reemplazo del oxígeno en la hemoglobina por monóxido de carbono. Además del peligro del monóxido de carbono, hay

muchos otros gases tóxicos presentes en los incendios de edificios que causan una gran variedad de síntomas como dolores de cabeza, náusea, fatiga, dificultad para respirar, confusión, y deterioro de la función mental.

La propagación rápida de las llamas sobre los materiales de acabados o contenidos del edificio y la propagación vertical del fuego son problemas graves. La capacidad del servicio de bomberos de contener o extinguir un incendio disminuye considerablemente si el incendio se extiende verticalmente a dos o más pisos.

Control del Incendio Mediante la Construcción

Las barreras, como paredes, divisiones y pisos, separan los espacios en los edificios. Estas barreras también retrasan o previenen la propagación del fuego de un espacio a otro. Además, las barreras son características importantes en cualquier operación de combate de incendios porque dictan el tamaño del incendio.

La función principal de las barreras es evitar que la propagación del calor y las llamas cause una ignición en un piso o recinto adyacente. Es útil clasificar las fallas de las barreras en dos categorías. Una es la falla masiva de barreras, que ocurriría cuando parte de la barrera se cae o cuando se abre una penetración grande, como una puerta o ventana grande. Cuando sucede una falla masiva, el recinto adyacente se puede involucrar totalmente en un corto periodo de tiempo. El segundo tipo de falla es la falla localizada de una penetración, que ocurre cuando las llamas o el calor penetran pequeñas perforaciones o pequeñas ventanas. Una falla localizada de penetración causa un punto caliente. Si hay presencia de combustible y ocurre una ignición, esto podría llevar al compromiso total del recinto por el avance del desarrollo normal del incendio.

El humo y los gases se mueven a través del edificio mucho más rápido y fácil que las llamas y el calor. El tiempo desde la ignición hasta que un espacio del edificio se hace insostenible es un aspecto importante de la seguridad contra incendios, y la pérdida de resistencia puede deberse al humo y gases con más frecuencia que a las llamas y el calor. Por lo tanto, es necesario que las barreras se diseñen y consideren también como barreras contra la propagación del humo y gases del incendio. Adicionalmente a su valor como medio de contención del incendio, la compartimentación también sirve necesidades específicas de protección tales como la integridad estructural del edificio y rutas de escape.

Detección y Alarma de Incendio

Se necesita la detección del incendio para que se inicie la extinción automática o manual, se active cualquier otro sistema de protección contra incendios (ej., puertas contra incendio automáticas para compartimentación y protección de las rutas de escape), y los ocupantes tengan tiempo para trasladarse a lugares seguros, generalmente fuera del edificio. Un motivo de preocupación por cualquier crecimiento inicial rápido del incendio es que puede reducir mucho el tiempo disponible para estas respuestas salvadoras de vidas de propiedad después de la detección. Por lo tanto, se deben diseñar sistemáticamente provisiones de detección que reflejen las otras características del edificio, sus ocupantes, y las otras medidas de protección contra incendios.

Por ejemplo, el humo es con frecuencia el primer indicador de un incendio, así que es lógico un sistema automático de detección basado en detectores de humo. En ciertas instalaciones o áreas, sin embargo, pueden ser más apropiados los detectores basados en el calor o régimen de aumento del calor debido a los tipos de incendios que pueden ocurrir en esas áreas o debido al potencial en esas áreas de activaciones que no sean por incendio.

Cualquiera que sea el tipo de sistema de detección que se escoja, es importante que se haga una evaluación realista de las implicaciones de tiempo de respuesta después de que se ha detectado el incendio y antes de que desarrollen condiciones letales o de alto riesgo en cada área del edificio.

Las estipulaciones para alarmas no necesitan estar vinculadas con las localizaciones de los sensores de detección, pero deberían ser diseñadas sistemáticamente para decirles a los ocupantes lo que necesitan hacer, según en donde estén y su capacidad de responder.

Extinción Automática

Durante casi cincuenta años, los rociadores automáticos han sido el sistema más importante para el control automático de incendios hostiles en edificios. Muchas características estéticas y funcionales deseables de los edificios que podrían afectar la seguridad contra incendios debido al potencial de riesgo de crecimiento del incendio pueden protegerse con la instalación de un sistema de rociadores debidamente diseñado.

El sistema de rociadores automáticos ha sido el método de extinción automática de incendios más usado. Entre las ventajas de los rociadores automáticos está el hecho de que estos funcionan directamente encima del incendio y no son afectados por el humo, gases tóxicos y visibilidad reducida. Adicionalmente se usa mucha menos agua porque solamente aquellos rociadores activados por el calor del incendio funcionan, especialmente si el edificio esta compartimentado. Los principales elementos para determinar la eficacia de un sistema de rociadores automáticos son confiabilidad, diseño y eficacia en la extinción.

Extinción Manual

Idealmente, un edificio se diseña de manera que si ocurriera un incendio, este pueda ser atacado antes de que se extienda más allá de la habitación o recinto de origen. Si eso no es posible, las características de diseño y construcción del edificio deberían retrasar la propagación del fuego para que el Cuerpo de Bomberos encuentre un incendio relativamente pequeño y fácil de controlar. Los principales aspectos de esta parte del diseño de edificios incluyen: (1) notificación al cuerpo de bomberos, (2) aplicación inicial del agente de extinción, (3) extinción del incendio, (4) ventilación, (5) suministro y uso de agua, (6) remoción del agua, y (7) eficacia de las barreras (control del incendio mediante la construcción).

Generalmente la extinción manual requiere que el personal esté preparado para el uso de elementos como extintores portátiles, conexiones de manguera, por esta razón existen sistemas que son clasificados para el uso exclusivo del cuerpo de bomberos o de una brigada entrenada en sistemas contra incendio.

Control de lo expuesto

El impacto del incendio puede disminuirse controlando lo “expuesto”, es decir, las personas, propiedad, operaciones, ambiente o patrimonio histórico, dependiendo de los aspectos del diseño en consideración. La estrategia de “control de lo expuesto” tiene éxito, ya sea limitando la cantidad expuesta o protegiendo lo expuesto. Por ejemplo, se puede restringir el número de personas lo mismo que la cantidad o tipo propiedad en un espacio. Con frecuencia esto es poco práctico. Si este es el caso, todavía se puede cumplir los objetivos incorporando características de diseño que protejan lo expuesto.

Las personas o propiedad expuestas se pueden proteger ya sea trasladándolas a un área de refugio seguro defendiéndolas en un sitio. Por ejemplo, las personas en ocupaciones institucionales como hospitales, sanatorios y centros de detención o correccionales, generalmente deben defenderse en su sitio. Además las personas con movilidad, como los que se espera ocupen oficinas y escuelas, podrían trasladarse para protegerlas de la exposición al incendio ya sea a corto o largo plazo, dependiendo de otros elementos claves del diseño.

El diseño para protección de la vida puede involucrar uno o varios de los anteriores conceptos: (1) evacuación de los ocupantes, (2) defensa de los ocupantes en el sitio, o (3) provisión de una de refugio eficiente. Estas alternativas se pueden evaluar en la posibilidad que los espacios del edificio defendibles por el periodo de tiempo necesario para alcanzar el grado esperado de seguridad. El criterio de sostenibilidad, por lo tanto, se convierte en la parte importante del diseño.

1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema

La problemática respecto a la ocurrencia de incendios en bodegas o industrias en el Distrito Metropolitano en los últimos dos años y lo que va del presente año, ha reportado doce casos de incendio que tienen relación directa con la poca objetividad con la cual se ha manejado el tema de la evaluación de riesgo de incendio, generando así que las organizaciones publica y privadas apliquen un método de evaluación de riesgo sin un análisis previo de las características físicas, contenidos y personas dentro de sus instalaciones, así como el entorno en el cual desarrollan la actividad. Estas inobservancias en muchas ocasiones han entregado resultados poco confiables respecto al real riesgo de incendio presente en las instalaciones.

Figura 4: Daños ocasionados por incendios en bodegas



Fuente: Unidad de Investigación de Incendios, Cuerpo de Bomberos Quito

Dentro de la causalidad de incendios en bodegas e industrias, el porcentaje de daños que estos incendios han presentado, cuantificados mediante el área de mayor daño estructural, área afectada por fuego, calor y humo, se puede establecer que estos daños representan en promedio más del 75% de afectación y pérdidas en las infraestructuras, por tanto es evidente que a pesar de existir un nivel de riesgo aceptable debido a las medidas de protección de incendios adoptadas por exigencia de la legislación nacional, estas no garantizan un nivel de efectividad en el control y mitigación de los daños potenciales del incendio, debido a un diseño genérico, lejano de los criterios técnicos específicos para la actividad de almacenamiento de mercancías.

La NFPA a través de estudios en el Manual de Protección Contra Incendios concluye, que el problema de la protección contra incendios en los edificios es complejo tanto por el número de variables como por la dificultad subsecuente en la obtención de información detallada. En este estudio se establece que se pueden incorporar tres métodos diferentes en el diseño de edificios:

- i. Exigir que el diseño y construcción se ajusten a los requisitos prescritos en las especificaciones de los códigos y normas de construcción. Estos requisitos están basados en experiencias de incendios y son generalmente estrictos.
- ii. Usar códigos basados en desempeño para superar la inflexibilidad de los códigos de especificación. Una limitación actual de la protección contra incendios basada en el desempeño es que este es un proceso de evaluación, no un proceso de diseño. Una vez que se ha formulado el diseño, se pueden usar las medidas de desempeño para evaluar la protección contra incendios pero el enfoque no ofrece una guía directa sobre cómo desarrollar conceptos de diseño.
- iii. Usar un enfoque sistémico que muestre como se pueden usar diferentes estrategias de protección para cumplir los objetivos de protección contra incendios. Se puede diseñar los edificios con un enfoque sistémico y evaluarse luego utilizando ya sea el criterio prescrito o el de desempeño, o una mezcla de ambos. Este enfoque de la protección contra incendios puede requerir un alto nivel de destreza profesional; sin embargo, permite mayor flexibilidad y puede obtenerse un gran beneficio en reducción de costos.

En tesis realizadas respecto al tema de evaluación de incendios y propuesta de medidas de control o medidas operativas, el enfoque planteado es el de cumplimiento de la legislación nacional considerando los limitados parámetros técnicos que el Reglamento de Prevención

y Mitigación Contra Incendios establece tanto para edificaciones existentes como para proyectos de nueva edificación. Por lo cual es importante realizar estudios más profundos de las metodologías basadas en el enfoque sistémico que permita generar alternativas para el diseño de medidas de protección de incendios.

Respecto a la poca evolución en materia de la seguridad contra incendios en el país e incluso en Latinoamérica, se atribuye como una de las principales razones la falta de profesionales y empresas calificadas para el diseño, instalación y mantenimiento, lo cual ocasiona que profesionales capacitados y calificados para esta actividad, al competir con ofertas de menor costo, en las cuales muchas veces la oferta ganadora es aquella solución inferior a la norma, mal diseñada o mal instalada pierdan representatividad en el mercado.

1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica

El autor considera que esta investigación debe ir más allá, en el sentido que la protección de incendios debe ser tratado como un enfoque sistémico apoyado por criterios de diseño obtenidos por las principales organizaciones dedicadas a la ingeniería de protección de incendios.

La perspectiva teórica que se adoptara está encaminada a analizar y determinar el nivel de riesgo de incendio a través del método GRETENER debido a que esta metodología es aplicable para actividades inherentes al almacenamiento de mercancías, así también combina la mayor cantidad de factores de peligros esenciales y dispone de buena cantidad de información tabulada.

Se establecerá la estrategia de protección de incendios a través de la obtención de los criterios de diseño específicos de acuerdo a la NFPA 1 Código Uniforme de Incendios, NFPA 101, Código de Seguridad Humana, NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, NFPA 14 Norma para la Instalación de Tuberías Vertical y Mangueras, NFPA 72 Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización, garantizando así un alto nivel de efectividad en el caso que los sistemas tengan que actuar en un posible evento de incendio.

1.2.3 Hipótesis

El determinar correctamente los criterios de diseño para la estrategia de protección de incendios en el almacenamiento de materiales, equipos e insumos para la actividad bomberil previo a su instalación, permitirá a la Institución reducir el riesgo de incendio y las consecuencias en términos de afectación a las personas, bienes, continuidad del servicio y ambiente.

1.2.4 Identificación y caracterización de las variables

Variable independiente:

- i. Exposición a riesgo de incendio, se refiere a las condiciones y acciones presentes en las bodegas del Cuerpo de Bomberos que pueden generar la ocurrencia de un incendio.

Variables dependientes

- i. Problemas en la salud de las personas, se refiere a los síntomas que pueden generarse en el ser humano por exposición al fuego, calor y humo derivados de la producción de un incendio.

