



UNIVERSIDAD CENTRAL
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**Proyecto de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en
Ingeniería Electromecánica**

“Análisis de requerimientos mínimos para cumplir con el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios y las Normas NFPA 101, 72 y 13, para el edificio Torre Norte del Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia”

Autor: Arnold Roque Serrano

Tutor: Rolando Solís Vega

Lector: Rafael Barrantes Segura

Diciembre, 2024

Dedicatoria

Para mis padres y mi pareja Sofía, por ser lo más importante en mi vida.

Agradecimientos

A Dios por la salud y las oportunidades que me ha brindado durante mi vida.

A mis padres, por darme todo lo necesario para desarrollarme como persona.

A mi pareja, Sofía Quirós Ramírez, por ser mi apoyo incondicional.

Al Hospital Dr. R. A. Calderón por toda la colaboración.

Tabla de Contenido

Dedicatoria.....	II
Agradecimientos	III
Capítulo I	1
1. Introducción	2
2. Antecedentes	2
3. Pregunta de Investigación.....	5
4. Justificación	6
5. Objetivos del Proyecto	7
5.1. Objetivo general	7
5.2. Objetivos específicos.....	8
Capítulo II	9
2. Marco Teórico.....	10
2.1. Reglamento Nacional de Protección contra Incendios.....	10
2.2. Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA).....	10
2.3. NFPA 101, Código de Seguridad Humana	11
2.4. NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores	11
2.5. NFPA 72, Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización	12
2.6. Fuego.....	12
2.7. Clasificación de la ocupación.....	14
2.8. Tipo de ocupación, cuidado de la salud.....	14
2.9. Clasificación del riesgo de los contenidos.....	15
2.10. Medios de egreso	15
2.11. Cantidad medios de egreso	15
2.12. Distancia de recorrido.....	16
2.13. Distancia de recorrido común	16
2.14. Sistema de extintores portátiles.....	16
2.15. Alarmas de incendio y notificación.....	19
2.16. Activación de las señales de incendio	19
2.17. Estaciones manuales.....	20
2.18. Alarmas de humo	21
2.19. Detector de humo	21
2.20. Instalación detectores de humo en techo y pared.....	23
2.21. Detector de calor	25
2.22. Clasificación según la temperatura	25
2.23. Dispositivos de notificación.....	26

2.24. Características audibles	27
2.25. Ubicación dispositivos de notificación audibles.....	29
2.26. Características visibles	29
2.27. Ubicación dispositivos de notificación visibles	30
2.28. Sistema de detección de humo por aspiración.....	32
2.29. Sistemas de supresión a base de agua	33
2.30. Rociadores automáticos	34
2.31. Tipos de rociadores automáticos	35
2.32. Patrón de descarga en rociadores automáticos	37
2.33. Características de temperatura de los rociadores automáticos.....	38
2.34. Tuberías y tubos metálicos listados	39
2.35. Accesorios.....	41
2.36. Drenajes	45
2.37. Montantes y mangueras	46
Capítulo III.	49
3. Metodología de Investigación.....	50
3.1. Tipo de Investigación.....	50
3.2. Metodología.....	50
3.3. Enfoque.....	51
3.4. Fuentes de información	52
3.4.1. Fuentes primarias	52
3.4.2. Fuentes secundarias	53
3.5. Variables de la investigación	53
3.5.1. Variables independientes:	53
3.5.2. Variables independientes	54
3.6. Instrumentos.....	54
Capítulo IV.	57
4. Análisis	58
4.1. Clasificación de la ocupación.....	58
4.2. Riesgo de los contenidos.....	59
4.3. Medios de egreso	61
4.3.1. Capacidad de egreso	62
4.3.2. Cantidad medios de egreso	67
4.3.3. Medición distancia de recorrido a salidas	70
4.3.4. Evacuación en edificaciones para el cuidado de la salud.....	75
4.4. Extintores portátiles	76

4.5. Sistema de supresión de incendios a base de agua	94
4.5.1. Sistema de tubería vertical	94
4.5.2. Sistema de rociadores automáticos.....	98
4.5.1.1. Análisis sobre la capacidad de respaldo de la bomba contra incendios y tanque de almacenamiento existente, evaluación de requerimientos básicos de acuerdo con la norma NFPA 13.	99
4.5.1.2. Detalle de los requerimientos básicos con los cuales deberá contar el sistema de rociadores automáticos por diseñar.	109
4.6. Alarma de incendio y notificación	121
4.6.1. Evaluación del sistema de detección y alarma contra incendios para los pisos N°1 y N°2.....	122
4.6.2. Evaluación de los requerimientos básicos para el sistema de detección y alarma contra incendios para los pisos N°3, N°4 y N°5.....	126
4.7. Análisis de costos iniciales y costos de mantenimiento	142
4.7.1. Costos iniciales	143
4.7.2. Costos de mantenimiento.....	146
Capítulo V.....	152
5. Conclusiones y recomendaciones.....	153
5.1. Conclusiones.....	153
5.2. Recomendaciones.....	155
Referencias.....	158
Anexos.....	162

Índice de Tablas

Tabla 1 Medidas de seguridad de esta visita	5
Tabla 2 Tamaño y colocación de extintores para riesgos clase A	17
Tabla 3 Tamaño y colocación para riesgos clase B	18
Tabla 4 Clasificación de temperatura y codificación por color para detectores de incendio	25
Tabla 5 Exposiciones al ruido permisible Tabla A.18.4.1.2	28
Tabla 6 Nivel sonoro ambiental promedio de acuerdo con la ubicación.....	28
Tabla 7 Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visual montados sobre paredes.....	31
Tabla 8 Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visual montados sobre cielorrasos.....	32
Tabla 9 Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizantes estándar colgantes y montantes para riesgos ordinarios	36
Tabla 10 Rangos, Clasificaciones y códigos de color de temperatura	38
Tabla 11 Materiales y dimensiones de tuberías y tubos.....	39
Tabla 12 Materiales y dimensiones de los accesorios.....	41
Tabla 13 Tamaño del drenaje	46
Tabla 14 Clasificación del riesgo para las áreas hospitalarias, edificio Torre Norte	60
Tabla 15 Carga de ocupantes, Edificio Torre Norte	62
Tabla 16 Factores de Capacidad	63
Tabla 17 Ancho escaleras y pasillos en medios de egreso, edificio Torre Norte	64
Tabla 18 Cantidad de medios de egreso requeridos teóricamente	68
Tabla 19 Cantidad de medios de egreso en la actualidad	69
Tabla 20 Área de Recintos Hospitalización	74
Tabla 21 Distancia de recorrido en puntos más lejanos por piso.....	74
Tabla 22 Clasificación del riesgo para las áreas hospitalarias según NFPA 10, Edificio Torre Norte	77
Tabla 23 Lista de extintores por piso, Edificio Torre Norte	79
Tabla 24 Cantidad mínima de extintores Clase A por piso, Edificio Torre Norte	87
Tabla 25 Datos bomba contra incendios	96
Tabla 26 Resultados prueba rendimiento	97
Tabla 27 Resultados punto crítico	97
Tabla 28 Caudal de mangueras	101
Tabla 29 Capacidad teórica y real de la bomba contra incendios y tanque de almacenamiento.....	103
Tabla 30 Evaluación de requerimientos y cumplimiento de la bomba contra incendios, Tanque de abastecimiento de agua y supervisión de señales.....	105
Tabla 31 Requerimientos con los cuales debe contar el sistema de rociadores automáticos	109
Tabla 32 Dispositivos existentes por piso.....	123

Tabla 33 Requerimientos administrativos con los cuales debe contar el sistema de detección y alarma.....	127
Tabla 34 Requerimientos con los cuales debe contar el sistema de detección y alarma	129
Tabla 35 Requerimientos para sistema de detección de humo por aspiración.....	141
Tabla 36 Costos, adquisición extintores portátiles	143
Tabla 37 Costo estimado para sistema de supresión de incendios	144
Tabla 38 Costos estimados para sistema de detección y alarma contra incendios	145
Tabla 39 Costos estimados, mantenimiento anual de extintores portátiles	147
Tabla 40 Costos estimados, mantenimiento anual sistema de supresión contra incendios	150
Tabla 41 Costos estimados, mantenimiento anual sistema de detección y alarma contra incendios.....	151

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación Espacial, Edificio Torre Norte.....	3
Figura 2 Área de Consultorios, Edificio Torre Norte.....	4
Figura 3 Triángulo del Fuego.....	13
Figura 4 Tetraedro del Fuego	14
Figura 5 Estación Manual.....	20
Figura 6 Ubicación estación manual	21
Figura 7 Detector de humo por ionización.....	22
Figura 8 Detector de humo fotoeléctrico	23
Figura 9 Instalación detector de humo	23
Figura 10 Instalación en techo inclinado	24
Figura 11 Instalación de montaje permitida.....	24
Figura 12 Detector de Calor.....	25
Figura 13 Ejemplo de montaje apropiado para detectores de calor.....	26
Figura 14 Dispositivos de notificación	27
Figura 15 Alturas de instalación para equipos de alarmas de incendio montados en pared	30
Figura 16 Detección de humo por aspiración	33
Figura 17 Tipos de Rociadores.....	36
Figura 18 Patrón de descarga	38
Figura 19 Válvula de alivio.....	44
Figura 20 Ejemplos de Disposiciones Aceptables de Válvulas.....	45
Figura 21 Toma Clase I	47
Figura 22 Toma Clase II	47
Figura 23 Toma Clase III	48

Figura 24	Pasillo ala sur, Piso N°4.....	65
Figura 25	Pasillo ala sur, Piso N°5.....	66
Figura 26	Medios de egreso costado este, edificio Torre Norte	67
Figura 27	Medios de egreso costado sur, edificio Torre Norte	67
Figura 28	Pasillo ala norte, Piso N°3.....	72
Figura 29	Pasillo ala sur, Piso N°4.....	72
Figura 30	Distancia recorrido hasta puerta corredor de acceso a salida	73
Figura 31	Identificación de contenidos	83
Figura 32	Etiqueta información mantenimiento.....	84
Figura 33	Altura instalación extintores	85
Figura 34	Instrucciones de Uso Extintor Portátil	86
Figura 35	Propuesta Colocación Extintores, Piso N°1	89
Figura 36	Propuesta colocación extintores, Piso N°2	90
Figura 37	Propuesta colocación extintores, Piso N°3	91
Figura 38	Propuesta colocación extintores, Piso N°4	92
Figura 39	Propuesta Colocación Extintores, Piso N°5	93
Figura 40	Montantes existentes, Edificación Torre Norte.....	95
Figura 41	Demanda de caudal en montantes existentes	96
Figura 42	Curva Densidad/Área.....	100
Figura 43	Bomba Contra incendios, Edificio Torre Norte	104
Figura 44	Capacidad tanque de almacenamiento de agua	104
Figura 45	Panel contra incendios existente	125
Figura 46	Distribución de lazos de comunicación	126
Figura 47	Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°1	162
Figura 48	Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°2	163
Figura 49	Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°3	164
Figura 50	Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°4	165
Figura 51	Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°5	166
Figura 52	Ubicación de extintores portátiles, Piso °1	167
Figura 53	Ubicación de extintores portátiles, Piso °2.....	168
Figura 54	Ubicación de extintores portátiles, Piso °3.....	169
Figura 55	Ubicación de extintores portátiles, Piso °4.....	170
Figura 56	Ubicación de extintores portátiles, Piso °5.....	171
Figura 57	Planos Detección y Alarma, Piso N°1	172
Figura 58	Planos Detección y Alarma, Piso N°2.....	173

Capítulo I

1. Introducción

Esta propuesta de investigación tiene como finalidad mostrar los requerimientos básicos necesarios, para que el edificio conocido como “Torre Norte” perteneciente al Hospital Nacional Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia, cumpla con lo establecido en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios en su última versión (año 2023), así como lo establecido en la Normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), misma que es de aplicación obligatoria de acuerdo con lo establecido en el Reglamento, específicamente se abordará lo concerniente a las normas NFPA 13, NFPA 72 y NFPA 101.