- ii. Destrucción de bienes muebles e inmuebles, se refiere a las consecuencias que pueden generarse en las mercancías almacenadas y estructura por acción del fuego, calor y humo derivados de la producción de un incendio.
- iii. Afectación en continuidad de operaciones y ambiente, se refiere a las limitaciones que pueden generarse en las operaciones bomberiles por desabastecimiento de insumos e equipos para la actividad bomberil.
- iv. Afectación en el ambiente, se refiere a las afectaciones que pueden generarse en el medio ambiente, por los contaminantes generados en la combustión como gases, humos y descarga de líquidos.

CAPITULO II

MÉTODO

2.1 Tipo de estudio

Se realizará una investigación de tipo descriptivo para la determinación del nivel de riesgo, considerando los factores de peligro presentes en el proceso de almacenamiento de mercancías, estos factores serán estudiados a través de la observación y registro fotográfico.

Para la fase de la estrategia de protección de incendios se plantea una investigación de tipo exploratoria, la cual a través de bibliografía de organizaciones expertas y reconocidas en el tema, se determinara la solución más efectiva para el control de incendios en bodegas.

2.2 Modalidad de la investigación

Se realizará una investigación de campo en cada área de almacenamiento de las bodegas, observando los peligros esenciales, las medidas constructivas, las medidas normales y especiales de protección.

Una vez realizada esta actividad, con los datos levantados se analizaran cada uno de estos factores en base a la metodología establecida.

2.3 Método

En el estudio investigativo se aplicará un método hipotético deductivo, se realiza primero una observación de campo de la situación de almacenamiento de mercancías, estableciendo una hipótesis de que existe un alto riesgo de incendio, el cual después del análisis a través del método de evaluación seleccionado, se determinara si las medidas de protección de incendio son suficientes o insuficientes.

2.4 Población y muestra

El estudio no se lo realizara en personas por lo cual no se considera población o muestra, sin embargo se realizará la observación investigativa a las condiciones de la totalidad de las bodegas de almacenamiento de mercancías del CB-DMQ.

Se evaluará el riesgo de incendio en la estructura tipo galpón destinada a bodega de mercancías ya utilizadas, las cuales están en proceso de chatarrización o donación.

Se evaluará el riesgo de incendio en la estructura tipo edificio bajo destinada a bodega de mercancías nuevas que sirven para reposición de las que han cumplido su ciclo de vida o que son consumidas regularmente.

En el Anexo A se presenta los planos arquitectónicos de las dos estructuras objeto de estudio, los cuales incluyen plantas, cortes y elevaciones.

Tabla 2: Distribución de las mercancías según tipo de bodegas

Tipo	Nivel	Área de bodega	Mercancías almacenadas
Galpón	Planta Baja	Bodega General	Mobiliario de oficina
			Herramientas de bomberos
			Equipos informáticos
			Equipos de audio y video
			Artefactos de línea blanca
			Equipos de protección personal
Edificio Bajo	Planta Baja	Bodega 1	Oficina
			Suministros de oficina
		Bodega 2	Insumos de limpieza
		Bodega 3	Insumos médicos
			Medicinas
		Bodega 4	Equipo de protección personal para el combate de incendios estructural
			Herramientas de bomberos
		Bodega 5	Mercancías incidentales
	Planta Alta	Bodega 6	Uniformes para personal administrativo
			Uniformes para personal operativo
		Bodega 7	Equipo de protección personal para combate de incendios forestales

Fuente: Elaborado por el autor

2.5 Selección de instrumentos de investigación

Para el análisis específico del riesgo de incendio en las dos bodegas se utilizará el método GRETENER, validado y aceptado internacionalmente que utiliza la observación directa como instrumento de recolección de datos.

Para el cálculo de evaluación de riesgo de incendio se utilizará el método de cálculo expuesto en el Documento Técnico 15, publicado por CEPREVEN, aplicado en una hoja de cálculo electrónica (anexo B), junto con el registro fotográfico de las instalaciones en estudio a fin de analizar con mayor prolijidad los factores de peligro.

Tabla 3: Método de evaluación para análisis de riesgo de incendio

Tipo	Nivel	Área de bodega	Método de evaluación
Galpón	Planta Baja	Bodega General	GRETENER
Edificio Bajo	Planta Baja	Bodega 1	GRETENER
		Bodega 2	
		Bodega 3	
		Bodega 4	
		Bodega 5	
	Planta Alta	Bodega 6	
		Bodega 7	

Fuente: Elaborado por el autor

2.5.1 Descripción del método

El método GRETENER permite evaluar cuantitativamente el riesgo de incendio, así como la seguridad contra incendios, utilizando datos uniformes.

El método supone el estricto cumplimiento de determinadas reglas generales de seguridad tales como las referente al respeto de la distancia de seguridad entre edificios vecinos y, sobre todo, de las medidas de protección de personas tales como vías de evacuación, iluminación de seguridad, etc. así como las prescripciones correspondientes a las instalaciones técnicas. Todos estos factores, se considera que no pueden sustituirse por otro tipo de medidas.

El método se aplica a las edificaciones y usos siguientes:

- i. Establecimientos públicos con elevada densidad de ocupación o edificios en los cuales las personas están expuestas a un peligro notable, tales como:
 - a. Exposiciones, museos, locales de espectáculos
 - b. Grandes almacenes y centros comerciales
 - c. Hoteles, hospitales, asilos y similares

- d. Escuelas
- ii. Industria, artesanía y comercio:
 - a. Unidades de producción
 - b. Depósitos y almacenes
 - c. Edificios administrativos
- iii. Edificios de usos múltiples.

La evaluación del riesgo representa una ayuda para la toma de decisiones en lo concerniente a la valoración, control y comparación de conceptos de protección.

El método se refiere al conjunto de edificios o partes del edificio que constituyen compartimentos cortafuegos separados de manera adecuada.

2.5.2 Contenido del método

2.5.2.1 Definiciones

Riesgo de incendio: La definición del riesgo de incendio comprende la noción de exposición, que incluye, a su vez, la magnitud, no medible exactamente, de la probabilidad de ocurrencia de un siniestro.

Exposición al riesgo de incendio: La noción de exposición al riesgo de incendio se define como relación entre los peligros potenciales y las medidas de protección tomadas. La exposición al riesgo se refiere a un compartimento o al conjunto de un edificio.

Seguridad contra el incendio: La seguridad contra el incendio de un compartimento o en un edificio se considera suficiente, cuando el riesgo de incendio existente no

sobrepasa el que se considera como aceptable. Este riesgo aceptable se corresponde con los objetivos de protección definidos. Una construcción puede, según ello, calificarse de «segura contra el incendio», cuando está concebida de manera que se aseguren las dificultades técnicas para la propagación de un incendio.

Compartimentos cortafuego: Un compartimento cortafuego es una parte del edificio, separada del conjunto por medio de paredes, suelos, techos y cierres, de manera que, en caso de iniciarse en él un incendio, éste quede limitado, con toda probabilidad al compartimento y que una propagación del fuego a locales, pisos o partes de edificios vecinos previsiblemente, no pueda tener lugar.

La superficie de un compartimento cortafuegos en un edificio o parte de éste es aquella limitada por fachadas o elementos interiores resistentes al fuego.

Células cortafuegos: Las células cortafuegos son compartimentos cuya superficie no excede de 200 m² y tiene una resistencia al fuego de al menos F30/T30.

2.5.2.2 Designaciones

Letras mayúsculas

Se utilizan las letras mayúsculas en el método:

- i. Para los factores globales que comprenden diversos factores parciales
- ii. Para los coeficientes que no se pueden escindir en factores parciales
- iii. Para los resultados de elementos de cálculo y designación de magnitudes de base.

A Peligro de activación.

B Exposición al riesgo.

- E Nivel de la planta respecto a la altura útil de un local.
- F Resistencia al fuego, representa conjunto de medidas de la construcción.
- H Número de personas.
- M Producto de todas las medidas de protección.
- N Factor que incluye las medidas normales de protección.
- P Peligro potencial.
- Q Carga de incendio.
- R Riesgo de incendio efectivo.
- S Factor que reúne el conjunto de las medidas especiales de protección.
- Z Construcción celular.
- G Construcción de gran superficie.
- V Construcción de gran volumen.

Combinación de letras mayúsculas:

- AB Superficie de un compartimento cortafuego.
- AZ Superficie de una célula cortafuego.
- AF Superficie vidriada.

Combinaciones de letras mayúsculas y minúsculas:

- Co Indicación del peligro de corrosión.
- Fe Grado de combustibilidad.
- Fu Indicación del peligro de humo.
- Tx Indicación del peligro de toxicidad.

Letras minúsculas:

Se utilizan letras minúsculas en el método:

- i. Para los factores de influencia
- ii. Para los valores de cálculos intermedios
- b Ancho del compartimento cortafuego
- c Factor de combustibilidad
- e Factor de nivel de una planta respecto a la altura útil del local
- f Factor de medidas de protección de la construcción (con subíndice)
- g Factor de dimensión de la superficie del compartimento
- i Factor de la carga térmica inmobiliaria
- k Factor del peligro de corrosión y toxicidad
- l Longitud del compartimento cortafuego
- n Factor de medidas normales (con subíndice)
- p Exposición al riesgo de las personas
- q Factor de la carga térmica mobiliaria
- r Factor del peligro de humo
- s Factor de las medidas especiales (con subíndice)
- γ Seguridad contra el incendio

Factores de influencia con subíndice:

$P_{H,E}$ Situación de peligro para las personas (teniendo en cuenta el número de personas, la movilidad y la planta en la que se encuentra el compartimento cortafuego).

Q_m Carga térmica mobiliaria (MJ/m^2).

Q_i Carga térmica inmobiliaria.

R_n Riesgo de incendio normal.

R_u Riesgo de incendio aceptado.

Unidades:

Energía	(J)	Joule
	(MJ)	Mega-Joule
Presión	(bar)	Bar
Longitud	(m)	Metro
	(Km.)	Kilómetro
Tiempo	(min.)	Minutos

2.5.3 Elaboración del método**2.5.3.1 Exposición al riesgo**

Todo edificio está expuesto al peligro de incendio. El desarrollo de los incendios tiene lugar a consecuencia de numerosos factores que influyen en los mismos y que pueden actuar dificultando la propagación o favoreciéndola y, por ello mismo, tener una influencia sobre los daños resultantes positiva o negativa. Según su efecto en cuanto a la seguridad contra incendios del edificio, es posible hacer la distinción entre peligros potenciales y medidas de protección.

Para la evaluación del riesgo de incendio, se aplican factores determinados a las magnitudes específicas cuya influencia es más importante.

El cociente formado por el producto de los factores de peligro y el producto de los factores que representan el conjunto de las medidas de protección, la denominamos exposición al riesgo del edificio.

Multiplicando la exposición al riesgo de incendio por un valor que representa la evaluación del grado de probabilidad de incendio, se obtiene el valor del riesgo de incendio efectivo.

2.5.3.2 Exposición al riesgo de incendio

Fórmula de base:

La exposición al riesgo de incendio B, se define como el producto de todos los factores de peligro P, divididos por el producto de todos los factores de protección M.

$$B = \frac{P}{M}$$

El producto de las magnitudes que influyen en el peligro denominado potencial P, se compone de los diferentes factores de peligro relacionados con el contenido de un edificio y con el edificio mismo.

En relación con el contenido del edificio, se toman en consideración las magnitudes cuya influencia es más relevante, tales como los equipamientos mobiliarios y las materias y mercancías, que determinan directamente el desarrollo del incendio (carga térmica, combustibilidad). Algunos factores suplementarios permiten evaluar las consecuencias de incendios que amenazan especialmente a las personas o pueden retrasar la intervención de los bomberos y causar importantes daños consecuenciales (materiales con fuerte producción de humos y de acción corrosiva).

Los factores de peligro del propio edificio se derivan de la concepción de su construcción. El método evalúa la parte combustible contenida en los elementos esenciales de la construcción (estructura, suelos, fachada, techos), el eventual tamaño de los locales y

el nivel de la planta considerada así como la altura útil del local en el caso de edificios de una sola planta.

Las medidas de protección se dividen en medidas normales, medidas especiales y medidas constructivas.

Sobre la base de estos criterios, la fórmula que define la exposición al riesgo se enuncia como sigue:

$$B = \frac{q * c * r * k * i * e * g}{N * S * F} = \frac{P}{N * S * F}$$

de estos factores, algunos son inherentes al contenido de la edificación (q, c, r, k) y otros inherentes al edificio en si mismo (i, e, g).

Los significados de estos factores son los siguientes:

B = Exposición al riesgo

P = Peligro potencial

N = Medidas normales de protección

S = Medidas especiales de protección

F = Medidas constructivas de protección

El resto de los factores, la designación básica de los peligros de los mismos, sus símbolos y abreviaturas figuran en la siguiente tabla:

El riesgo de incendio efectivo R es el resultado del valor de la exposición al riesgo B, multiplicado por el factor A (peligro de activación) que cuantifica la posibilidad de ocurrencia de un incendio:

$$R = B * A = \frac{P}{N * S * F} * A$$

El riesgo de incendio efectivo se calcula para el compartimento cortafuego más grande o el más peligroso de un edificio.

Designación de los peligros inherentes al contenido

- i. Carga de incendio mobiliaria Q_m : (factor q) La carga de incendio mobiliaria Q_m comprende, para cada compartimento cortafuego, la cantidad total de calor desprendida en la combustión completa de todas las materias mobiliarias, dividida por la superficie del suelo del compartimento cortafuego considerado (unidad: MJ/m²).
- ii. Combustibilidad - grado de peligro F_e : (Factor c) Este término cuantifica la inflamabilidad y la velocidad de combustión de las materias combustibles.
- iii. Peligro de humos F_u : (Factor r) Este término se refiere a las materias que arden desarrollando un humo particularmente intenso.
- iv. Peligro de corrosión o de toxicidad C_o : (Factor k) Este término hace referencia a las materias que producen al arder cantidades importantes de gases corrosivos o tóxicos.

Designación de los peligros inherentes al edificio

- i. Carga térmica inmobiliaria Q_i : (factor i)

Este término permite tener en cuenta la parte combustible contenida en los diferentes elementos de la construcción (estructura, techos, suelos y fachadas) y su influencia en la propagación previsible del incendio.
- ii. Nivel de la planta, respecto a la altura útil del edificio E : (Factor e)

En el caso de inmuebles de varios pisos, este término cuantifica, en función de la situación de las plantas, las dificultades presumibles que tienen las personas

que habitan el establecimiento para evacuarlo, así como la complicación de la intervención de los bomberos.

En caso de edificios de una única planta, este término cuantifica, en función de la altura útil del local, las dificultades, crecientes en función de la altura, a las que los equipos de bomberos se han de enfrentar para desarrollar los trabajos de extinción. Tiene en cuenta el hecho de que la carga de incendio presente en el local, influirá en la evolución del incendio.

iii. Dimensión de la superficie del compartimento: (Factor g)

Este término cuantifica la probabilidad de propagación horizontal de un incendio. Cuanto más importantes son las dimensiones de un compartimento cortafuego (AB) más desfavorables son las condiciones de lucha contra el fuego.

La relación longitud/anchura de los compartimentos cortafuegos de grandes dimensiones, influencia las posibilidades de acceso de los bomberos.

Medidas de protección adoptadas

i. Medidas normales N; (factores n_1 ... n_5)

$$N = n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * n_5$$

Las medidas existente generales de protección se evalúan por medio de los factores n_1 a n_5 .

Estos factores son los siguientes:

n_1 Extintores portátiles.

n_2 , Hidrantes interiores (bocas de incendio equipadas) (BIE).

n_3 , Fiabilidad de las fuentes de agua para extinción.

n_4 , Longitud de los conductos para transporte de agua (distancias a los hidrantes exteriores).

n_5 Personal instruido en materia de extinción de incendios.

ii. Medidas especiales S: (factores $s_1 \dots s_6$)

$$S = s_1 * s_2 * s_3 * s_4 * s_5 * s_6$$

Los factores s_1 a s_6 permiten evaluar todas las medidas complementarias de protección establecidas con vistas a la detección y lucha contra el fuego, a saber:

s_1 , Detección del fuego.

s_2 , Transmisión de la alarma.

s_3 , Disponibilidad de bomberos (cuerpos oficiales de bomberos y bomberos de empresa).

s_4 , Tiempo para la intervención de los cuerpos de bomberos oficiales.

s_5 , Instalaciones de extinción.

s_6 , Instalaciones de evacuación de calor y de humo.

iii. Medidas de protección inherentes a la construcción F:

$$F = f_1 * f_2 * f_3 * f_4$$

La medida de protección contra incendios más eficaz, consiste en una concepción bien estudiada del inmueble, desde el punto de vista de la técnica de protección contra incendios.

El peligro de propagación de un incendio puede, en gran medida, limitarse considerablemente gracias a la elección juiciosa de los materiales, así como a la implantación de las medidas constructivas apropiadas (creación de células cortafuegos).

Las medidas constructivas más importantes se evalúan por medio de los factores $f_1... f_4$. El factor global F , producto de dichos factores f_i , representa la resistencia al fuego, propiamente dicha, del inmueble.

f_1 Resistencia al fuego de la estructura portante del edificio.

f_2 Resistencia al fuego de las fachadas.

f_3 Resistencia al fuego de las separaciones entre plantas teniendo en cuenta las comunicaciones verticales.

f_4 Dimensión de las células cortafuegos, teniendo en cuenta las superficies vidriadas utilizadas como dispositivo de evacuación del calor y del humo.

iv. Peligro de activación A:

El peligro de activación cuantifica la probabilidad de que un incendio se pueda producir. En la práctica, se define por la evaluación de las posibles fuentes de iniciación cuya energía calorífica o de ignición puede permitir que comience un proceso de combustión.

El peligro de activación depende, por una parte, de los factores que se derivan de la explotación misma del edificio, es decir, de los focos de peligro propios de la empresa, que pueden ser de naturaleza:

- a. Térmica,
- b. Eléctrica,
- c. Mecánica,
- d. Química.

Por otra parte depende de las fuentes de peligro originadas por factores humanos, tales como:

- a. Desorden
- b. Mantenimiento incorrecto

- c. Indisciplina en la utilización de soldadura, oxicorte y trabajos a fuego libre
- d. Fumadores, etc.

2.5.3.3 Riesgo de incendio aceptado

Para cada construcción debe tomarse en consideración un cierto riesgo de incendio. El riesgo de incendio aceptable debe definirse en cada caso ya que el nivel de riesgo admisible no puede tener el mismo valor para todos los edificios.

El método recomienda fijar el valor límite admisible (riesgo de incendio aceptado), partiendo de un riesgo normal corregido por medio de un factor que tenga en cuenta el mayor o menor peligro para las personas.

$R_U = R_n * P_{H,E} =$ Riesgo de incendio aceptado

$R_n = 1,3 =$ Riesgo de incendio normal

$P_{H,E} =$ Factor de corrección del riesgo normal, en función del número de personas y del nivel de la planta a que se aplique el método:

$P_{H,E} < 1$ para peligro de personas elevado

$P_{H,E} = 1$ para peligro de personas normal

$P_{H,E} > 1$ para peligro de personas bajo

Los edificios que presentan un peligro de personas elevado son, por ejemplo:

- i. En función del gran número de personas:
 - a. Edificios administrativos
 - b. Hoteles
- ii. En función del riesgo de pánico:
 - a. Grandes almacenes

- b. Teatros y cines
 - c. Museos
 - d. Exposiciones
- iii. En función de las dificultades de evacuación por la edad o situación de los ocupantes:
 - a. Hospitales
 - b. Asilos
 - c. Similares
- iv. En función de las dificultades inherentes a la construcción y a la organización:
 - a. Establecimientos penitenciarios
- v. En función de las dificultades de evacuación inherentes al uso particular:
 - a. Parking subterráneos de varias plantas
 - b. Edificios de gran altura

Los edificios que se considera, generalmente, que presentan un peligro normal para las personas son las construcciones industriales de ocupación normal.

Los edificios que presentan un peligro para las personas mínimos son las construcciones no accesibles al público, ocupadas por un número muy limitado de personas que conocen bien los lugares (p. ej.: ciertos edificios industriales y almacenes).

2.5.3.4 Prueba de que la seguridad contra incendio es suficiente

El cociente γ de la seguridad contra incendio resulta de la comparación del riesgo aceptado con el riesgo normal.

$$\gamma = \frac{R_u}{R}$$

La seguridad contra incendios es suficiente si las necesidades de seguridad seleccionadas se adaptan a los objetivos de protección y, con ello, $\gamma \geq 1$.

La seguridad contra incendios es insuficiente si $\gamma < 1$.

En este caso, habrá que realizar una nueva hipótesis que será conveniente ajustar a la siguiente lista de prioridades:

- i. Respetar todas las medidas normales.
- ii. Mejorar la concepción del edificio con objeto de que:
 - a. Resulte un tipo de construcción más seguro
 - b. El valor de F aumente
 - c. El valor de i disminuya
- iii. Prever medidas especiales adecuadas.

La comprobación de que la seguridad contra incendios es suficiente se debe realizar con la nueva hipótesis de protección contra incendios.

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1 Presentación y análisis de resultados

3.1.1 Levantamiento de datos

Para aplicar el método de evaluación de incendios en las bodegas de mercancías del Cuerpo de Bomberos Quito, a través de la metodología de cálculo GRETENER, se levantaron los correspondientes datos a través de la observación en campo y se realizó la documentación fotográfica necesaria para el estudio.

En resumen el método de cálculo GRETENER se evalúa a través de una serie de operaciones aritméticas de cuatro componentes. La obtención de los valores de cada uno de los factores de los componentes se la realizó de la siguiente manera.

3.1.1.1 Factores de peligro potencial

Para obtener los factores Q_m , q , c , r , k , A , p , se observó el uso específico y contenidos de la edificación, se relacionó con la actividad que corresponde en la tabla de cargas térmicas mobiliarias y factores de influencia para diversas actividades contenidas en el anexo C.

Para obtener el valor de i , se observó e identifico los materiales de los que está conformado la estructura, fachadas y tejados de cada una de las bodegas y de acuerdo al cuadro 10 del anexo D, se estableció el valor correspondiente.

Para obtener el valor de e , se identificó el número de niveles, altura del nivel y la categoría de la carga térmica mobiliaria y de acuerdo al cuadro 12 del anexo D, se estableció el valor correspondiente.

Para obtener el valor de g , se calculó la relación entre las dimensiones de largo y ancho, área total de la edificación y de acuerdo al cuadro 14 del anexo D, se estableció el valor correspondiente.

3.1.1.2 Factores de medidas normales

Para obtener los factores n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 que corresponden a las medidas básicas para la seguridad contra incendios se observó e identificó la existencia y las condiciones de instalación de elementos como extintores, bocas de incendio equipadas, fiabilidad del suministro de agua, distancia desde el edificio hacia un hidrante exterior y finalmente la existencia de personal instruido en uso de equipos de combate de incendio.

Una vez realizada esta inspección de los elementos básicos contra incendios instalados en las bodegas se estableció el valor correspondiente a cada uno de los factores de acuerdo al cuadro 15 del anexo D.

3.1.1.3 Factores de medidas especiales

Para obtener los factores s_1, s_2, s_5, s_6 que corresponden a las medidas especiales para la seguridad contra incendios se observó e identificó la existencia y las condiciones de instalación de medidas de detección de incendios, transmisión de la alarma o notificación, sistema de extinción automática y sistema para evacuación de humo, instalados en las

bodegas y en función de sus características, se estableció el valor correspondiente de cada uno de los factores de acuerdo al cuadro 16 del anexo D.

Para obtener los factores s_3 , s_4 , se investigó las condiciones operativas del Cuerpo de Bomberos Quito, como disponibilidad (estructura organizacional), tiempo de intervención de la segunda estación más cercana ya que es importante considerar que las bodegas se encuentran junto a la estación X-15, sin embargo el personal y vehículos de asignados a esta estación pueden encontrarse al momento de un eventual incendio en las bodegas atendiendo otra emergencia del sector. Una vez obtenido la información operativa de la estación se estableció el valor correspondiente a cada uno de los factores de acuerdo al cuadro 16 del anexo D.

3.1.1.4 Factores de medidas en la construcción

Para obtener los factores f_1 , f_2 , f_3 , f_4 , se observó e identificó la resistencia al fuego en términos de tiempo de los materiales que está conformado la estructura, fachadas, suelos y techos y la existencia de células cortafuego en las bodegas y en función de sus características, se estableció el valor correspondiente de cada uno de los factores de acuerdo a lo especificado en el cuadro 17 del anexo D.

Para poder determinar los factores de medidas en la construcción es necesario previamente definir el tipo de construcción que aplica a cada una de las bodegas de acuerdo a lo especificado en el cuadro 2, cuadro 3 y cuadro 4 contenidos en el anexo D.

3.1.2 Presentación de Resultados

Una vez realizada la actividad de levantamiento de datos necesarios para la aplicación del método de evaluación de riesgo GRETENER en cada bodega, se obtuvieron los siguientes resultados:

3.1.2.1 Resultados de la evaluación obtenidos en bodega tipo galpón

Tabla 4: Aplicación del método GRETENER en bodega tipo galpón

Datos generales	
Edificación tipo galpón el cual almacena mercancías como mobiliario, herramientas para labor bomberil, equipos informáticos, equipos de audio y video, artefactos de línea blanca y equipos de protección personal.	
El galpón constituye un solo compartimento, consta de una sola planta cuya altura máxima es de 8,23 metros.	
Las dimensiones del galpón son de 25,20 metros de largo y 19,00 metros de ancho.	
Una vez realizado un análisis y verificado los contenidos y ocupación de la edificación, la actividad que atribuye para este compartimento corta fuego, corresponde a grandes almacenes.	
	