Así mismo, se establecen una serie de lineamientos apegados a lo instruido en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios y normas NFPA 13, 72 y 101, que deben seguirse a nivel hospitalario para subsanar y cumplir con todos los requerimientos de aplicación obligatoria con los cuales no se cumple en la actualidad, en este caso para una edificación existente y clasificada desde el punto de vista de ocupaciones como un inmueble para el cuidado de la salud, tomando en consideración además, si existiera una ocupación incidental dentro del edificio que requiera una clasificación diferente.

De esta manera, el Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia podrá presentar una propuesta integral al Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, que le permita subsanar todos los aspectos que requieren de una intervención inmediata y que permitan asegurar y garantizar la protección de los ocupantes de la edificación, tanto pacientes como funcionarios, garantizar la integridad estructural del edificio, proteger el bienestar público y proteger los cuerpos de emergencia si se suscita algún evento catalogado como emergencia en la edificación.

2. Antecedentes

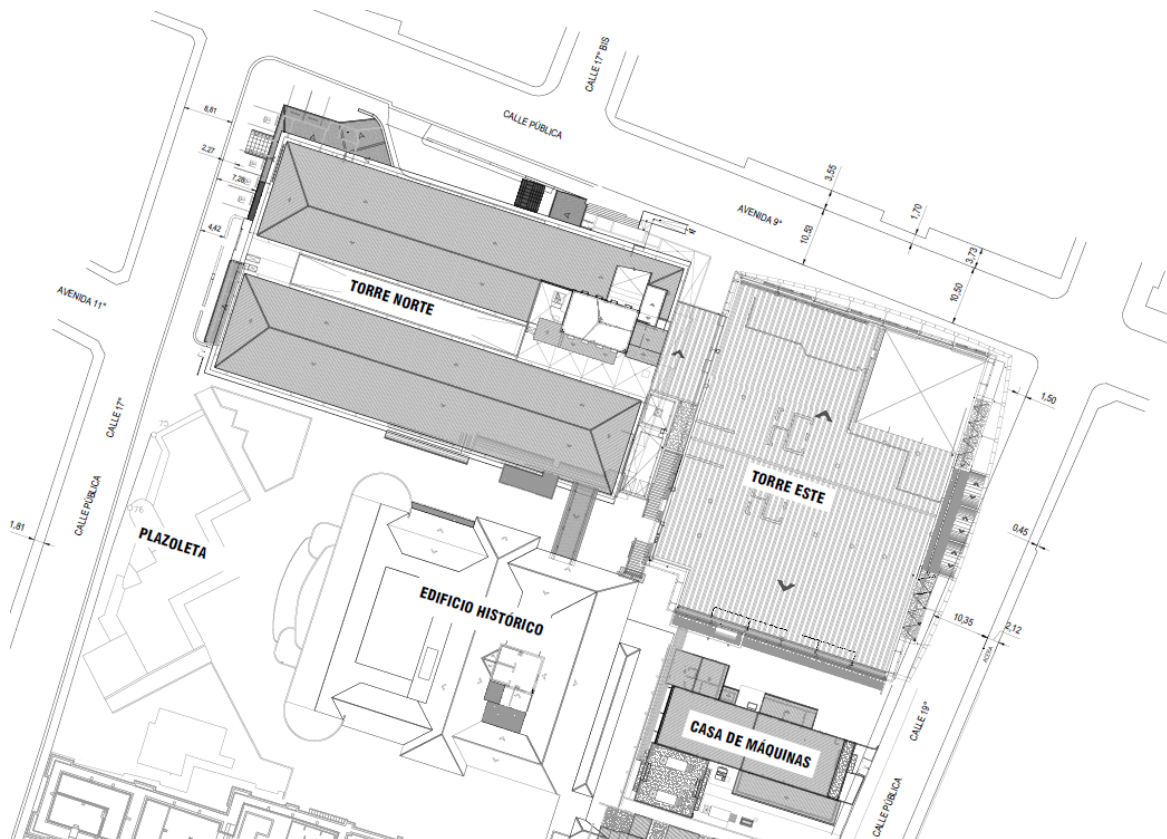
El edificio conocido como “Torre Norte”, fue diseñado en el año 1976 por la empresa Consultécnica Ltda., dicho proyecto de construcción estuvo liderado y bajo la responsabilidad

profesional del arquitecto Alfredo Arguedas y los ingenieros Jorge Balma y Jeni Villalobos; el edificio cuenta con un área total construida de 15.345 m², conformada por 4 niveles y 1 sótano.

La edificación se encuentra ubicada en la esquina noroeste de la propiedad que conforma el complejo Hospitalario Dr. R. A. Calderón Guardia, propiedad que ocupa la cuadra ubicada entre avenidas 7 y 9 y entre calles 17 y 19, Distrito el Carmen, Cantón Central de San José, Costa Rica.

Figura 1

Ubicación Espacial, Edificio Torre Norte



Fuente: Área Gestión Ingeniería y Mantenimiento, HCG

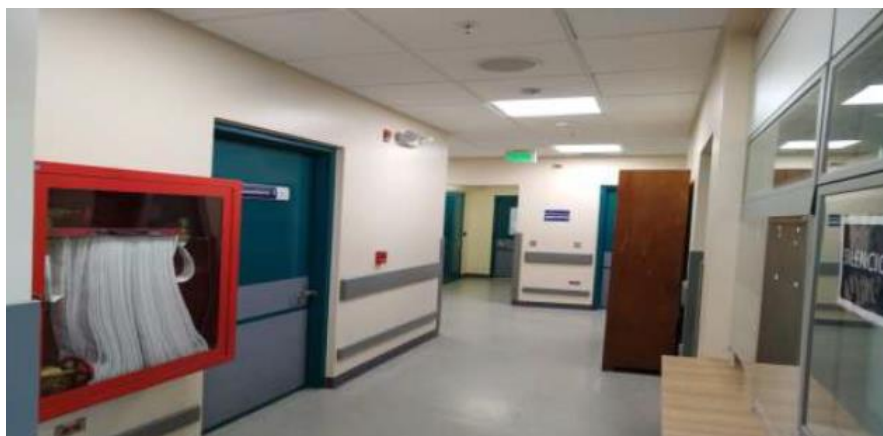
Este inmueble está clasificado como edificio para cuidado de la salud, un Hospital Nacional de acuerdo a la clasificación de la Caja Costarricense del Seguro Social, dentro de sus

instalaciones se albergan los servicios de medicina interna, medicinas, cirugías, cuidados intensivos quirúrgicos, neumología, hemodinamia, nefrología, proctología, quirófanos, área de recuperación post cirugía, dormitorios para pacientes, dormitorios para personal médico, laboratorio clínico central, farmacia central, dirección médica, jefaturas de sección y la dirección enfermería.

Informe de evaluación de seguridad humana y riesgo de incendio, efectuado de manera general a todas las edificaciones pertenecientes al Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia, incluyendo al edificio Torre Norte, realizado por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, la inspección fue realizada durante los días 26, 27 y 28 de febrero del año 2019, y los días 05, 06, 07 y 13 y 14 de marzo del año 2019. Dicho informe consta de 189 páginas, donde se detallan una serie de observaciones y disposiciones sobre seguridad humana y protección contra incendios para todo el hospital, incluyendo el edificio Torre Norte; dentro de las observaciones realizadas se encuentran el abordaje del sistema fijo de protección contra incendios, sistema de detección y alarma, extintores portátiles contra incendios, luces de emergencia, señalización de emergencia, medios de egreso y compartimentación de las instalaciones.

Figura 2

Área de Consultorios, Edificio Torre Norte



Fuente: (Bermúdez, 2023) Informe de inspección de riesgos

Informe de inspección de riesgos, Hospital Calderón Guardia, Distrito Carmen, San José, Costa Rica, América Central, elaborado por el Centro de Evaluación de Riesgos, como parte de una inspección gestionada por la Aseguradora OCEÁNICA DE SEGUROS S.A.; dicho informe consta de 127 páginas y emite una serie de recomendaciones en torno a seguridad humana y riesgo de incendios que el hospital debe acatar, incluido el edificio Torre Norte; en dicho informe se detallan planes de mejora para la gestión del riesgo por parte del hospital, tablas de recomendación y medidas de seguridad producto de la evaluación de los recientes, medidas de seguridad a raíz de la visita de inspección y una serie de recomendaciones prioritarias en temas de seguridad humana que el hospital debe atender.

Tabla 1

Medidas de seguridad de esta visita

MEDIDAS DE SEGURIDAD		
REC. No.	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN
H.C.G.01	1	Instalar los soportes antisísmicos en todas las canalizaciones de los sistemas electromecánicos
H.C.G.02	1	Instalar sellos corta fuego en todos los ductos y pasantes de tuberías
H.C.G.03	1	Ampliar el sistema de alarma y detección de incendio, a todas las áreas del hospital

Fuente: (Bermúdez A. A., 2023)

3. Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los requisitos mínimos en temas de seguridad humana y protección contra incendios, según Reglamento Nacional de Protección contra Incendios y Normativa NFPA con los cuales debe cumplir el Edificio Torre Norte?

4. Justificación

La protección de la vida humana en el desarrollo de nuevas edificaciones y existentes, es un aspecto crucial no solo para salvaguardar la integridad física de las personas, sino también en la necesidad de garantizar que los inmuebles sean seguros e invulnerables ante cualquier emergencia.

Para el presente trabajo de investigación, se parte de una edificación destinada al cuidado y tratamiento de la salud, la cual se encuentra albergada en una construcción que data de los años ochenta, específicamente construida en el año 1980; en la actualidad existen observaciones realizadas por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, en temas de protección contra incendios y seguridad humana y de acatamiento obligatorio, que deben atenderse y subsanarse para garantizar protección a todos sus ocupantes.

La importancia del presente proyecto, radica en la necesidad de atender diversos temas de seguridad humana, que pueden justificarse desde diferentes ópticas; la protección esencial de la vida que busca minimizar los riesgos y consecuencias asociados con incendios; el cumplimiento de la Normativa que rige nuestra Jurisdicción a nivel nacional, en este caso el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios y los lineamientos establecidos según la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA); la responsabilidad civil y penal, en este caso de la Caja Costarricense del Seguro Social como propietario y administrador de la edificación, quien tiene la obligación legal de garantizar la protección de todos sus ocupantes (asegurados y funcionarios); la obligación de garantizar una continuidad operativa de los servicios hospitalarios, reduciendo las posibilidades de enfrentar interrupciones prolongadas que den al traste con la productividad que debe brindar un hospital clase A, y por último, la obligación de perpetuar el patrimonio y la inversión realizada con fondos públicos en la construcción de dicha edificación, tomando en cuenta que daños causados por incendios pueden ser devastadores desde el punto de vista económico.

A pesar de la inversión que ha realizado en los últimos años el Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia en temas de atención de incendios, planes de evacuación, dotación de sistemas de supresión y detección de incendios, aún existen numerosas necesidades que deben atenderse y subsanarse, mismas que serán identificadas de acuerdo con la normativa Nacional vigente que exige como acatamiento obligatorio el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

El objetivo del presente proyecto es evaluar las necesidades y brindar una propuesta integral de solución para mejorar y cumplir con las practicas básicas de seguridad humana dentro de la edificación, los aspectos que serán analizados en el presente trabajo son:

- Clasificación de la ocupación
- Riesgo de los contenidos
- Medios de egreso
- Extintores portátiles
- Sistema de supresión a base de agua
- Alarma de incendio y notificación

Se analizan sirviendo de esta manera como una guía para que los responsables de aplicar las medidas promuevan su implementación y se puedan cumplir con lo dispuesto por los Organismos Nacionales e Internacionales adoptados a nivel País

5. Objetivos del Proyecto

5.1. Objetivo general

Analizar los requisitos mínimos con los cuales debe cumplir el edificio Torre Norte en materia de sistemas de protección contra incendios, de acuerdo con el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios y Normativa NFPA.

5.2. Objetivos específicos

- Evaluar el sistema de medios de egreso de la edificación, considerando la clasificación de riesgos de contenidos de las diferentes áreas hospitalarias y las características de la ocupación.
- Analizar la distribución y el mantenimiento adecuado de los extintores portátiles, su accesibilidad y funcionalidad en cumplimiento con la normativa de seguridad contra incendios para cada área hospitalaria.
- Diagnosticar y evaluar los requerimientos mínimos que debe cumplir el diseño actual del edificio Torre Norte en relación con el sistema de detección y alarma contra incendios, basándose en la norma NFPA 72 y Reglamento Nacional de Protección contra Incendios.
- Evaluar los requerimientos mínimos que debe cumplir el sistema de supresión de incendios del edificio Torre Norte, en cumplimiento con la norma NFPA 13 y adaptando a las características específicas de cada área del hospital.
- Proyectar costos estimados a la implementación y mejoras en los sistemas de medios de egreso, extintores portátiles, sistemas de detección y alarma, y sistemas de supresión de incendios, de conformidad con lo dispuesto en la normativa NFPA y Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, para optimizar la seguridad y garantizar el cumplimiento de los requerimientos regulatorios en edificaciones para el cuidado de la salud.

Capítulo II

2. Marco Teórico

El presente capítulo está constituido por la información teórica y técnica analizada y sobre la cual se fundamentan los objetivos, desarrollo y conclusiones del presente proyecto, el mismo incluye información relacionada con temas de seguridad humana, tales como medios de egreso, clasificación de la ocupación y contenidos, señalización, sistema de detección de humo y temperatura, alarmas de notificación ante incendios y sistemas de rociadores automáticos; todos estos temas como parte de los requerimientos mínimos con que debe contar el edificio Torre Norte para cumplir con lo establecido en el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios, así como lo referido a las normas NFPA 101, 72 y 13.

2.1. Reglamento Nacional de Protección contra Incendios

A nivel del país y con base en los artículos 14 y 16 de la Ley 8228, se establece que este reglamento es de acatamiento obligatorio, tanto para el diseño de nuevas edificaciones, edificios existentes y remodelaciones que quieran efectuarse a una edificación; este reglamento incluye los requerimientos normativos básicos sobre la cual las instalaciones, construcciones, obras civiles, plantas industriales y edificaciones existentes, deben diseñarse para salvaguardar la seguridad humana y lograr la protección contra incendios de los ocupantes.

2.2. Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA)

Organismo Internacional sin fines de lucro, especializado en temas de prevención, seguridad humana y protección contra incendios.

Para efectos de nuestro país, todo el paquete normativo de la NFPA es de aplicación obligatoria, con algunas excepciones dictadas en el RNPCI en materia de diseño y construcción, esto se establece mediante decreto ejecutivo N° 43733 del 12 de octubre del 2022.

2.3. NFPA 101, Código de Seguridad Humana

Es el código de seguridad humana, establece los criterios básicos para la protección de la vida humana en edificaciones y estructuras nuevas y existentes, se basa en aspectos de diseño, construcción y mantenimiento de medios de egreso, medios de evacuación, control de humo, protección pasiva del fuego y sistemas de detección y supresión de fuego.

Para efectos del presente trabajo, se toma como base de partida, ya que esta dicta los lineamientos básicos para las edificaciones para el cuidado de la salud, así como los lineamientos esenciales en relación con los medios de egreso y extintores portátiles; la misma incluye capítulos específicos para los temas de detección y alarma y sistemas de supresión de incendios, los cuales son analizados más ampliamente mediante la consulta a sus normas específicas (NFPA 13 y NFPA 72).

2.4. NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores

Es la norma que incluye los lineamientos básicos para el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos contra fuego; incluye aspectos claves para la selección de rociadores, ubicación, diseño hidráulico del sistema de rociadores, así como procedimientos de instalación y mantenimiento.

Esta norma sirve como guía en el presente proyecto para determinar los aspectos básicos con los cuales debe contar la edificación Torre Norte para efectos de diseño del sistema de rociadores automáticos, su referencia dentro de la normativa para una consulta más específica y observaciones relevantes que pueden tomarse en consideración dentro del análisis de cada punto detallado.

2.5. NFPA 72, Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización

Es la norma que incluye los lineamientos básicos para el diseño, instalación, funcionamiento, desempeño y mantenimiento de los sistemas de detección y alarma contra incendios, así como sistemas de comunicación de emergencia.

Esta norma permite analizar los aspectos básicos del sistema de detección y alarma que se encuentra instalado actualmente y que da cobertura parcial al edificio Torre Norte, además permite dictar los puntos básicos con los que debe contar el sistema de detección y alarma complementario que permita brindar cobertura a la totalidad de la edificación, se hace referencia a los puntos básicos y observaciones relevantes para cada uno de ellos.

2.6. Fuego

El fuego corresponde a una reacción química de oxidación rápida, la cual produce calor, gases y radiación en forma de luz; este proceso que es conocido como combustión ocurre cuando se combina un material combustible con oxígeno, liberando energía en forma de calor y llamas.

Para que se lleve a cabo la combustión deben estar presentes tres elementos para generar fuego, estos son: el calor, el oxígeno y un combustible, la interacción de estos tres elementos recibe el nombre de triángulo del fuego, en la siguiente figura se detalla de manera gráfica:

Figura 3

Triángulo del Fuego



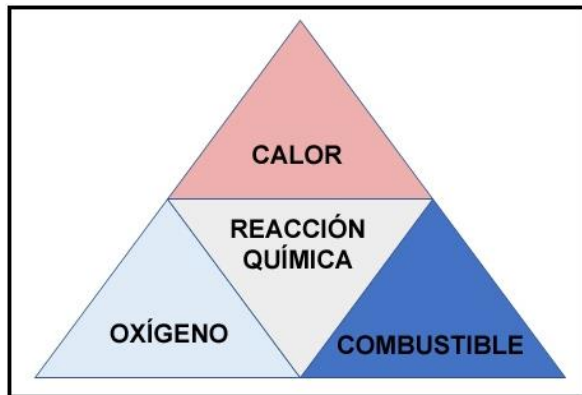
Fuente: (incendios, s.f.)

Una vez se tiene claridad de cómo se genera el fuego, se procede a describir cada uno de los componentes del triángulo del fuego. El combustible es la sustancia que actuará como agente oxidante en el proceso de combustión. El combustible es cualquier sustancia que puede arder al entrar en contacto con un agente oxidante, y la energía de activación o calor es la energía que inicia el fuego.

La combustión es una reacción exotérmica que produce una reacción en cadena cuando se junta con los tres elementos del triángulo del fuego, formando de esta manera el tetraedro del fuego, como se muestra en la figura N°4. Para poder extinguir el fuego, se debe eliminar uno de los cuatro elementos que conforman el tetraedro del fuego.

Figura 4

Tetraedro del Fuego



Fuente: (NFPA, www.nfpa.org, 2022)

2.7. Clasificación de la ocupación

La ocupación de un edificio o estructura, o una parte de un edificio o estructura, debe de clasificarse de acuerdo con lo establecido en el capítulo 6 del Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios y con el capítulo 6 de la norma NFPA 101. (Bomberos de Costa Rica, Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios, 2023).

Realizar la clasificación de la ocupación es un aspecto crucial previo al análisis de una edificación, ya que esta clasificación nos permite delimitar los riesgos asociados, verificar el cumplimiento de normativas en función de la clasificación y realizar una evaluación de materia de evacuación y emergencias, tomando en consideración que cada ocupación posee sus requisitos específicos en cuanto a seguridad contra incendios.

2.8. Tipo de ocupación, cuidado de la salud

Para fines del presente trabajo, y tomando en consideración lo que detalla la norma NFPA 101 y el RNPCI, el edificio Torre Norte se clasifica de acuerdo con su ocupación como centro para el cuidado de la salud, este es utilizado con propósitos médicos, cuidados y tratamiento de pacientes, donde hay de manera simultánea 4 o más pacientes en condición de internamiento, a

partir de esta clasificación, se analizan los requisitos básicos de seguridad contra incendios con los cuales debe contar.

2.9. Clasificación del riesgo de los contenidos

Hace referencia al tipo de material y las cantidades de este, y el peligro que estos representan durante el comienzo del fuego y la propagación de un incendio, así como el peligro del humo y gases generados a partir de este material.

- Riesgo leve: aquellos contenidos con un nivel bajo de combustibilidad, los cuales no pueden incurrir en una auto propagación del fuego.
- Riesgo ordinario: contenidos que tienen la posibilidad de arder con una moderada rapidez o bien, que generen una cantidad de humo considerable.
- Riesgo elevado: contenidos que tienen la posibilidad de arder con una elevada rapidez, o bien pueden generar una explosión.