Factores de peligro potencial	Valores
Carga térmica mobiliaria	q= 1,20
Combustibilidad	c= 1,20
Peligro de humos	r= 1,20
Peligro de corrosión	k= 1,20
Estructura metálica de acero, fachadas de bloque y lámina metálica, y tejado de lámina metálica carga térmica inmobiliaria	i= 1,00
Edificio de carga mobiliaria mediana, la altura de la edificación es menor a 10 metros, nivel de la planta	e= 1,15
Superficie del compartimento l:b= 1:1 y área del galpón 478 metros ²	g= 0,50

Tabla 4: Continuación

	
Medidas normales	Valores
No existe extintores manuales:	n ₁ = 0,90
No existen bocas de incendio equipadas:	n ₂ = 0,80
La red pública de agua suministra caudal de agua durante tiempo indefinido, no existe reserva de agua, presión aproximada mayor a 30 psi:	n ₃ = 0,70
Hidrante de 2 1/2" pulgadas a una distancia de 120 metros de la puerta del edificio:	n ₄ = 0,90
No existe brigada de incendio adiestrada:	n ₅ = 0,80
	
	

Tabla 4: Continuación

Medidas especiales	Valores
No existen elementos de detección de incendios:	$s_1 = 1,00$
No existen elementos de transmisión de alarma:	$s_2 = 1,00$
Existe un cuerpo de bomberos profesionales con al menos 5 personas:	$s_3 = 1,40$
La estación del cuerpo de bomberos está a más de cinco kilómetros:	$s_4 = 0,80$
No hay instalaciones automáticas de extinción:	$s_5 = 1,00$
No hay instalaciones de evacuación de humo:	$s_6 = 1,00$
 	
Medidas en la construcción	Valores
Resistencia al fuego de la estructura metálica es menor a 30 minutos	$f_1 = 1,00$
Resistencia al fuego de la fachadas es menor a 30 minutos	$f_2 = 1,00$
La resistencia al fuego de los forjados es menor a 30 minutos y el tipo de edificación es considerada tipo V	$f_3 = 1,00$
No existen compartimentos celulares	$f_4 = 1,00$
 	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 5: Hoja de cálculo GRETENER en bodega tipo galpón

Edificio:	Galpón de almacenamiento de mercancías		
Dirección:	Calle Alhambra y Pasaje A - Carapungo - Quito	N° Plantas =	1
Compartimento:	Todo	l =	25,20
		AB =	478,00
Tipo de edificio:	Tipo V (gran volumen)	b =	19,00
		l/b =	1:1
Tipo de concepto		Formula de calculo	Valores
q	Carga térmica mobiliaria	$Q_m =$	400
c	Combustibilidad		1,20
r	Peligro de humos		1,20
k	Peligro de corrosión		1,20
i	Carga térmica inmobiliaria		1,00
e	Nivel de la planta		1,15
g	Superficie del compartimento		0,50
P	Peligro potencial	$P = q * c * r * k * i * e * g$	1,19
n ₁	Extintores portátiles		0,90
n ₂	Hidrantes interiores. BIE		0,80
n ₃	Fuentes de agua-fiabilidad		0,70
n ₄	Conductos transporte de agua		0,90
n ₅	Personal instruido en extinción		0,80
N	Medidas normales	$N = n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * n_5$	0,36
s ₁	Detección de fuego		1,00
s ₂	Transmisión de alarma		1,00
s ₃	Disponibilidad de bomberos		1,40
s ₄	Tiempo para intervención		0,80
s ₅	Instalación de extinción		1,00
s ₆	Instalación evacuación de humo		1,00
S	Medidas especiales	$S = s_1 * s_2 * s_3 * s_4 * s_5 * s_6$	1,12
f ₁	Estructura portante	$F <$	30 min
f ₂	Fachadas	$F <$	30 min
f ₃	Forjados	$F <$	30 min
	• Separación de plantas		
	• Comunicaciones verticales		
f ₄	Dimensiones de las células	$AZ =$	N/A
	• Superficies vidriadas	$AF/AZ =$	N/A
F	Medidas en la construcción	$F = f_1 * f_2 * f_3 * f_4$	1,00
B	Exposición al riesgo	$B = \frac{P}{N * S * F}$	2,93
A	Peligro de activación		1,00
R	Riesgo de incendio efectivo	$R = B * A$	2,93
P _{H,E}	Situación de peligro para las personas	$H =$	10
		$p =$	1,00
R _u	Riesgo de incendio aceptado	$R_u = 1,3 * P_{H,E}$	1,30
γ	Seguridad contra incendio	$\gamma = \frac{R_u}{R}$	0,44
LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIO ES INSUFICIENTE			

Fuente: Elaborado por el autor

3.1.2.2 Resultados de la evaluación obtenidos en bodega tipo edificio bajo

Tabla 6: Aplicación del método GRETENER en bodega tipo edificio bajo

Datos generales
Edificación tipo edificio bajo el cual almacena mercancías como insumos de limpieza, suministros de oficina, insumos para la atención de emergencias médicas, medicinas, uniformes para personal administrativo, herramientas para labores bomberiles y equipo de protección personal.
La edificación consta de dos plantas comunicado por escaleras abiertas constituyendo un solo compartimento, cuya altura máxima es de 5,40 metros.
Las dimensiones de la planta son de 18,00 metros de largo y 15,00 metros de ancho.
Una vez realizado un análisis y verificado los contenidos y ocupación de la edificación, la actividad que atribuye para este compartimento corta fuego, corresponde a grandes almacenes.


Tabla 6: Continuación

Factores de peligro potencial		Valores
Carga térmica mobiliaria		q= 1,20
Combustibilidad		c= 1,20
Peligro de humos		r= 1,20
Peligro de corrosión		k= 1,20
Estructura metálica de acero, fachadas de bloque y tejado de lámina metálica carga térmica inmobiliaria		i= 1,00
Edificio de carga mobiliaria mediana, la altura de la edificación es menor a 7 metros y consta de dos plantas, nivel de la planta		e= 1,30
Superficie del compartimento l:b= 1:1 y área del galpón 540 metros ²		g= 0,50
		
Medidas normales		Valores
Existe un extintor manual lo cual es insuficiente:		n ₁ = 0,90
Existe una bocas de incendio equipada pero no es operativa:		n ₂ = 0,80
La red pública de agua suministra caudal de agua durante tiempo indefinido, no existe reserva de agua, presión aproximada mayor a 30 psi:		n ₃ = 0,70
Hidrante de 2 1/2" pulgadas a una distancia de 110 metros de la puerta del edificio:		n ₄ = 0,90
No existe brigada de incendio adiestrada:		n ₅ = 0,80
		

Tabla 6: Continuación

Medidas especiales	Valores
No existen elementos de detección de incendios operativos y funcionales:	$s_1 = 1,00$
No existen elementos de transmisión de alarma:	$s_2 = 1,00$
Existe un cuerpo de bomberos profesionales con al menos 5 personas:	$s_3 = 1,40$
La estación del cuerpo de bomberos está a más de cinco kilómetros:	$s_4 = 0,80$
No hay instalaciones automáticas de extinción:	$s_5 = 1,00$
No hay instalaciones de evacuación de humo:	$s_6 = 1,00$
 	
Medidas en la construcción	Valores
Resistencia al fuego de la estructura metálica es menor a 30 minutos	$f_1 = 1,00$
Resistencia al fuego de las fachadas es mayor a 90 minutos	$f_2 = 1,15$
La resistencia al fuego de los forjados es menor a 30 minutos y el tipo de edificación es considerada tipo V	$f_3 = 1,00$
No existen compartimentos celulares	$f_4 = 1,00$
 	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 7: Hoja de cálculo GRETENER en bodega tipo edificio bajo

Edificio:	Bajo de almacenamiento de mercancías					
Dirección:	Calle Alhambra y Pasaje A - Carapungo - Quito			N° Plantas =	2	
Compartimento:	Todo	l =	18,00	AB =	540,00	
Tipo de edificio:	Tipo V (gran volumen)	b =	15,00	l/b =	1:1	
Tipo de concepto		Formula de calculo			Valores	
q	Carga térmica mobiliaria	$Q_m =$ 400			1,20	
c	Combustibilidad				1,20	
r	Peligro de humos				1,20	
k	Peligro de corrosión				1,20	
i	Carga térmica inmobiliaria				1,00	
e	Nivel de la planta				1,30	
g	Superficie del compartimento				0,50	
P	Peligro potencial	$P = q * c * r * k * i * e * g$			1,35	
n ₁	Extintores portátiles				0,90	
n ₂	Hidrantes interiores. BIE				0,80	
n ₃	Fuentes de agua-fiabilidad				0,70	
n ₄	Conductos transporte de agua				0,90	
n ₅	Personal instruido en extinción				0,80	
N	Medidas normales	$N = n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * n_5$			0,36	
s ₁	Detección de fuego				1,00	
s ₂	Transmisión de alarma				1,00	
s ₃	Disponibilidad de bomberos				1,40	
s ₄	Tiempo para intervención				0,80	
s ₅	Instalación de extinción				1,00	
s ₆	Instalación evacuación de humo				1,00	
S	Medidas especiales	$S = s_1 * s_2 * s_3 * s_4 * s_5 * s_6$			1,12	
f ₁	Estructura portante	F <	30	min		1,00
f ₂	Fachadas	F <	90	min		1,15
f ₃	Forjados	F <	30	min		1,00
	• Separación de plantas					
	• Comunicaciones verticales					
f ₄	Dimensiones de las células	AZ =	N/A		1,00	
	• Superficies vidriadas	AF/AZ =	N/A			
F	Medidas en la construcción	$F = f_1 * f_2 * f_3 * f_4$			1,15	
B	Exposición al riesgo	$B = \frac{P}{N * S * F}$			2,88	
A	Peligro de activación				1,00	
R	Riesgo de incendio efectivo	$R = B * A$			2,88	
P _{H,E}	Situación de peligro para las personas	H =	10		1,00	
		p =	1,00			
R _u	Riesgo de incendio aceptado	$R_u = 1,3 * P_{H,E}$			1,30	
γ	Seguridad contra incendio	$\gamma = \frac{R_u}{R}$			0,45	
LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIO ES INSUFICIENTE						

Fuente: Elaborado por el autor

3.1.3 Análisis de resultados

Una vez aplicado el método de cálculo GRETENER en las dos bodegas de materiales y presentado los resultados obtenidos en cada factor de peligro y medidas de protección que incluye la metodología de evaluación, se analizó e interpreto de forma simple los datos resultantes.

Tabla 8: Resumen de análisis de resultados obtenidos

Estructura	Resultado obtenido		Interpretación/ Análisis
Bodega tipo galpón	Riesgo de incendio efectivo:	2,93	El riesgo es inaceptable pues supera en más del 100% el valor de riesgo aceptable establecido para este tipo de ocupaciones, por lo cual requiere intervención inmediata.
	Riesgo de incendio aceptable:	1,30	Valor estándar
	Seguridad contra incendio:	0,44	La seguridad contra incendio es insuficiente pues se encuentra 50% por debajo del valor de riesgo aceptable establecido para este tipo de ocupaciones, por lo cual requiere intervención inmediata.
	Seguridad contra incendio aceptable:	1,00	Valor estándar.
Bodega tipo edificio bajo	Riesgo de incendio efectivo:	2,88	El riesgo es inaceptable pues supera en más del 100% el valor de riesgo aceptable establecido para este tipo de ocupaciones, por lo cual requiere intervención inmediata.
	Riesgo de incendio aceptable:	1,30	Valor estándar.
	Seguridad contra incendio:	0,45	La seguridad contra incendio es insuficiente pues se encuentra 50% por debajo del valor de riesgo aceptable establecido para este tipo de ocupaciones, por lo cual requiere intervención inmediata.
	Seguridad contra incendio aceptable:	1,00	Valor estándar.

Fuente: Elaborado por el autor

Conocidos los resultados finales de la evaluación del riesgo de incendio se realizó el análisis de cada uno de los conceptos que son parte del método con el fin de determinar los factores críticos en los cuales se puede intervenir directamente para aumentar la seguridad contra incendio en las bodegas, disminuir el valor de riesgo efectivo y a la vez establecer los factores en los cuales no se puede actuar debido a las condiciones propias y de infraestructura ya establecidas en las bodegas.

Tabla 9: Análisis de resultados según tipo de concepto

Tipo de concepto	Factores del concepto	Análisis
Peligro potencial	q Carga térmica mobiliaria	Estos factores dependen del uso de las edificaciones y al requerir bodegas de almacenamiento de mercancías no se puede actuar en esta condición.
	c Combustibilidad	
	r Peligro de humos	
	k Peligro de corrosión	
	i Carga térmica inmobiliaria	Estos factores son función de las características físicas y constructivas ya concebidas de las edificaciones por lo cual no se puede intervenir.
	e Nivel de la planta	
	g Superficie del compartimento	
Medidas normales	n ₁ Extintores portátiles	En estos factores se puede influir de forma positiva a través de un diseño y selección de elementos de extinción efectivos y adiestrando al personal.
	n ₂ Hidrantes interiores. BIE	
	n ₃ Fuentes de agua-fiabilidad	
	n ₄ Conductos transporte de agua	
	n ₅ Personal instruido en extinción	
Medidas especiales	s ₁ Detección de fuego	En estos factores se puede actuar a través del diseño del sistema de detección y notificación.
	s ₂ Transmisión de alarma	
	s ₃ Disponibilidad de bomberos	Factores organizacionales en los cuales no se puede intervenir.
	s ₄ Tiempo para intervención	
	s ₅ Instalación de extinción	En estos factores se puede intervenir a través del diseño de un sistema de rociadores.
	s ₆ Instalación evacuación humo	
Medidas en la construcción	f ₁ Estructura portante	En estos factores se puede actuar a través del aumento de la resistencia al fuego de los elementos estructurales y la compartimentación.
	f ₂ Fachadas	
	f ₃ Forjados	
	f ₄ Dimensiones de las células	

Fuente: Elaborado por el autor

3.2 Aplicación Práctica

Con los análisis realizados se evidencia que es necesario intervenir de forma inmediata y efectiva en las bodegas de almacenamiento a fin de mejorar las condiciones de seguridad contra incendio, sin embargo es importante que las medidas propuestas en el estudio guarden armonía con las exigencias técnicas dispuestas en el Distrito Metropolitano por lo cual se realizó un análisis de estos requerimientos.