2.10. Medios de egreso

Es un camino de circulación continua, el cual no debe poseer obstáculos, medido desde cualquier punto de una edificación hasta una vía pública, está compuesta por tres partes:

- Acceso a salida
- Salida
- Descarga de salida

2.11. Cantidad medios de egreso

Deberán existir no menos de dos medios de egreso en cada piso, estos deberán ser accesibles desde cualquier sector de cada piso. Para el cálculo de la cantidad de medios de egreso se toma en cuenta la carga de ocupantes por piso de manera individual.

2.12. Distancia de recorrido

Esta corresponde a la distancia máxima de recorrido que debe realizar una persona desde cualquier punto dentro de una edificación hasta alcanzar una salida. Dependerá si la edificación posee o no rociadores automáticos, en el caso de los hospitales la distancia de recorrido sin existencia de rociadores automáticos es de 46 metros y con sistema de rociadores automáticos de 61 metros.

2.13. Distancia de recorrido común

Esta corresponde a la distancia máxima de recorrido que debe realizar una persona desde cualquier punto dentro de una edificación hasta un lugar donde tenga la opción de elegir entre dos rutas diferentes de salida.

2.14. Sistema de extintores portátiles

A nivel hospitalario es requerido un sistema de extintores portátiles, independientemente de la existencia de rociadores automáticos o no. Los extintores portátiles están diseñados para uso inmediato como primera respuesta a un conato de incendio.

Los extintores portátiles se clasifican de acuerdo con el tipo de fuego que pueda generarse en un área determinada, de acuerdo con la siguiente clasificación:

- Fuegos clase A, se refiere a fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela, papel, caucho y plásticos
- Fuegos clase B, son fuegos en líquidos o gases, inflamables o combustibles, por ejemplo: aceites, grasas, alquitranes, base de pinturas y lacas.
- Fuegos clase C, involucran equipos eléctricos energizados, donde la conductividad eléctrica del medio de extinción es importante.

- Fuegos clase D, son fuegos en metales que al estar divididos en partículas tienen la capacidad de entrar en combustión. Entre estos se cita: magnesio, titanio, zirconio, sodio, litio, potasio y otros.
- Fuegos clase K, fuegos en utensilios o áreas de cocina que involucren un medio combustible (aceites minerales, animales y grasas).

Para el cálculo de la cantidad de extintores clase A y su correcta colocación, primero debe clasificarse el riesgo del área de instalación, posteriormente deberá dividirse el área de piso total por el área mínima que será protegida por cada uno de los extintores, en la siguiente tabla se muestra el detalle del área de piso máxima por unidad A y la distancia de recorrido máxima hasta el extintor.

Tabla 2

Tamaño y colocación de extintores para riesgos clase A

Criterios	Ocupación de riesgo ligero	Ocupación de riesgo ordinario	Ocupación de riesgo extra
Mínimo potencial de extinción y clasificación	2-A	2-A	2-A
Área de piso máxima por unidad A	3000 pies ² (279 m ²)	1500 pies ² (279 m ²)	1000 pies ² (279 m ²)
Área de piso máxima por extintor	11,250 pies ² (1045 m ²)	11,250 pies ² (1045 m ²)	11,250 pies ² (1045 m ²)
Distancia de recorrido máxima hasta el extintor	75 pies (22,9 m)	75 pies (22,9 m)	75 pies (22,9 m)

Fuente: (NFPA, Instalaciones para riesgos clase A, 2022)

Para el caso de los extintores clase B, para determinar su ubicación primero debe clasificarse el riesgo del área de instalación, posteriormente deberá aplicarse el criterio dispuesto en la siguiente tabla:

Tabla 3

Tamaño y colocación para riesgos clase B

Tipo de riesgo	Potencial de extinción mínimo	Distancia de recorrido máxima hasta los extintores	
		pies	m
Ligero	5-B	30	9,14
	10-B	50	15,25
Ordinario	10-B	30	9,14
	20B	50	15,25
Extra	40-B	30	9,14
	80-B	50	15,25

Fuente: (NFPA, Instalaciones para riesgos clase B, 2022)

Los extintores clase C, serán colocados donde haya equipos eléctricos que estén energizados, deben ubicarse de tal manera que no excedan distancias de más de 23 metros, desde cualquier punto en la edificación hasta un extintor para riesgo clase C, esto según lo dispuesto en el RNPCI, versión 2023.

Los extintores clase D están diseñados para el combate de incendios que involucren combustibles metálicos, tales como sodio, litio o potasio. De acuerdo con lo estipulado en el RNPCI, los extintores clasificados como clase D, a no más de 23 metros de distancia de los puntos vulnerables para este tipo de almacenamiento.

Los extintores clase K están diseñados para el combate de incendios en aceites y grasas de cocina, estos extintores utilizan agentes químicos húmedos que se encargan de enfriar los aceites y grasas. Deben proveerse extintores de mínimo 6 litros a distancias no mayores de 9 metros.

La altura de instalación de los extintores depende de su peso bruto, cuando no exceda las 40 Lb (18,14 Kg) debe instalarse de manera que la parte superior del extintor no esté a más de 1.52 m del nivel de piso terminado, en caso contrario el extintor debe instalarse de manera que la parte superior del extintor no esté a más de 1.07 metros por encima del nivel de piso terminado; adicionalmente, en ningún caso debe permitirse que la distancia entre parte inferior del extintor y el nivel de piso terminado sea menor a 10.2 cm.

2.15. Alarmas de incendio y notificación

Los sistemas de alarma de incendio, deben instalarse, probarse y mantenerse de acuerdo con los requisitos aplicables del Código Eléctrico Nacional según Decreto Ejecutivo 36979 y de la norma NFPA 72. En los sitios donde sea requerido por este reglamento, la norma NFPA 1 y la norma NFPA 101. O en riesgos específicos según su normativa aplicable.

Cuando un sistema de alarma contra incendios se encuentre fuera de servicio por más de 4 horas durante un periodo de 24 horas, deberá notificarse al Cuerpo de Bomberos, en este caso el edificio deberá ser evacuado o deberá proveerse una vigilancia de incendio, esto en todas las áreas que hayan quedado desprotegidas y hasta tanto sea puesto nuevamente en funcionamiento. (NFPA, Detectores de incendios sensores de calor, 2022)

2.16. Activación de las señales de incendio

La activación de un sistema de alarma de incendio debe iniciarse, pero no limitarse a uno o todos los siguientes medios, según se cuenten en el edificio:

- Activación manual de la alarma de incendio.
- Detección automática.
- Funcionamiento del sistema de extinción.

2.17. Estaciones manuales

Son dispositivos de seguridad de activación manual que se utilizan para activar los sistemas de notificación de protección contra incendios. Su instalación debe realizarse de manera que, en cualquier parte de un piso o parte habitable de un edificio, no sea necesario recorrer más de 60 m en distancia horizontal en el mismo piso para alcanzar una estación manual. Las estaciones manuales de incendio deben ser ubicadas dentro de los 1,5 m de las puertas de salida.

Figura 5

Estación Manual



Fuente: (Sistema contra incendio, s.f.)

Figura 6

Ubicación estación manual



Fuente: (Mahoney, NFPA.org, 2023)

2.18. Alarmas de humo

Donde el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios o la norma NFPA 101 lo requieran, deben instalarse alarmas de humo de estación única y de estaciones múltiples; así mismo, deberán estar de acuerdo con la norma NFPA 72.

En lugar de las alarmas de humo, deben permitirse los detectores de humo de un sistema que cumpla con la norma NFPA 72, que estén dispuestos para funcionar en la misma forma que las alarmas de humo de estación única o de estaciones múltiples.

2.19. Detector de humo

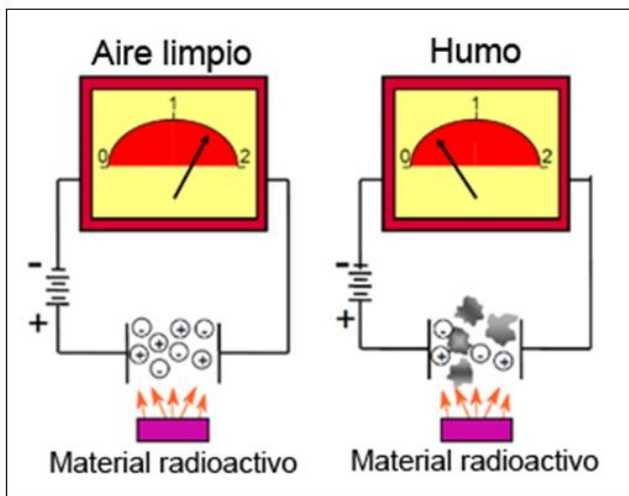
Es un sensor que monitorea el humo y se encuentra conectado a un sistema de alarmas de incendio.

Tipos de detectores de humo:

- Ionización: las alarmas de humo de ionización utilizan una pequeña cantidad de material radiactivo para ionizar las moléculas de aire en moléculas cargadas positiva y negativamente que crean una pequeña corriente eléctrica.

Figura 7

Detector de humo por ionización

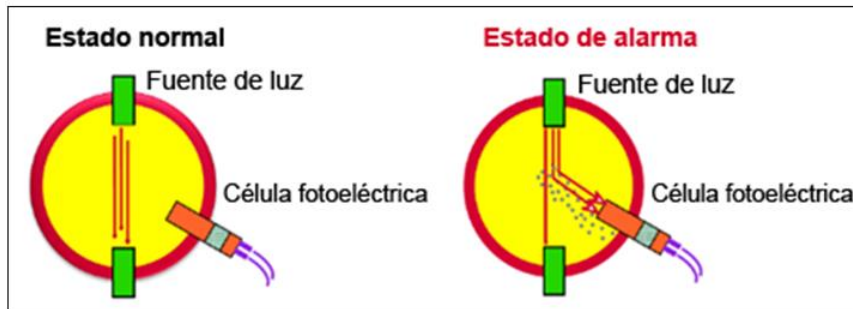


Fuente: (Mahoney, NFPA.org, 2024)

- Fotoeléctricos: estos utilizan una fuente de luz y una célula fotosensible. Cuando el humo ingresa a la cámara, la luz se dispersa y es captada por la celda fotosensible, lo que hace que suene la alarma.