Tabla 10: Análisis comparativo del método con la exigencia normativa

Factores del concepto	Exigencia normativa
A: Peligro de activación	RTQ 1: Exige que se cumplan con varias medidas para prevenir la ignición eléctrica en toda edificación. RTQ 3: Establece que deberá cumplir con la distancias mínimas en pasillos al interior de almacenamientos.
n ₁ : Extintores portátiles	RTQ 1 y RTQ 3: Exige la instalación de extintores portátiles operativos en toda el área de la edificación.
n ₂ : Hidrantes interiores. BIE	RTQ 8: Establece los criterios para la el diseño e instalación de los sistemas de extinción de incendios.
n ₃ : Fuentes de agua-fiabilidad	RTQ 8: Establece los criterios para el diseño e instalación de los sistemas de extinción de incendios.
n ₅ : Personal instruido en extinción	RTQ 3: Dispone que las edificaciones de este tipo cuente con un plan de emergencias, no exige la conformación de brigadas contra incendios.
s ₁ : Detección de fuego	RTQ 3: Exige la instalación de medios manuales y detección automática en el caso de edificaciones de altura superiores a 6 metros y mayores a 500 m ² como sector de incendio cuando no existe sistema de rociadores automáticos.
s ₂ : Transmisión de alarma	
s ₅ : Instalación de extinción	RTQ 3: Exige la instalación de un sistema de rociadores automáticos en áreas mayores a 250 m ² de riesgo ordinario y alto. RTQ 8: Establece los criterios para la el diseño e instalación de los sistemas de extinción de incendios.
f ₁ : Estructura portante	RTQ 3: Establece que los elementos estructurales en las edificaciones de riesgo ordinario deberán cumplir con un tiempo de resistencia al fuego de mínimo 60 minutos.

Fuente: Elaborado por el autor

De acuerdo a la legislación local actual las medidas de control adoptadas para el caso en estudio, denominado como estrategia de protección de incendios deberá cumplir lo dispuesto en la Ordenanza Metropolitana N° 0470, la cual contempla las Reglas Técnicas en Materia de Prevención de Incendios en el Ordenamiento Metropolitano de Quito y considerando el análisis realizado en el numeral anterior respecto a la relación con el cumplimiento de las Reglas Técnicas incluidas en la Ordenanza, se determina que obtener los criterios de diseño a través de estándares, códigos y manuales de la NFPA (Asociación Nacional de Protección de Incendios) garantiza un diseño efectivo en la protección de incendios en bodegas y a la vez se cumple con las exigencias establecidas en la legislación local y nacional.

Por lo expuesto la estrategia de protección de incendios que se plantea para la protección de incendios, considerando el entorno, estructura y contenidos de las bodegas serán las siguientes:

- i. Prevención de la ignición
- ii. Control del incendio mediante la construcción
- iii. Detección y notificación temprana del fuego
- iv. Extinción automática y manual del incendio

3.2.1 Prevención de la ignición

Las medidas para prevenir la ignición están relacionadas con el aislamiento de fuentes potenciales de calor de los materiales combustibles, en el caso de las bodegas de mercancías, se ha realizado la identificación de las fuentes de calor potenciales y se han determinado las siguientes medidas de prevención que se deben implantar para las dos bodegas de mercancías:

Tabla 11: Medidas para prevenir la ignición

Fuentes potenciales	Medidas de prevención
Elementos de fumar y encendedores	Respetar la prohibición de fumar en espacios interiores.
	Realizar controles periódicos.
Descargas atmosféricas	Instalar un pararrayos en la bodega tipo galpón.
	Instalación a tierra de la estructura metálica.
Exposición a otros incendios	Desbroce de la vegetación exterior.
	Mantenimiento de la vegetación exterior.
Basura, pelusa y polvo	Limpieza periódica en el interior y exterior de las bodegas
	Descarte y traslado de bienes inservibles y chatarra.
	Realizar controles periódicos de limpieza.
Sistema eléctrico	Diagnóstico del sistema eléctrico según código eléctrico.
	Mantenimiento correctivo de ser necesario.
	Señalización y protección del sistema eléctrico.
	Separación y aislamiento de material combustible adyacente.
Control de tipo, cantidad y distribución de combustibles	Organización de mercancías según tipo de producto.
	No exceder la capacidad de almacenamiento de mercancías según el área diseñada.
	Cumplir con la distancia mínima de un metro de separación entre estanterías en pasillos
	Cumplir con la altura de almacenamiento hacia luminarias, rociadores, detectores de humo y cubierta.
	Realizar controles periódicos de orden, cantidad y distribución de las mercancías.

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.1.1 Sistema de Descargas Atmosféricas (Pararrayos)

Como medida para prevenir la ignición por la eventual caída de un rayo en las bodegas se considera necesario la instalación de un pararrayo en la bodega tipo galpón.

Es importante considerar que a pesar que el pararrayos es requerido en la bodega tipo galpón, los criterios para la selección de este sistema contempla la posibilidad

que en función de su ubicación esté pueda brindar protección a la bodega tipo edificio que se encuentra adyacente a la bodega tipo galpón.

Tabla 12: Criterios para selección de pararrayo

Especificaciones pararrayo	
Cantidad:	1
Ubicación:	Bodega tipo galpón
Nivel de ubicación:	N +8,23
Tipo de pararrayo:	Ionizante
Radio de cobertura:	25 metros

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.2 Control del incendio mediante la construcción

3.2.2.1 Protección estructural

La protección estructural posibilita a la edificación mantener su estabilidad durante un mayor tiempo (60 min) en caso de incendio, permitiendo que las entidades de emergencias realicen las operaciones de extinción y aseguramiento de la escena. La protección estructural se deberá aplicar a las dos bodegas de mercancías de acuerdo a los siguientes criterios:

Tabla 13: Criterios para la protección estructural

Bodega	Elemento estructural	Material estructural	Tipo de tratamiento	RF min
Galpón	Columnas principales	Acero estructural	Pintura intumescente	60 min
	Vigas principales	Acero estructural	Pintura intumescente	60 min
Edificio Bajo	Columnas principales	Acero estructural	Pintura intumescente	60 min
	Vigas principales	Acero estructural	Pintura intumescente	60 min
	Columnas de escaleras	Acero estructural	Pintura intumescente	60 min
	Vigas de escaleras	Acero estructural	Pintura intumescente	60 min
	Columnas exteriores	Hormigón armado	Ninguno	90 min
	Vigas exteriores	Hormigón armado	Ninguno	90 min

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.2.2 Compartimentación

La compartimentación permitirá evitar la propagación horizontal y vertical en las edificaciones, en el caso de las bodegas no se contempla la construcción de sectores compartimentados al interior de las dos edificaciones debido a que las mercancías almacenadas están categorizadas como riesgo ordinario y no existe almacenamiento de sustancias de alta inflamabilidad o explosivas que requieran medidas de protección específicas.

El unico sector que se considera para ser independiente y compartimentado es la sala de maquinas del sistema contra incendios, considerando que estos equipos tienen la mision principal de salvar vidas y proteger bienes por lo cual se debe garantizar que esten protegidos de cualquier afactacion por la propagacion del incendio de acuerdo a los siguientes criterios.

Tabla 14: Criterios para la compartimentación sala de bombas

Criterios de compartimentación	
Ambiente:	Sala de bombas contra incendio
Resistencia al fuego:	120 min
Materiales:	Mampostería
Puerta:	Cortafuego

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.2.3 Medios de egreso

Los medios de egreso en las bodegas deben garantizar una evacuación rápida y segura de las personas que se encuentren en el interior de las bodegas, también deben proporcionar condiciones de seguridad para que el personal del Cuerpo de Bomberos puedan realizar sus operaciones durante el ciclo de la emergencia.

Considerando que la ocupación de almacenamiento no se caracteriza por contar con un número elevado de personas y tomando como referencia los criterios establecidos por el Código de Seguridad Humana NFPA 101 se ha determinado las siguientes especificaciones.

Tabla 15: Especificaciones de los medios de egreso.

Medios de egreso	Especificaciones	Bodega tipo galpón	Bodega tipo edificio bajo
Verticales	Tipo de escalera:	Abierta	n/a
	Numero de escaleras:	1	n/a
	Ancho de escalera:	1.20 m	n/a
	Profundidad mínima de la huella	0.28 cm	n/a
	Altura mínima contrahuella	10 cm	n/a
	Altura máxima contrahuella	18 cm	n/a
	Barandas de protección:	1 m altura	n/a
Horizontales	Número de salidas:	1	2
	Ancho de recorrido a la salida:	1 m	1 m
	Distancia de recorrido a la salida:	40 m	25 m
	Ancho de la descarga de la salida:	4 m	2 m
	Batiente de puertas:	Sentido evacuación	Sentido evacuación

Fuente: Elaborado por el autor

Es importante indicar que en el tema de los medios de egreso se realizó la identificación de las rutas de evacuación horizontal y vertical, así como sus componentes y se realizó las mediciones de estas condiciones actuales en las cuales se estableció que las mismas cumplen con la referencia internacional antes citada por lo cual no existe la necesidad de realizar modificaciones en los medios de egreso mientras se mantenga de forma permanente estas condiciones.

3.2.2.4 Iluminación

Como componente de los medios de egreso es necesario la instalación de equipos de iluminación de emergencia que provean las condiciones de necesarias para una evacuación rápida y segura al exterior de las bodegas.

La iluminación de emergencia se instalara en las dos bodegas de mercancías de acuerdo a las siguientes especificaciones.

Tabla 16: Especificaciones de la Iluminación de emergencia

Especificaciones	Bodega tipo galpón	Bodega tipo edificio bajo
Cantidad:	8 lámparas	6 lámparas
Tipo de Equipo:	Lámpara de emergencia bifocal	
Tiempo de Autonomía:	120 minutos	
Tiempo de carga:	24 horas recargable	
Activación:	Automática	
Tiempo de respuesta:	1 seg	
Valor de Iluminación:	10 lux mínimo	
Alimentación eléctrica:	110 V	
Ubicación:	Medios de egreso horizontales	
	Medios de egreso verticales	
	Recorridos a la salida	
	Sala de bombas contra incendio	

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.2.5 Señalización de emergencia

En las dos bodegas de mercancías se deberá instalar señalización luminosa que permita conducir o identificar a las personas hacia los medios de egreso y salidas de forma fácil antes y durante la emergencia.

También es necesario la instalación de rótulos que permitan identificar los elementos de protección de incendios, señales de advertencia en caso de materiales peligrosos, elementos eléctricos etc., de acuerdo a las ISO-INEN 3864-1:2013.

Tabla 17: Especificaciones para los rótulos de señalización

Tipo de Señal	Especificaciones	
Evacuación	Tipo:	Luminoso LED
	Símbolo:	Verde
	Fondo:	Transparente
	Dimensiones:	345 x 125 mm
	Tiempo funcionamiento:	120 min
	Alimentación:	110 V
Contra Incendios	Símbolo:	Blanco
	Fondo	Rojo
	Dimensiones:	420 x 297 mm
Advertencia	Símbolo:	Negro
	Fondo:	Amarillo
	Dimensiones:	420 x 297 mm

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.3 Sistema de detección y notificación automática

El sistema de sistema de detección y notificación automática tiene la misión de detectar y notificar de forma temprana un posible incendio, permitiendo que se tomen acciones oportunas para su control. El sistema está conformado por tablero de control, detectores de incendios, aparatos de notificación, dispositivos indicadores de alarma y supervisión.

Para el diseño del sistema de detección y notificación se tomó como referencia lo establecido en los estándares de la NFPA 72, garantizando de esta forma que el sistema responda de forma confiable y segura.

3.2.3.1 Tablero de control

El tablero de control es el elemento que permite recibir las señales todos los dispositivos iniciadores como detectores, pulsadores manuales, dispositivos de alarma y supervisión y a la vez envía las señales para que los elementos actuadores como aparatos acústicos, estrobos necesarios en este estudio, entren en operación automáticamente al momento de un incendio.