Figura 8

Detector de humo fotoeléctrico



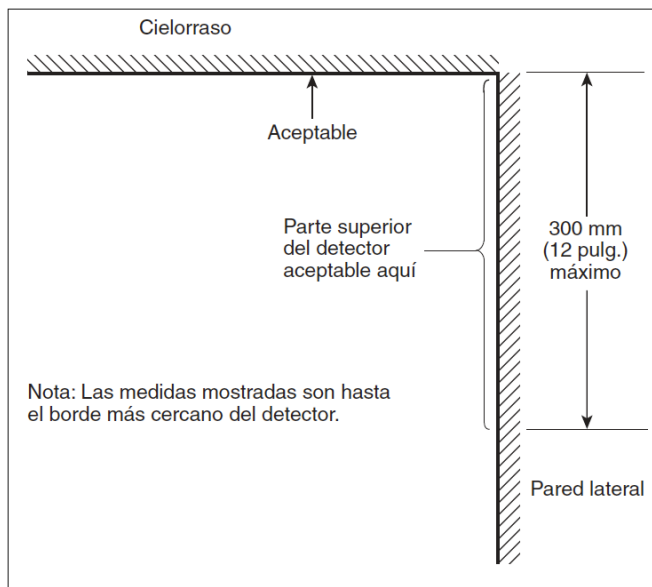
Fuente: (Mahoney, NFPA.org, 2023)

2.20. Instalación detectores de humo en techo y pared

Deben instalarse en lo alto de los techos o paredes. Los detectores que se instalan en pared deben colocarse a no más de 300 mm del techo (hasta la parte superior del detector).

Figura 9

Instalación detector de humo

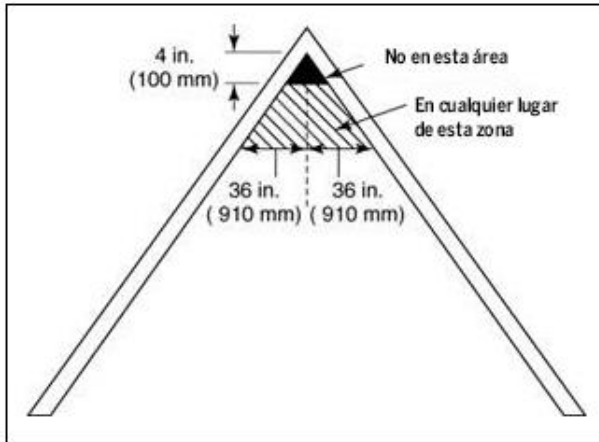


Fuente: (Mahoney, NFPA.org, 2023)

Si se cuenta con techos inclinados, deberá instalarse dentro de los 910 mm del pico, pero no dentro del vértice del pico (100 mm por debajo del pico).

Figura 10

Instalación en techo inclinado

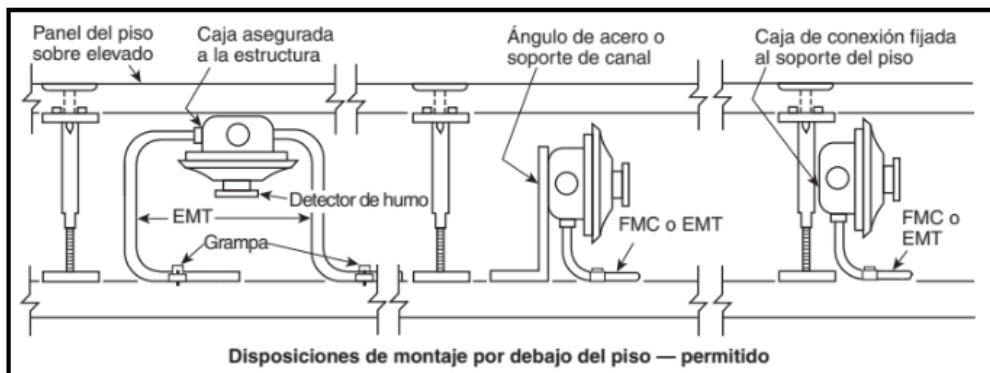


Fuente: (Mahoney, NFPA.org, 2023)

Para evitar la contaminación de los detectores de humo por contaminación de polvo, cuando estén instalados debajo de piso elevados, deberán instalarse según se detalla en la figura 11.

Figura 11

Instalación de montaje permitida



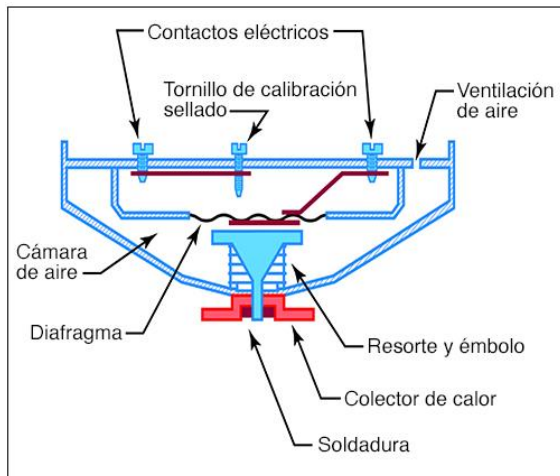
Fuente: (NFPA, Detectores de humo de tipo puntual, 2022)

2.21. Detector de calor

Es un sensor que detecta un aumento de temperatura, se activan generalmente cuando alcanzan un umbral de temperatura ya preestablecido, que ronda generalmente los 135°F y 190°F.

Figura 12

Detector de Calor



Fuente: (Mahoney, NFPA.org, 2023)

2.22. Clasificación según la temperatura

Los detectores de incendio sensores de calor de tipo puntual de temperatura fija o de tasa compensada deben ser clasificados de acuerdo con su temperatura de funcionamiento, conforme lo establecido en la tabla 17.6.2.1 de la norma NFPA 72.

Tabla 4

Clasificación de temperatura y codificación por color para detectores de incendio

Clasificación de temperatura	Rango de temperatura nominal		Máxima temperatura de celeraso		codificación por color
	°F	°C	°F	°C	
Baja	100-134	39-57	80	28	sin color

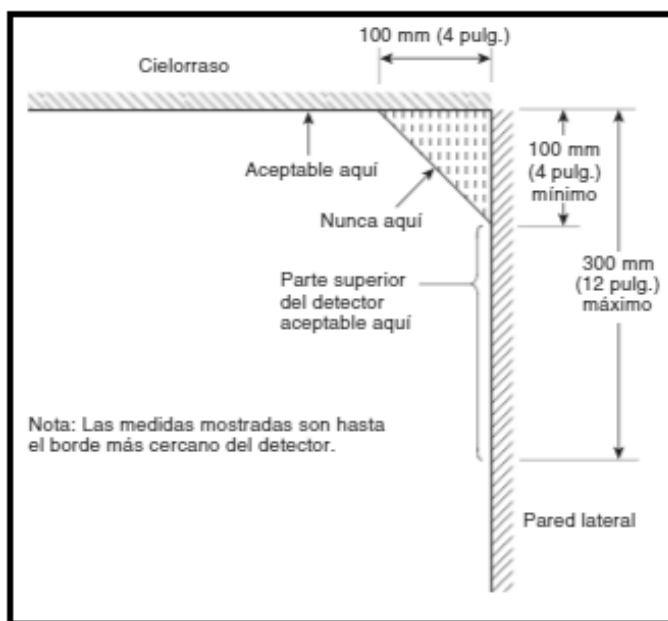
Normal	135-174	58-79	115	47	sin color
Intermedia	175-249	80-121	155	69	Blanco
Elevada	250-324	122-162	230	111	Azul
Muy elevada	325-399	163-204	305	152	Rojo
Extra elevada	400-499	205-259	380	194	Verde
Ultra elevada	500-575	260-302	480	249	Naranja

Fuente: (NFPA, Detectores de incendios sensores de calor, 2022)

Los detectores de incendio sensores de calor deben colocarse sobre el cielorraso a no menos de 4 pulg. (1000 mm) desde la pared lateral, o sobre las paredes laterales entre 4 pulg. Y 12 pulg. (100 mm y 300 mm), de acuerdo con la siguiente figura:

Figura 13

Ejemplo de montaje apropiado para detectores de calor



Fuente: (NFPA, Detectores de incendios sensores de calor, 2022)

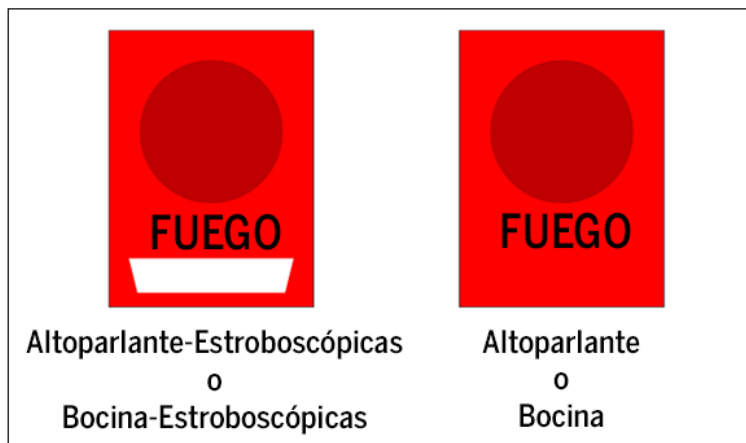
2.23. Dispositivos de notificación

Son dispositivos que permiten notificar a los ocupantes de un edificio en caso de una emergencia, la notificación se realiza mediante dispositivos de alerta audibles y visibles; la notificación audible se realiza por medio de auto parlantes configurados con tonos o señales de

voz, o mediante bocinas que únicamente proporcionan un sonido; las alertas visibles se generan mediante luces estroboscópicas.

Figura 14

Dispositivos de notificación



Fuente: (Mahoney, 2021)

2.24. Características audibles

Un nivel sonoro ambiental de más de 105 dBA debe requerir el uso de uno o más aparatos de notificación visibles, de acuerdo con lo establecido en las secciones 18.5 y 18.6 de la norma NFPA 72.

El nivel de presión sonora total producido por la combinación del nivel de presión sonora ambiental con todos los aparatos de notificación audible en funcionamiento no debe exceder los 110 dBA.

Tabla 5*Exposiciones al ruido permisible Tabla A. 18.4.1.2*

Duración (en horas)	LA (en dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25	115
0.125 (7.5 minutos)	120

Fuente: (NFPA, Características audibles, 2022)

Además, es importante considerar el nivel sonoro ambiente, las señales audibles deben tener un nivel sonoro de al menos 15 dB sobre el nivel ambiente, o bien tomar en consideración el nivel sonoro máximo y estar 5 dB por arriba de este, todos estos con una duración de al menos 60 segundos. En la siguiente tabla se muestra un nivel sonoro ambiente para diferentes ocupaciones:

Tabla 6*Nivel sonoro ambiental promedio de acuerdo con la ubicación*

Ubicación	Nivel sonoro ambiental promedio (en dBA)
Ocupaciones de negocio	54
Ocupaciones educacionales	45
Ocupaciones industriales	88
Ocupaciones institucionales	50
Ocupaciones mercantiles	40
Salas de mecánica	91

Muelles y estructuras rodeadas por agua	40
Lugares de reunión	60
Ocupaciones residenciales	35
Ocupaciones para almacenamiento	30
Vías públicas urbanas de densidad alta	70
Vías públicas urbanas de densidad media	55
Vías públicas rurales y suburbanas	40
Ocupaciones en torres	35
Estructuras subterráneas y edificios sin ventanas	40
Vehículos y naves	50

Fuente: (NFPA, Características audibles, 2022)

2.25. Ubicación dispositivos de notificación audibles

Si las alturas de los cielorrasos lo permiten, y a menos que fuera permitido de otra manera en los puntos 18.4.8.2 a 18.4.8.5, los aparatos montados en muros deben tener sus partes superiores por encima de los pisos acabados, a alturas de no menos de 90 pulg. (2.29 m) y debajo de los cielorrasos acabados a distancias no inferiores a 6 pulg. (150 mm).

2.26. Características visibles

La tasa de destello no debe exceder de dos destellos por segundo (2 Hz) ni ser inferior a un destello por cada segundo (1 Hz) en todo el rango del voltaje listado del aparato.

Las luces utilizadas para la señalización de alarmas de incendio únicamente o para señalar la intención de una evacuación completa deben ser transparentes o de color blanco nominal y no deben exceder de 100 cd (intensidad efectiva).

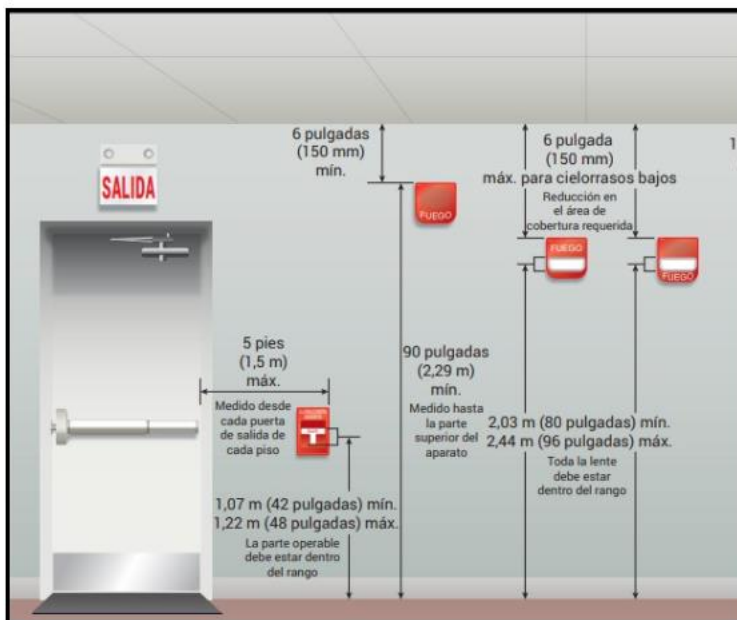
Un nivel sonoro ambiental de más de 105 dBA debe requerir el uso de uno o más aparatos de notificación visibles, de acuerdo con lo establecido en las secciones 18.5 y 18.6 de la norma NFPA 72.

2.27. Ubicación dispositivos de notificación visibles

Los aparatos montados en muros deben ubicarse de manera que la totalidad del lente no sea inferior a 80 pulg. (2.03 m) ni superior a 96 pulg. (2.44 m) por encima del piso acabado, de acuerdo con la siguiente figura:

Figura 15

Alturas de instalación para equipos de alarmas de incendio montados en pared



Fuente: (NFPA, www.nfpa.org/es, 2022)

Para el caso del espaciamiento de los aparatos de notificación visual, con el objetivo de que las señales visuales sean efectivas y visibles, la Norma NFPA 72 proporciona una serie de lineamientos, tanto para dispositivos instalados en pared como instalados en cielorraso, las cuales se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 7*Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visual montados sobre paredes*

Tamaño máximo de la sala		Salida lumínica mínima requerida [intensidad efectiva (en cd)]	
En pies	En m	Un aparato de notificación visual por sala	Cuatro aparatos de notificación visual por sala (uno por pared)
20 x 20	6.10 x 6.10	15	NA
28 x 28	8.53 x 8.53	30	NA
30 x 30	9.14 x 9.14	34	NA
40 x 40	12.2 x 12.2	60	15
45 x 45	13.7 x 13.7	75	19
50 x 50	15.2 x 15.2	94	30
54 x 54	16.5 x 16.5	110	30
55 x 55	16.8 x 16.8	115	30
60 x 60	18.3 x 18.3	135	30
63 x 63	19.2 x 19.2	150	37
68 x 68	20.7 x 20.7	177	43
70 x 70	21.3 x 21.3	184	60
80 x 80	24.4 x 24.4	240	60
90 x 90	27.4 x 27.4	304	95
100 x 100	30.5 x 30.5	375	95
110 x 110	33.5 x 33.5	455	135
120 x 120	36.6 x 36.6	540	135
130 x 130	39.6 x 39.6	635	185

NA: No aceptable.

Fuente: (NFPA, Características visuales, 2022)

Tabla 8*Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visual montados sobre cielorrasos*

Tamaño máximo de la sala		Altura máxima del lente*		Salida lumínica mínima requerida (intensidad efectiva); un aparato de notificación visual (cd)
En pies	En m	En pies	En m	
20 x 20	6.1 x 6.1	10	3.0	15
30 x 30	9.1 x 9.1	10	3.0	30
40 x 40	12.2 x 12.2	10	3.0	60
44 x 44	13.4 x 13.4	10	3.0	75
20 x 20	6.1 x 6.1	20	6.1	30
30 x 30	9.1 x 9.1	20	6.1	45
44 x 44	13.4 x 13.4	20	6.1	75
46 x 46	14.0 x 14.0	20	6.1	80
20 x 20	6.1 x 6.1	30	9.1	55
30 x 30	9.1 x 9.1	30	9.1	75
50 x 50	15.2 x 15.2	30	9.1	95
53 x 53	16.2 x 16.2	30	9.1	110
55 x 55	16.8 x 16.8	30	9.1	115
59 x 59	18.0 x 18.0	30	9.1	135
63 x 63	19.2 x 19.2	30	9.1	150
68 x 68	20.7 x 20.7	30	9.1	177
70 x 70	21.3 x 21.3	30	9.1	185

* Esto no excluye montar lentes a alturas más bajas.

Fuente: (NFPA, Características visuales, 2022)

2.28. Sistema de detección de humo por aspiración

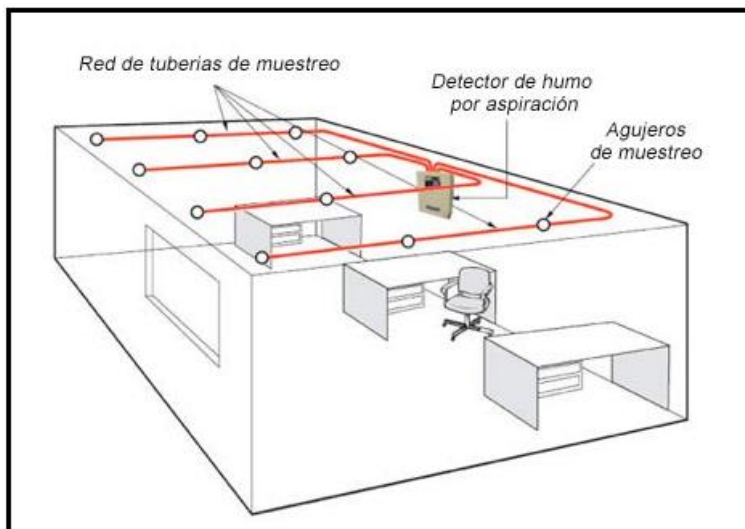
Un sistema de detección por aspiración es una tecnología diseñada para detectar la presencia de humo en el ambiente por medio de un constante proceso de muestreo de aire, a diferencia de los sensores de humo convencionales que detectan el humo cuando este hace contacto con el sensor, los sistemas por aspiración y muestreo de aire toman el aire del ambiente por medio de una red de tuberías y este es analizado por medio de una cámara de detección.

El sistema de detección de humo por aspiración está conformado por los siguientes componentes:

- Red de tuberías de aspiración: distribuidas por el espacio a proteger, poseen pequeñas perforaciones por donde ingresa el aire.
- Unidad de aspiración: posee una bomba de alta intensidad, la cual extrae el aire por medio de la red de tuberías.
- Cámara de detección: posee sensores láser de alta sensibilidad para el análisis de las partículas de aire aspiradas.
- Unidad de control y alarma: procesa la señal analizada en la cámara de detección y envía una señal para activación de alarma en caso de detectar partículas de humo.

Figura 16

Detección de humo por aspiración



Fuente: (Presman, s.f.)

2.29. Sistemas de supresión a base de agua

Todo sistema contra incendios a base de agua debe contar con documentos y planos de construcción, revisados por el Cuerpo de Bomberos, según Ley 8220, Decreto Ejecutivo 34768

y Decreto Ejecutivo 36550-MP-MIVAH-S-MEIC. (Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios, 2023)

Cuando el sistema de protección contra incendios se encuentre fuera de servicio por más de 4 horas deben proveerse medios de protección adicionales, tales como la evacuación total del edificio, vigilancia de incendios, o equipo contra incendio adicional.

Las redes de tuberías de los sistemas de supresión a base de agua deben contar con soportería sismo resistente, diseñada y calculada según NFPA 13. Y según el Código sísmico de Costa Rica Ley N° 6119.

2.30. Rociadores automáticos

Los rociadores automáticos son dispositivos utilizados para la extinción de incendios, forman parte de un sistema para mitigar el fuego que está constituido por una red de tuberías, un tanque reserva de agua y los rociadores que constituyen los elementos terminales de la red de tuberías de suministro.

La Norma NFPA 13 realiza una “Clasificación por Ocupación”, que tiene como objetivo agrupar las instalaciones con carga combustible similar. Pueden ser denominadas de las siguientes maneras:

- Riesgo Leve: Contiene combustible en pocas cantidades.
 - Riesgo Ordinario I: Tiene material combustible bajo, de calidad moderada.
 - Riesgo Ordinario II: Posee cantidad de combustible moderado a alto.
 - Riesgo Extra I: La cantidad y calidad de combustible es muy alta y hay presencia de materiales que ayudan a la propagación del fuego.
 - Riesgo Extra II: La cantidad de sustancia inflamable o líquido combustible es moderada.
- (NFPA, Norma para la Instalación de Sistema de Rociadores, 2019)

2.31. Tipos de rociadores automáticos

- Rociador colgante: rociador diseñado para instalarse de tal manera que el chorro de agua se dirija hacia abajo contra el deflector.
 - Rociador vertical: Los rociadores verticales tienen un patrón de descarga similar al de un rociador colgante. La diferencia es que los rociadores verticales se montan en la parte superior de los ramales o tramos y se instalan de tal manera que la descarga de agua se dirige hacia arriba contra el deflector.
 - Rociador de pared lateral: Los rociadores de pared lateral generalmente se instalan a lo largo de una pared y descargan el agua lejos de la pared hacia la habitación o el espacio.
 - Rociador empotrado: un rociador en el que todo o parte del cuerpo está montado dentro de una carcasa empotrada.
 - Rociador oculto: un rociador empotrado con una placa de cubierta. La placa de cubierta generalmente se suelda al marco que se atornilla o empuja hacia el conjunto del rociador.
- (O'Connor, 2022)

Figura 17

Tipos de Rociadores



Fuente: (Fire Desert, s.f.)