Los criterios para la selección del panel de control están en función de las necesidades propias del circuito de detección y los elementos de alarma y supervisión del sistema de rociadores, es importante considerar las características físicas de las edificaciones para dimensionar correctamente las entradas y salidas del panel así como el tipo de tecnología a requerirse.

Tabla 18: Criterios para selección del panel de control

Criterios panel de control	
Ubicación:	Garita de ingreso a estación
Tipo:	Convencional ampliable
Zonas de detección:	4 zonas
Detectores por zona:	12 detectores
Salidas:	8 salidas
	24 VDC nominal
	4 Amp.
Módulos:	Multi compatibilidad
	Entrada, salida
Ambiente:	Interior, seco
Temperatura de operación:	Desde 0 °C a 40 °C
Humedad relativa:	Hasta 80%
Alimentación primaria:	Suministro eléctrico publico
Alimentación Secundaria:	Batería de 18 Ah, 12 V.

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.3.2 Detectores automáticos de incendio

Para la detección oportuna de un posible incendio es necesario identificar los contenidos que se encuentran en las bodegas y analizar el tipo de combustible y su velocidad de combustión con el fin de determinar el tipo de detector que cumpla eficazmente con la función de detección.

Para la selección de los detectores de humo en las bodegas de mercancías se consideró que los materiales almacenados al entrar en proceso de combustión presentarían una evolución lenta con desprendimiento de partículas visibles en su etapa de origen, por lo cual se ha establecido los siguientes criterios para la selección de los dispositivos de iniciación.

Tabla 19: Criterios para la protección estructural

Criterios de diseño/especificaciones	Bodega tipo galpón	Bodega tipo edificio bajo
Cantidad:	6	8
Tipo:	Humo óptico	Humo óptico
Tecnología:	Analógico	Analógico
Distancia máxima entre detectores:	8 m	8 m
Temperatura funcionamiento:	0 °C a 70 °C	0 °C a 70 °C
Humedad:	10% a 80%	10% a 80%
Orientación:	Paralelo al techo	Paralelo al techo
Sección de cable mínimo:	2,50 mm ²	2,50 mm ²

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.3.3 Aparatos de notificación

Como elementos del sistema de detección y notificación es necesario contar con señales audibles y visuales, que cumplen con la misión de alertar a los ocupantes internos y externos de las bodegas en caso de incendios.

Para la selección de estos elementos deben considerarse el número de personas en la edificación y las características de los medios de egreso para lo cual se ha establecido los siguientes criterios:

Tabla 20: Especificaciones para aparatos de notificación

Especificaciones		Bodega tipo galpón	Bodega tipo edificio bajo
Pulsador manual	Cantidad:	1	2
	Tecnología:	Analógica	Analógica
	Accionamiento:	Manual simple	Analógico
	Fuerza activación:	5 lb	5 lb
	Ubicación:	Descarga de salida	Descarga de salida
Sirena con estrobo	Cantidad:	1	1
	Tecnología:	Analógica	Analógica
	Intensidad audio:	Multi intensidad	Multi intensidad
	Intensidad candela:	Multi candela	Multi candela

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.3.4 Dispositivos indicadores de alarma y supervisión

Los dispositivos iniciadores de alarma y supervisión son señales que vienen de los elementos de control y supervisión del sistema de rociadores cuya función es alertar al panel de control que existe flujo de agua en la red, también permite conocer el estado de apertura o cierre de las válvulas de control del sistema de extinción.

Tabla 21: Especificaciones dispositivos iniciadores de alarma y supervisión

Criterios de diseño/especificaciones		Bodega tipo galpón	Bodega tipo edificio bajo
Sensor de flujo	Cantidad:	1	1
	Tecnología:	Analógica	Analógica
	Ubicación:	Tubería principal transversal	Tubería principal transversal
Interruptor de supervisión	Cantidad:	1	1
	Tecnología:	Analógica	Analógica
	Ubicación:	Tubería principal transversal	Tubería principal transversal

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4 Sistema de extinción automática y manual de incendios

El sistema de extinción automático y manual contra incendio destinado para el control del incendio a través del método de enfriamiento, está conformado por una red combinada que contiene agua bajo presión a todo momento a través de un sistema automático de rociadores y conexiones de manguera clase II.

Para el diseño de la red de rociadores automáticos y las conexiones de mangueras se tomó como referencia lo establecido en los estándares de la NFPA 13 y NFPA 14, garantizando de esta forma un diseño efectivo e eficiente, Los criterios de diseño fueron aplicados en una hoja electrónica de cálculo hidráulico de acuerdo del anexo E.

3.2.4.1 Sistema de rociadores automáticos

El sistema automático de extinción para proteger las bodegas consiste en una red húmeda de rociadores el cual tiene el propósito de controlar un eventual incendio sin la intervención humana, antes que el mismo llegue a una etapa de desarrollo, evitando que se contamine y se afecte todos los contenidos presentes en las dos bodegas.

Para el diseño de la red de rociadores automáticos se adoptó la metodología de densidad / área de diseño, considerando la clasificación del riesgo de las mercancías como riesgo ordinario grupo 2 y el cálculo hidráulico se lo realizó en referencia a la demanda de caudal y presión en el rociador más desfavorable de las dos bodegas de mercancías.

Una vez realizado los cálculos necesarios y los diagramas de espaciamiento y recorridos de la tubería se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 22: Criterios para la instalación del sistema de rociadores automáticos

Criterios de diseño/especificaciones	Bodega tipo galpón	Bodega tipo edificio bajo
Clasificación del riesgo	Ordinario grupo 2	Ordinario grupo 2
Densidad de diseño	0.20 gpm/pie ²	0.20 gpm/pie ²
Área de diseño:	139 m ²	139 m ²
Factor K rociador	5,6 gpm/psi ^{1/2}	5,6 gpm/psi ^{1/2}
Nº rociadores en área de diseño:	15 rociadores	15 rociadores
Nº rociadores máximo por ramal:	4 rociadores	4 rociadores
Rango temperatura de activación:	57-77 °C	57-77 °C
Respuesta de rociador:	Estándar	Estándar
Cobertura del rociador:	Estándar	Estándar
Distancia entre ramales:	3,00 m	3,00 m
Distancia entre rociadores:	3.20 m	3.20 m
Área de cobertura por rociador:	9,60 m ²	9,60 m ²
Orientación del rociador:	Montante	Montante
Duración del abastecimiento:	60 min	60 min
Tamaño de conexión:	½ pulg	½ pulg
Tipo de conexión:	NPT	NPT
Presión requerido en rociador más desfavorable:	14 psi	-
Caudal requerido en rociador más desfavorable:	21 gpm	-
Caudal del sistema:	346 gmp	-
Presión del sistema:	34 psi	-

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4.1 Conexiones de mangueras

Como parte del sistema de extinción manual se ha considerado la instalación de conexiones de manguera clase II, elementos que formaran parte de la red de rociadores automáticos y que tienen el propósito extinguir el incendio en su inicio o liquidar el incendio en su etapa final y podrán ser operadas por brigadas entrenadas en combate de incendios o personal del Cuerpo de Bomberos.

Para los requerimientos de las conexiones de manguera se consideró el mismo criterio de la clasificación de riesgo ordinario grupo 2, con lo cual se estableció las siguientes especificaciones:

Tabla 23: Criterios para la instalación de conexiones de manguera

Especificaciones	Bodega tipo galpón	Bodega tipo edificio bajo
Clasificación del riesgo:	Ordinario	Ordinario
Ubicación:	Interior	Interior
Número de conexiones:	1	1
Clase de conexión:	Clase II	Clase II
Tamaño de conexión:	1 ½ pulg	1 ½ pulg
Tipo de conexión:	NPT	NPT
Altura de instalación:	1,20 m	1,20 m
Caudal de descarga conexión:	100 gpm	-
Caudal combinado:	446 gpm	-
Presión requerida (TDH):	65 psi	-

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4.2 Tuberías de la red combinada contra incendios

Para los requerimientos de las conexiones de manguera se consideró el mismo criterio de la clasificación de riesgo ordinario grupo 2, con lo cual se estableció las siguientes especificaciones:

Tabla 24: Criterios para la instalación de conexiones de manguera

Elementos	Flujo	Diámetro	Material	Especificación
Tubería de ramal:	66 gpm	1 ½ pulg	Acero negro	ASTM A53
Tubería principal transversal:	270 gpm	2 ½ pulg	Acero negro	ASTM A53
	346 gpm	3 pulg	Acero negro	ASTM A53
Montante:	346 gpm	4 pulg	Acero negro	ASTM A53
Tubería drenaje	n/a	1 ¼ pulg	PVC	-

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4.3 Sistema de presión para la red combinada contra incendios

El sistema de presión cumple la función de mantener permanentemente presurizada la red de tuberías para la descarga de agua tanto del sistema de rociadores como las conexiones de manguera en caso de ser requerido.

Para el diseño del sistema de presión se tomó como referencia lo establecido en el estándar de la NFPA 20, garantizando que el sistema responda con nivel de confiabilidad aceptable en caso de un siniestro.

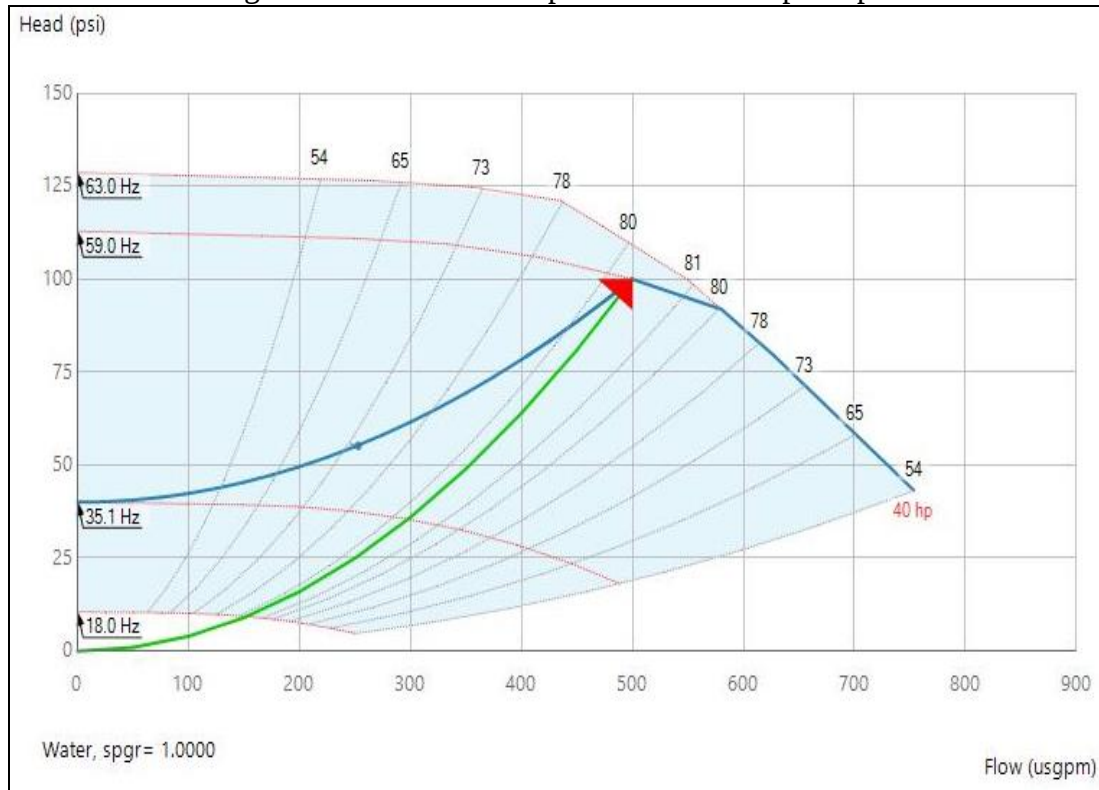
Conforme el cálculo hidráulico previamente realizado, la bomba principal encargada de suministrar el caudal y presión de la red combinada contra incendio deberá tener las siguientes características.