Tabla 9

Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizantes estándar colgantes y montantes para riesgos ordinarios

Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		pies ²	m ²	pies	m
Todos	Todos	130	12.1	15	4.6

Fuente: (NFPA, Detectores de incendios sensores de calor, 2022)

El espaciamiento entre rociadores es un aspecto que debe tomarse en consideración durante el proceso de diseño de un sistema de rociadores automáticos, este depende de varios factores, entre los que se pueden mencionar la clasificación del riesgo de ocupación, la estructura del techo (plano o inclinado) y aspectos propios de fábrica de cada rociador.

Entre los aspectos a considerar para la distancia máxima entre rociadores tenemos:

- La distancia máxima debe medirse a lo largo de la pendiente del cielorraso
- Por cada tipo y estilo de rociador debe respetar el valor de su distancia máxima permitida

En relación con la distancia máxima desde muros, esta no debe exceder la mitad de la distancia máxima admisible entre rociadores, por otra parte, la distancia mínima entre el muro y rociador debe cumplir con el valor indicado para cada tipo o estilo de rociador de acuerdo con el fabricante.

En cuanto a la distancia mínima entre rociadores, debe prevalecer una distancia adecuada que evite que los rociadores en funcionamiento mojen a los rociadores adyacentes y evitar que se salteen rociadores.

2.32. Patrón de descarga en rociadores automáticos

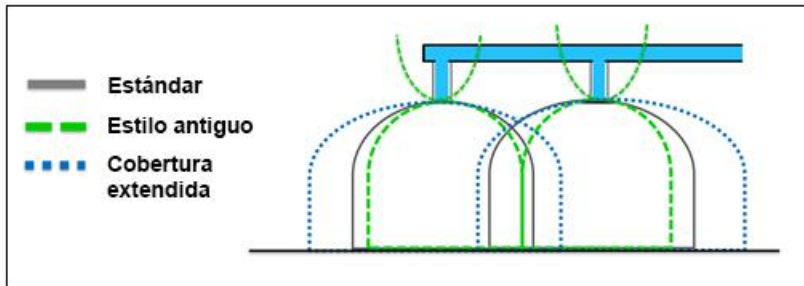
Cuando se activa un rociador, se libera un tapón y el agua se mueve a través de un orificio a un cierto flujo y presión. Esa agua luego choca con el deflector que está diseñado para crear un determinado patrón de descarga. La mayoría de los patrones de descarga de rociadores pertenecen a una de las siguientes categorías.

- Rociadores pulverizadores estándar. El rociador estándar se instala de acuerdo con las limitaciones específicas del área de cobertura y está disponible en configuraciones colgantes, verticales y de pared lateral.
- Rociadores de cobertura extendida. Estos rociadores tienen un área de cobertura más grande o extendida cuando se descargan. Esto puede ayudar a ahorrar costos de materiales y mano de obra porque no necesitas instalar tantos rociadores.
- Rociadores de estilo antiguo: Los rociadores de estilo antiguo solo se permiten para situaciones especiales, como la protección de bóvedas de almacenamiento de pieles. Estos rociadores tienen una distribución de agua única, donde aproximadamente la mitad

del agua se dirige hacia arriba y la otra mitad hacia abajo. Por lo general, esto permite que estos rociadores se instalen en posición colgante o vertical.

Figura 18

Patrón de descarga



Fuente: (O'Connor, NFPA.org, 2022)

2.33. Características de temperatura de los rociadores automáticos

Los brazos de armazón, deflector y material de recubrimiento deberán cumplir lo dispuesto en la siguiente tabla:

Tabla 10

Rangos, Clasificaciones y códigos de color de temperatura

Temperatura máxima del cielorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Colores del bulbo de vidrio
F°	C°	F°	C°		
100	38	135-170	57-77	Ordinaria	Naranja o rojo
150	66	175-225	79-107	Intermedia	Amarillo o verde
225	107	250-300	121-149	Alta	Azul
300	149	325-375	163-191	Extra alta	Morado
375	191	400-475	204-246	Muy extra alta	Negro
475	246	500-575	260-302	Ultra alta	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Negro

Fuente: (NFPA, Rociadores, 2022)

2.34. Tuberías y tubos metálicos listados

Las tuberías y tubos metálicos son componentes críticos en los sistemas de protección contra incendios, por tal razón debe utilizarse tuberías y tubos que estén listados para su uso en aplicaciones de supresión de incendios, en la siguiente tabla se muestran materiales y dimensiones de tuberías y tubos listados para su uso en sistemas contra incendios.

Tabla 11

Materiales y dimensiones de tuberías y tubos

Materiales y dimensiones	Norma
Tubería ferrosa s Piping (soldada y sin costura)	
Especificación normalizada para tuberías de acero negro y revestido en zinc por inmersión en caliente (Galvanizado), soldadas y sin costura para uso en protección contra incendios	ASTM A795/A795M
Especificación normalizada para tuberías, de acero, negro y por inmersión en caliente, revestido en zinc, soldadas y sin costura	ASTM A53/A53M
tuberías de acero forjado soldadas y sin costura	ASME B36.10M
Especificación normalizada para tuberías de acero soldadas por resistencia eléctrica	ASTM A135/A135M
Tubo de cobre (estirado, sin costura)	

Especificación normalizada para tuberías de cobre sin costura	ASTM B75/B75M
Especificación normalizada para tuberías de agua de cobre sin costura	ASTM B88
Especificación normalizada para los requisitos generales para tuberías de aleaciones de cobre y de cobre forjado sin costura	ASTM B251
Especificación normalizada para fundentes líquidos y en pasta para aplicaciones de soldadura de tuberías de cobre y de aleaciones de cobre	ASTM B813
Especificación para metales de relleno para soldadura no ferrosa y soldadura con latón	AWS A5.8M/A5.8
Especificación normalizada para metal para soldar. Sección 1:	
Aleaciones de soldadura con menos de 0.2% de plomo y teniendo temperaturas de solidus mayor que 400°F	ASTM B32
Materiales de aleación	ASTM B446

CPVC

Especificación normalizada para tuberías de plástico (SDR-PR) de Cloruro de Poli(Vinilo clorado) (CPVC)	ASTM F442/F442M
---	-----------------

Tubería de latón

Especificación normalizada para tuberías de latón rojo sin costura, tamaños estándar	ASTM B43
--	----------

Acero inoxidable

Especificación normalizada para tuberías de acero inoxidable austenítico trabajado en frío con gran intensidad sin costura, soldadas

ASTM A312/A312M

Fuente: (NFPA, Tuberías y tubos situados sobre la superficie del terreno, 2022)

2.35. Accesorios

En los sistemas de supresión contra incendios, los accesorios poseen una elevada importancia en los procesos de instalación y funcionamiento del sistema; desde el punto de vista operativo los accesorios son indispensables para la correcta sujeción, conexión y buena distribución de los flujos de agua, indispensables para que estos puedan lograr la descarga de agua en caso de una posible activación. La siguiente tabla muestra materiales y dimensiones de los accesorios, de acuerdo con lo establecido en la norma NFPA 13.

Tabla 12

Materiales y dimensiones de los accesorios

Materiales y dimensiones	Norma
Hierro fundido	
Accesorios roscados de hierro gris, clases 125 y 250 ASME B16.4	ASME B16.4
Bridas y accesorios embridados de tuberías de hierro gris, clases 25, 125 y 250	ASME B16.1
Hierro maleable	
Accesorios roscados de hierro maleable, clases 150 y 300	ASME B16.3
Acero	

Accesorios de acero forjado, soldados a tope, elaborados en fábrica	ASME B16.9
Soldadura a tope de extremos	ASME B16.25
Especificación normalizada para accesorios de tuberías de acero forjado al carbono y aleación de acero para servicio de temperatura alta y moderada	ASTM A234/A234M
Bridas de tuberías y accesorios Embridados, NPS 1/2 a NPS 24 Métricas/Pulgada estándar	ASME B16.5
Accesorios forjados, soldados a encaje y roscados	ASME B16.11

Cobre

Accesorios de presión de Juntas de soldadura de aleaciones de cobre y cobre forjado	ASME B16.22
Accesorios de presión de juntas de soldadura de aleaciones de cobre fundido	ASME B16.18

CPVC

Especificación normalizada para accesorios roscados de tuberías de plástico de cloruro de Poli(Vinilo Clorado) (CPVC), Cédula 80	ASTM F437
Especificación normalizada para accesorios de tipo casquillo de tuberías de plástico de cloruro de Poli(Vinilo clorado) (CPVC), Cédula 40	ASTM F438

Especificación normalizada para
accesorios de tipo casquillo de
tuberías de plástico de Cloruro de ASTM F439
Poli(Vinilo Clorado) (CPVC),
Cédula 80

Accesorios de bronce

Accesorios roscados de aleaciones de ASME B16.15
cobre fundido, clases 125 y 250

Acero inoxidable

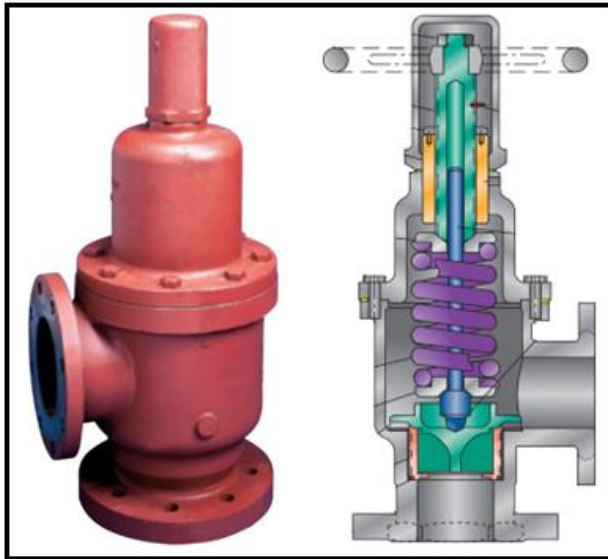
Especificación normalizada para
accesorios de tuberías de acero ASTM A403/A403M
inoxidable austenítico forjado

Fuente: (NFPA, Accesorios, 2022)

Las válvulas de alivio en los sistemas de supresión de incendios son utilizadas para liberar un exceso de presión cuando sobrepasa un nivel seguro, buscando la protección del sistema, la prevención de daños y el cumplimiento normativo (NFPA 13) en los sistemas de supresión contra incendios, estas no deben ser de un tamaño menor a 1/2 pulg., configurada para funcionar a 175 psi o a 10 psi por arriba de la presión máxima del sistema, prevalece la opción mayor.