Tabla 25: Especificaciones para la bomba principal contra incendios

Especificaciones bomba principal	
Caudal Nominal:	500 gpm
Cabeza Dinámica nominal (TDH):	100 psi
Caudal al 150%:	750 gpm
Potencia:	40 hp
Potencia al freno:	36.51 hp
Tipo de Bomba:	Turbina vertical
Velocidad de operación nominal:	3521 rpm
Tipo de Succión:	Negativa
Tipo de energía del Impulsor:	Eléctrica
Alimentación:	460/3/60
Diámetro de succión:	3 pulg
Diámetro d descarga:	3 pulg

Fuente: ARMSTRONG Fire Pumps

Figura 5: Curva de desempeño de la bomba principal



Fuente: ARMSTRONG Fire Pumps

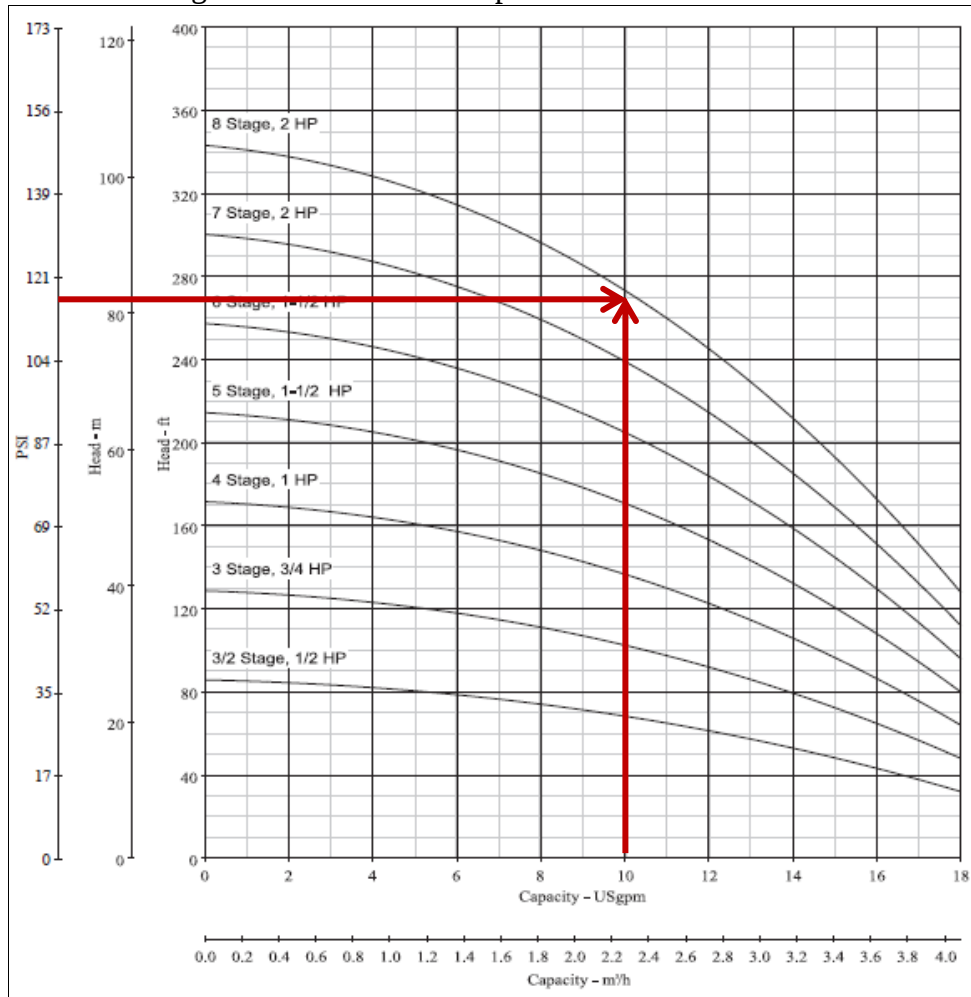
Como parte del sistema de presión de la red combinada contra incendio es necesaria la instalación de una bomba auxiliar que tiene la función de mantener la presión necesaria en el sistema, así como de compensar las pequeñas fugas que se pudieren presentar en el sistema.

Tabla 26: Especificaciones para la bomba auxiliar contra incendios

Especificaciones bomba auxiliar (jockey)	
Caudal Nominal:	10 gpm
Cabeza Dinámica nominal (TDH):	115 psi
Potencia:	2 hp
Tipo:	Vertical multi etapas
Tipo de Succión:	Negativa
Tipo de energía del Impulsor:	Eléctrica
Velocidad de operación nominal:	3450 rpm

Fuente: PENTAIR, AURORA

Figura 6: Curva de desempeño de la bomba auxiliar



Fuente: PENTAIR, AURORA

Los accesorios necesarios por norma para el funcionamiento óptimo del sistema de presión de la red combinada contra incendio deben cumplir con las siguientes características.

Tabla 27: Accesorios principales del sistema

Diámetros de los accesorios	
Válvula indicadora:	5 Pulg
Válvula de alarma:	5 Pulg
Manómetros de succión:	3 Pulg
Manómetros de descarga:	3 Pulg
Diámetro de tubería de succión:	5 Pulg
Diámetro de tubería de descarga:	5 Pulg

Fuente: Elaborado por el autor

La red combinada contra incendio estará provista de boca de impulsión para la conexión del Cuerpo de Bomberos en caso de ser necesario de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Tabla 28: Especificaciones de la boca de impulsión

Especificaciones	
Cantidad:	1
Ubicación:	Fachada lateral
Altura:	90 cm del piso terminado
Diámetro de ingreso:	2 ½ pulg doble entrada
Diámetro de salida:	4 pulg
Tipo de Rosca:	NST Interna
Válvula Check:	4 pulg

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4.4 Autonomía eléctrica para la red combinada contra incendios

La alimentación eléctrica para el funcionamiento de la red combinada contra incendios deberá garantizar que el sistema se mantenga operativo de forma permanente independiente del suministro público de energía eléctrica.

La puesta en marcha del sistema extinción de incendios deberá ser automático para lo cual se puede considerar las siguientes opciones.

Tabla 29: Criterios para la autonomía eléctrica

Criterios técnicos		
Opción 1	Fuente de suministro Primaria:	Suministro publico
	Fuente de suministro Secundaria:	Generador eléctrico
Opción 2	Fuente de suministro Primaria:	Motor de combustión interna (diesel)
	Fuente de suministro Secundaria:	n/a

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4.5 Suministro de agua

La reserva de almacenamiento de agua debe proveer el flujo necesario para el funcionamiento del sistema combinado contra incendio, incluso en caso de desabastecimiento del suministro público para lo cual se considerara lo siguiente.

Tabla 30: Criterios para el suministro de agua

Criterios técnicos	
Riesgo de la edificación:	Ordinario
Caudal requerido del sistema combinado:	500 gpm
Tiempo mínimo de suministro:	60 min
Volumen exclusivo para combate de incendios:	30000 gal

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4.6 Extintores portátiles

La instalación de extintores portátiles están destinados a extinguir el fuego en la etapa inicial del incendio por parte de personal entrenado en uso y manejo de extintores, para obtener los criterios de selección de extintores es imprescindible conocer y analizar la naturaleza de los combustibles, así como el ambiente físico donde se ubicara el extintor.

Los extintores portátiles se deberán instalar en las dos bodegas de almacenamiento de mercancías considerando que la ubicación del extintor no diste de más de 15 metros de recorrido para el alcance de las personas y de acuerdo a los siguientes criterios.

Tabla 31: Criterios para la selección de extintores

Características	Bodega tipo galpón	Bodega tipo edificio bajo
Cantidad:	3	3
Capacidad:	20 libras	20 libras
Tipo:	A-B-C	A-B-C
Agente Extintor:	Químico seco	Químico seco

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4.7 Mantenimiento

Para garantizar el correcto funcionamiento y alargar el tiempo de vida del sistema combinado de extinción de incendios es necesario realizar el mantenimiento respectivo a los diferentes dispositivos y elementos del sistema contra incendio con las siguientes consideraciones.

Tabla 32: Criterios para la selección de extintores

Dispositivo - Elemento		Frecuencia
Sistema de Rociadores	Inspección:	Trimestral
	Prueba:	Semestral
	Mantenimiento:	Anual
Sistemas conexión de mangueras	Inspección:	Anual
	Prueba:	5 años
	Mantenimiento:	Anual
Bombas de Incendios	Inspección:	Semanal
	Prueba:	Anual
	Mantenimiento:	Anual
Extintores portátiles	Inspección:	Semanal
	Mantenimiento:	Anual

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.5 Simulación de evaluación de incendios

Una vez establecidos los criterios de diseño para la estrategia de protección de incendios (ingeniería conceptual) es necesario realizar una simulación en base a los nuevos factores determinados. Para la simulación se utilizó el mismo método original de evaluación con el propósito de verificar que al aplicar estas medidas de control se puede conseguir una reducción del riesgo, así también es importante comprobar la efectividad que tendrían las medidas de protección al ser aplicadas, debido al incremento significativo de la seguridad contra incendio que da como resultado la aplicación método GRETENER.

Tabla 33: Simulación de aplicación del método GRETENER en bodega tipo galpón

Datos generales	
Los datos generales de la bodega tipo galpón se mantienen constantes debido a que no se contempla una modificación o remodelación de las características constructivas y físicas de la edificación por lo cual en este estudio no son modificables.	
Factores de peligro potencial	Valores
Carga térmica mobiliaria	q= 1,20
Combustibilidad	c= 1,20
Peligro de humos	r= 1,20
Peligro de corrosión	k= 1,20
Estructura metálica de acero, fachadas de bloque y lámina metálica, y tejado de lámina metálica carga térmica inmobiliaria	i= 1,00
Edificio de carga mobiliaria mediana, la altura de la edificación es menor a 10 metros, nivel de la planta	e= 1,15
Superficie del compartimento l:b= 1:1 y área del galpón 478 metros ²	g= 0,50
Medidas normales	Valores
Existe extintores portátiles suficientes y operativos:	n ₁ = 1,00
Existe conexión de manguera (boca de incendio equipada):	n ₂ = 1,00
La red pública de agua suministra caudal de agua durante tiempo definido, si existe reserva de agua, presión mayor a 65 psi:	n ₃ = 1,00
Hidrante de 2 1/2" pulgadas a una distancia de 120 metros de la puerta del edificio:	n ₄ = 0,90
No existe brigada de incendio adiestrada:	n ₅ = 0,80
Medidas especiales	Valores
Existe un sistema de detección automática de incendios:	s ₁ = 1,45
Existen elementos para la transmisión de alarma por central de detección:	s ₂ = 1,10
Existe un cuerpo de bomberos profesionales con al menos 5 personas:	s ₃ = 1,40
La estación del cuerpo de bomberos está a más de cinco kilómetros:	s ₄ = 0,80
Existe instalaciones automáticas de extinción:	s ₅ = 1,70
No hay instalaciones de evacuación de humo:	s ₆ = 1,00
Medidas en la construcción	Valores
Resistencia al fuego de la estructura metálica es menor a 60 minutos	f ₁ = 1,20
Resistencia al fuego de la fachadas es menor a 30 minutos	f ₂ = 1,00
La resistencia al fuego de los forjados es menor a 30 minutos y el tipo de edificación es considerada tipo V	f ₃ = 1,00
No existen compartimentos celulares	f ₄ = 1,00

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 34: Hoja de cálculo simulación GRETENER en bodega tipo galpón

Edificio:	Galpón de almacenamiento de mercancías		
Dirección:	Calle Alhambra y Pasaje A - Carapungo - Quito	N° Plantas =	1
Compartimento:	Todo	l =	25,20
		AB =	478,00
Tipo de edificio:	Tipo V (gran volumen)	b =	19,00
		l/b =	1:1
Tipo de concepto		Formula de calculo	Valores
q	Carga térmica mobiliaria	$Q_m =$	400
c	Combustibilidad		1,20
r	Peligro de humos		1,20
k	Peligro de corrosión		1,20
i	Carga térmica inmobiliaria		1,00
e	Nivel de la planta		1,15
g	Superficie del compartimento		0,50
P	Peligro potencial	$P = q * c * r * k * i * e * g$	1,19
n ₁	Extintores portátiles		1,00
n ₂	Hidrantes interiores. BIE		1,00
n ₃	Fuentes de agua-fiabilidad		1,00
n ₄	Conductos transporte de agua		0,90
n ₅	Personal instruido en extinción		0,80
N	Medidas normales	$N = n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * n_5$	0,72
s ₁	Detección de fuego		1,45
s ₂	Transmisión de alarma		1,10
s ₃	Disponibilidad de bomberos		1,40
s ₄	Tiempo para intervención		0,80
s ₅	Instalación de extinción		1,70
s ₆	Instalación evacuación de humo		1,00
S	Medidas especiales	$S = s_1 * s_2 * s_3 * s_4 * s_5 * s_6$	3,04
f ₁	Estructura portante	$F <$	60 min
f ₂	Fachadas	$F <$	30 min
f ₃	Forjados	$F <$	30 min
	• Separación de plantas		
	• Comunicaciones verticales		
f ₄	Dimensiones de las células	$AZ =$	N/A
	• Superficies vidriadas	$AF/AZ =$	N/A
F	Medidas en la construcción	$F = f_1 * f_2 * f_3 * f_4$	1,20
B	Exposición al riesgo	$B = \frac{P}{N * S * F}$	0,45
A	Peligro de activación		1,00
R	Riesgo de incendio efectivo	$R = B * A$	0,45
P _{H,E}	Situación de peligro para las personas	$H =$	10
		$p =$	1,00
R _u	Riesgo de incendio aceptado	$R_u = 1,3 * P_{H,E}$	1,30
γ	Seguridad contra incendio	$\gamma = \frac{R_u}{R}$	2,86
LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIO ES SUFICIENTE			

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 35: Simulación de aplicación del método GRETENER en bodega tipo edificio bajo

Datos generales	
Los datos generales de la bodega tipo edificio bajo se mantienen constantes debido a que no se contempla una modificación o remodelación de las características constructivas y físicas de la edificación por lo cual en este estudio no son modificables.	
Factores de peligro potencial	Valores
Carga térmica mobiliaria	q= 1,20
Combustibilidad	c= 1,20
Peligro de humos	r= 1,20
Peligro de corrosión	k= 1,20
Estructura metálica de acero, fachadas de bloque y tejado de lámina metálica carga térmica inmobiliaria	i= 1,00
Edificio de carga mobiliaria mediana, la altura de la edificación es menor a 7 metros y consta de dos plantas, nivel de la planta	e= 1,30
Superficie del compartimento l:b= 1:1 y área del galpón 540 metros ²	g= 0,50
Medidas normales	Valores
Existe extintores portátiles suficientes y operativos:	n ₁ = 1,00
Existe conexión de manguera (boca de incendio equipada):	n ₂ = 1,00
La red pública de agua suministra caudal de agua durante tiempo definido, si existe reserva de agua, presión mayor a 65 psi:	n ₃ = 1,00
Hidrante de 2 1/2" pulgadas a una distancia de 120 metros de la puerta del edificio:	n ₄ = 0,90
No existe brigada de incendio adiestrada:	n ₅ = 0,80
Medidas especiales	Valores
Existe un sistema de detección automática de incendios:	s ₁ = 1,45
Existen elementos para la transmisión de alarma por central de detección:	s ₂ = 1,10
Existe un cuerpo de bomberos profesionales con al menos 5 personas:	s ₃ = 1,40
La estación del cuerpo de bomberos está a más de cinco kilómetros:	s ₄ = 0,80
Existe instalaciones automáticas de extinción:	s ₅ = 1,70
No hay instalaciones de evacuación de humo:	s ₆ = 1,00
Medidas en la construcción	Valores
Resistencia al fuego de la estructura metálica es menor a 60 minutos	f ₁ = 1,20
Resistencia al fuego de las fachadas es mayor a 90 minutos	f ₂ = 1,15
La resistencia al fuego de los forjados es menor a 30 minutos y el tipo de edificación es considerada tipo V	f ₃ = 1,00
No existen compartimentos celulares	f ₄ = 1,00

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 36: Hoja de cálculo simulación GRETENER en bodega tipo edificio bajo

Edificio:	Bajo de almacenamiento de mercancías					
Dirección:	Calle Alhambra y Pasaje A - Carapungo - Quito			N° Plantas =	2	
Compartimento:	Todo	l =	18,00	AB =	540,00	
Tipo de edificio:	Tipo V (gran volumen)	b =	15,00	l/b =	1:1	
Tipo de concepto		Formula de calculo			Valores	
q	Carga térmica mobiliaria	$Q_m =$ 400			1,20	
c	Combustibilidad				1,20	
r	Peligro de humos				1,20	
k	Peligro de corrosión				1,20	
i	Carga térmica inmobiliaria				1,00	
e	Nivel de la planta				1,30	
g	Superficie del compartimento				0,50	
P	Peligro potencial	$P = q * c * r * k * i * e * g$			1,35	
n ₁	Extintores portátiles				1,00	
n ₂	Hidrantes interiores. BIE				1,00	
n ₃	Fuentes de agua-fiabilidad				1,00	
n ₄	Conductos transporte de agua				0,90	
n ₅	Personal instruido en extinción				0,80	
N	Medidas normales	$N = n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * n_5$			0,72	
s ₁	Detección de fuego				1,45	
s ₂	Transmisión de alarma				1,10	
s ₃	Disponibilidad de bomberos				1,40	
s ₄	Tiempo para intervención				0,80	
s ₅	Instalación de extinción				1,70	
s ₆	Instalación evacuación de humo				1,00	
S	Medidas especiales	$S = s_1 * s_2 * s_3 * s_4 * s_5 * s_6$			3,04	
f ₁	Estructura portante	$F <$	60	min		1,20
f ₂	Fachadas	$F <$	90	min		1,15
f ₃	Forjados	$F <$	30	min		1,00
	• Separación de plantas					
	• Comunicaciones verticales					
f ₄	Dimensiones de las células	$AZ =$	N/A		1,00	
	• Superficies vidriadas	$AF/AZ =$	N/A			
F	Medidas en la construcción	$F = f_1 * f_2 * f_3 * f_4$			1,38	
B	Exposición al riesgo	$B = \frac{P}{N * S * F}$			0,45	
A	Peligro de activación				1,00	
R	Riesgo de incendio efectivo	$R = B * A$			0,45	
P _{H,E}	Situación de peligro para las personas	$H =$	10		1,00	
		$p =$	1,00			
R _u	Riesgo de incendio aceptado	$R_u = 1,3 * P_{H,E}$			1,30	
γ	Seguridad contra incendio	$\gamma = \frac{R_u}{R}$			2,91	
LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIO ES SUFICIENTE						

Fuente: Elaborado por el autor

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

4.1 Conclusiones

- i. El riesgo de incendio presente en las bodegas de mercancías del CB-DMQ, una vez aplicado el método de cálculo GRETENER para evaluar cuantitativamente el riesgo de incendio, así como la seguridad contra incendios, han demostrado que se requiere una intervención inmediata para reducir la posibilidad de que un incendio se materialice, así como reducir al máximo las pérdidas materiales, humanas, ambiente y sociales que se pueden derivar si este accidente mayor llegara a producirse.
- ii. Las condiciones de riesgo inaceptables en las bodegas y la seguridad contra incendio insuficiente, una vez realizada la propuesta de la estrategia de protección contra incendio y determinados los criterios de diseño, aplicados en una simulación de cálculo GRETENER muestran un incremento mayor al 500% de la seguridad contra incendio y una reducción significativa del valor de riesgo efectivo, comprobando así la hipótesis que se planteó al inicio de este estudio.
- iii. Respecto al cumplimiento de las reglas técnicas de prevención de incendios dispuestas para el Ordenamiento Metropolitano de Quito, se establece que las condiciones de seguridad contra incendios actuales en las bodegas del CB-DMQ no son suficientes, sin embargo el implementar las medidas básicas, como las de prevención de la ignición disminuirían considerablemente el riesgo de incendio efectivo.

- iv. Al realizar el estudio para la propuesta contra incendio se verifica que las variables principales que garantizan la efectividad en la protección son, la tasa de descarga de agua a través del sistema de rociadores, así como la aplicación correcta del tratamiento intumescente o aislamiento de los elementos estructurales.
- v. Si bien la metodología de evaluación de riesgo de incendio GRETENER aplicada en el estudio investigativo, se considera bastante completa al incluir la mayoría de factores de peligro y medidas de protección, es imperioso que los criterios de diseño de la estrategia de protección sean determinados de forma técnica e ingenieril para garantizar el óptimo desempeño de estos sistemas en caso de requerirse.

4.2 Recomendaciones

- i. Es importante que las autoridades analicen la importancia de implementar las medidas contra incendio propuestas en el estudio para las bodegas de almacenamiento de mercancías, así como se realice el estudio de la seguridad contra incendios en otras áreas sensibles de la Institución.
- ii. Como prioridad inmediata es necesario que se implementen y se controlen periódicamente los procedimientos de gestión de las bodegas con el propósito de mantener la limpieza, orden, clasificación y descarte de manera permanente en el ingreso, almacenamiento y salida de las mercancías.
- iii. Se recomienda la utilización de la hoja electrónica de cálculo GRETENER desarrollada en este estudio investigativo para futuras evaluaciones de riesgo de incendio que se requieran aplicar en otras áreas de la Institución con esta metodología.

- iv. Las autoridades del CB-DMQ podrán manejar estos resultados como información base para priorizar la aplicación de las medidas básicas de protección, y a través de un plan anual operativo se podrá ir equipando las medidas de protección especiales de conformidad con las exigencias locales y nacionales.
- v. Es importante considerar que al aplicar una metodología específica para la evaluación de un riesgo de incendio en otras áreas del CB-DMQ, el profesional encargado del estudio deberá estar familiarizado con el método, a fin de establecer correctamente las variables de cálculo y así obtener un resultado con la menor subjetividad posible.
- vi. Por último, es importante reforzar la coordinación entre las unidades de Salud Ocupacional y la Unidad de Construcciones ya que esto permitirá que en la planificación de nuevas estructuras o modificaciones, ampliaciones, remodelaciones, de las ya existentes se contemplen las medidas de protección de incendios desde la fase de diseño y así controlar el riesgo de incendio de forma óptima.

BIBLIOGRAFÍA

- Hall, J. R. (2009). Análisis del Riesgo de Incendio. En J. Moncada Pérez y A. Moncada. *Manual de Protección contra Incendios: Análisis para la Protección contra Incendios, Volumen I*. Bogotá: QuadGraphics.
- Watts, J. M. (2009). Fundamentos de Diseño de Edificios Protegidos Contra Incendios. En J. Moncada Pérez y A. Moncada. *Manual de Protección contra Incendios: Principios del Fuego y la Ciencia del Fuego, Volumen I*. Bogotá: QuadGraphics.
- Moore, W. N. (2009). Sistemas de Alarma de Incendio. En J. Moncada Pérez y A. Moncada. *Manual de Protección contra Incendios: Detección y Alarma, Volumen I*. Bogotá: QuadGraphics.
- Hisley, B. W. (2009). Análisis del Riesgo de Incendio. En J. Moncada Pérez y A. Moncada. *Manual de Protección Contra Incendios: Sistemas de Protección para Clases de Ocupaciones, Volumen II*. Bogotá: QuadGraphics.
- Puchovsky, M. T. (2009). Rociadores Automáticos. En J. Moncada Pérez y A. Moncada. *Manual de Protección contra Incendios: Supresión a Base de Agua, Volumen II*. Bogotá: QuadGraphics.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Fire Code*. NFPA 1. Quincy, Massachusetts: La Asociacion, 2012.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Norma para Extintores Portatiles Contra Incendio*. NFPA 10. Quincy, Massachusetts: La Asociacion, 2011.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores*. NFPA 13. Quincy, Massachusetts: La Asociacion, 2010.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería vertical y Mangueras Señalización*. NFPA 14. Quincy, Massachusetts: La Asociacion, 2013.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios*. NFPA 20. Quincy, Massachusetts: La Asociacion, 2013.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendio a Base de Agua*. NFPA 25. Quincy, Massachusetts: La Asociacion, 2011.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Código Eléctrico Nacional*. NFPA 70. Quincy, Massachusetts: La Asociacion, 2008.

- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Codigo Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización*. NFPA 72. Quincy, Massachusetts: La Asociacion, 2010.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Codigo de Seguridad Humana*. NFPA 101. Quincy, Massachusetts: La Asociacion, 2009.
- Suay Belenguer, J. M. (2010). *Manual de Intalaciones Contra Incedio*. Madrid, España: AMV Ediciones.
- SIA. (2010). *Documento Tecnico 15: Evaluación del Riesgo de Incendio Metodo de Cálculo*. Madrid, España: Cepreven.
- QUITO DISTRITO METROPOLITANO. *Ordenanza 0470, Por la que se incorporan las reglas técnicas en materia de Prevención de Incendios en el Ordenamiento Metroplitano*: El Municipio D.M.Q, 2013.
- Quintela Cortes, J. M. (2010). *Intalaciones Contra Incedio*. Barcelona, España: UOC Editorial.
- Lozano, G. (2013). *Diseño de Sitema de Extincion por medio de Rociadores Automaticos*. Valencia, Venezuela: Lozano & Asociados.
- Tapia, L. (2015). *Desarrollo del Trabajo de Titulacion*. Quito, Ecuador: Universidad SEK.
- Fuertes Peña J & Rubio Romero J. C., (2003). *Análisis comparativo de los principales métodos de evaluación del riesgo de incendio*, España: INSHT.
- NOTIFIER. (2013). *Catálogo de Productos*. Obtenido de <http://www.notifier.es/documentacion/notifier/hojastec/HCDTF158.pdf>
- ARMSTRONG. (2014). *FireSet Vertical Turbine Diesel & Electric*. Obtenido de http://adept.armstrongfluidtechnology.com/CommercialDEPump/LoadPostSelectionDetails?userToken=c285323b-50af-4dd2-b91a_cf9dd973a27d&smsSessionId=563646893&index=1 &rank =99
- BOSH. (2013). *Catalogo Productos*. Obtenido de http://www.rigotech.com.ec/docs/catalog/prod_141/FPD-7024.pdf
- PENTAIR. (2013). *Vertical Multistage Pumps*. Obtenido de <http://passthrough.fw-notify.net/download/228240/http://files.pentairliterature.com/aurora/a-03-201.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: PLANOS ARQUITECTÓNICOS

ANEXO B: HOJA DE CALCULO MÉTODO GRETENER

ANEXO C: CARGAS TÉRMICAS MOBILIARIAS Y FACTORES DE INFLUENCIA
PARA DIVERSAS ACTIVIDADES

ANEXO D: RESUMEN DE CUADROS METODOLOGÍA GRETENER

ANEXO E: HOJA ELECTRÓNICA DEL CÁLCULO HIDRÁULICO