Figura 19

Válvula de alivio



Fuente: (Ybirma, ContraIncendio, 2024)

Las válvulas de control en los sistemas de rociadores permiten regular y monitorear el flujo de agua, deben manipularse adecuadamente, ya que estas permiten o no que el suministro de agua llegue a un área determinada donde se produce un incendio, entre los principales tipos tenemos:

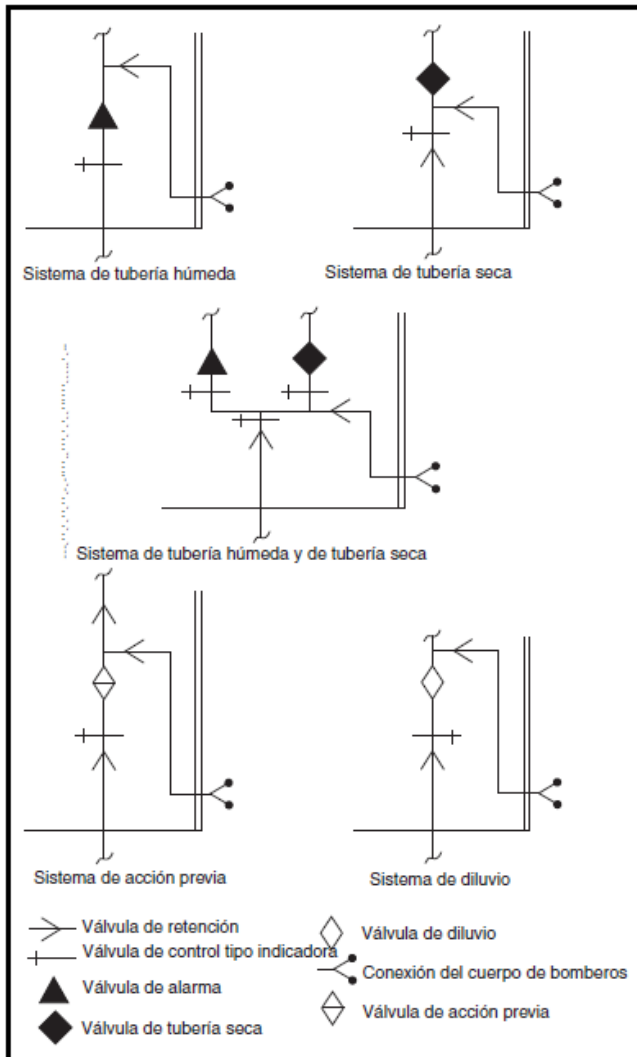
- Válvulas de alarma
- Válvulas de sección
- Válvulas de retención
- Válvulas mariposa

Cada sistema de rociadores debe estar provisto de una válvula indicadora listada en una ubicación accesible, ubicada de manera que controle todas las fuentes de suministro de agua automáticas. (NFPA, Válvulas de control, 2022)

En la siguiente imagen se muestran los diferentes ejemplos de disposiciones aceptables de válvulas:

Figura 20

Ejemplos de Disposiciones Aceptables de Válvulas



Fuente: (NFPA, Válvulas de control, 2022)

2.36. Drenajes

En los sistemas de tubería húmeda, la instalación de drenajes es un elemento esencial para la operación del sistema y para efectos del mantenimiento del sistema, entre los tipos de drenajes para los sistemas húmedos de acuerdo con la NFPA 13, encontramos:

- Drenajes principales, estos permiten vaciar totalmente el sistema y deben instalarse en el punto más bajo, en la siguiente tabla se detalla el tamaño para tuberías principales y montantes:

Tamaño del drenaje

Tabla 13

Tamaño del drenaje

Tamaño de montantes o tubería principal [pulg. (mm)]	Tamaño de la conexión de drenaje [pulg. (mm)]
Hasta 2 (50)	$\frac{3}{4}$ (20) o mayor
2½ (65), 3 (80), 3½ (90)	1 $\frac{1}{4}$ (32) o mayor
4 (100) y mayor	2 (50) o mayor

Fuente: (NFPA, Drenaje, 2022)

- Drenajes intermedios, se instalan en tuberías secundarias del sistema, y se utilizan para drenar agua en secciones que no pueden ser drenadas por el drenaje principal.
- Drenajes en vertical (Risers), estos son utilizados para drenar las tuberías verticales.

2.37. Montantes y mangueras

Los montantes y mangueras son componentes básicos en un sistema de protección contra incendios, estos son instalados en las edificaciones para proporcionar un medio de supresión manual de agua contra incendios, el cual puede ser realizado por personal del cuerpo de bomberos o personal capacitado de las brigadas.

Existen tres clases de sistemas de montantes:

- Clase I: estos están diseñados para ser utilizados por bomberos y personal capacitado, con mangueras de 2 $\frac{1}{2}$ pulgadas.

Figura 21

Toma Clase I



Fuente: (Ybirma, 2023)

- Clase II: están equipados con mangueras de 1 ½ pulgadas, ideados para ser utilizados por personal capacitado ocupante de la edificación.

Figura 22

Toma Clase II



Fuente: (Ybirma, 2023)

- Clase III: es un sistema que combina las características de los sistemas clase I y II, que permite el uso por parte de bomberos y personal ocupante capacitado.

Figura 23

Toma Clase III



Fuente: (Kos-Kiel.com, s.f.)

Capítulo III.

3. Metodología de Investigación

En el capítulo III, se estudia el enfoque metodológico utilizado en la investigación, considerando las herramientas necesarias, los procedimientos, fuentes de información, el enfoque, variables de la investigación y los instrumentos necesarios para diseñar y analizar adecuadamente la propuesta de investigación efectuada. Según lo indica Kaplan “metodología científica es entender la metodología como conjunto de técnicas o procedimientos específicos que se emplean en una ciencia o en el contexto particular de la misma”. (kaplan, 1964, p. 19)

3.1. Tipo de Investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista “La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema” (2014, p.4).

Después de realizar un análisis de los diferentes tipos de investigación, se concluye que el tipo de investigación que mejor encaja es la aplicada, ya que este tipo de investigación busca aplicar conocimientos ya existentes, como lo son los reglamentos de bomberos y normativa NFPA, lo que permite mejorar procesos y resolver problemas existentes en la edificación que se está analizando.

3.2. Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación, se optará por utilizar un enfoque mixto, el cual incluye elementos cuantitativos y cualitativos; este tipo de metodología busca aprovechar las ventajas de cada uno de estos enfoques, obteniendo de esta manera un entendimiento más profundo del fenómeno de estudio. Debido a que se busca comparar un problema existente y concreto sobre una posible mejora, que permita cumplir con aspectos básicos del Reglamento Nacional de Protección contra Incendios y de la Normativa NFPA, se utilizarán métodos cuantitativos para recopilar datos medibles sobre el estado y eficiencia de los sistemas contra

incendio, así como tablas informativas que incluyen los aspectos de acatamiento obligatorio de acuerdo a cada tema analizado y según la normativa de referencia que abarca y engloba cada tema analizado; obteniendo de esta manera una evaluación funcional y técnica de los sistemas de detección y mitigación de incendios.

Los métodos de investigación mixtos, según Hernández, Fernández y Baptista, dicta que:

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.

Los métodos mixtos son una vía adicional a los enfoques cuantitativo y cualitativo de la investigación. (pág. 580).

3.3. Enfoque

La presente investigación se basa en un enfoque descriptivo, el cual implica la observación y descripción detallada sobre el cumplimiento de los requisitos mínimos en temas de seguridad y protección contra incendios, así como la documentación de las condiciones actuales de los sistemas de detección y supresión de incendios.

Dentro de los alcances obtenidos mediante la implementación del enfoque descriptivo en la investigación, se puede citar:

- Descripción detallada del estado actual del edificio, si este cumple o no con lo dispuesto en la normativa vigente.
- Estado y funcionamiento de los componentes del sistema de rociadores, alarmas y detección de incendios.

- Evaluación del cumplimiento de la edificación, en qué medida este cumple con los requerimientos mínimos de las normas específicas.
- Identificación de deficiencias y áreas de mejora, proporcionando posteriormente una serie de recomendaciones y planes integrales para solventar las deficiencias encontradas.

Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

3.4. Fuentes de información

Un complemento eficiente en la estructura de las investigaciones se basa en el uso de técnicas de recolección de datos y diversas herramientas. Estos recursos incluyen datos formales, informales y escritos. En el presente proyecto los recursos utilizados son la observación, revisión de literatura existente y propuesta de equipos, sistemas y accesorios.

3.4.1. Fuentes primarias

La revisión de la literatura puede comenzar directamente con la recopilación de referencias o fuentes primarias, esto ocurre cuando el investigador sabe dónde encontrarlas, está muy familiarizado con el campo de estudio y tiene acceso a ellas (ejemplo bibliotecas y bancos de información), situación que no siempre es la mejor opción si el investigador cuenta con recursos limitados o bien, no es experto en el tema (hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.4.2. Fuentes secundarias

Son las que contienen información primaria ya procesada, sintetizada y reorganizada, son utilizadas en situaciones donde la fuente es poco confiable o se tiene acceso nulo a la fuente primaria, en ocasiones también cuando los recursos con los que se cuenta son limitados.

“El término secundaria se refiere al hecho de que se trata de información obtenida por otras personas. Es decir, el estudio de fuentes secundarias se basa en información obtenida de fuentes primarias: fuentes directas de información, a las cuales se acude por medio de la entrevista o la observación” (Doorman, 1991, p.51).

3.5. Variables de la investigación

Como parte de la guía de la investigación, surgen las explicaciones tentativas de los fenómenos de estudio, conocida como hipótesis.

Las hipótesis señalan lo que se está tratando de demostrar y surgen como explicaciones provisionales de los temas que se están investigando, estas se originan a partir de la teoría existente y deben expresarse únicamente como proposiciones, pueden entenderse como respuestas temporales a las preguntas de la investigación (hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Dentro de la investigación que se está efectuando, siempre es necesario definir las variables, las cuales, desde el punto de vista de la presente investigación, puede agruparse de la siguiente manera:

3.5.1. Variables independientes:

- Normas NFPA de referencia (101, 72 y 13)
- Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios
- Tipos de sistemas de supresión (rociadores automáticos, extintores)

- Tipo de sistema de detección de incendios (detector humo, detector calor, detector flama, detector por aspiración)

3.5.2. Variables independientes

- Grado de cumplimiento de los requisitos de los requisitos de seguridad humana, según NFPA 101
- Grado de cumplimiento de los requisitos de los requisitos de detección de incendios, según NFPA 72
- Grado de cumplimiento de los requisitos de los requisitos de supresión de incendios, según NFPA 13
- Grado de cumplimiento de los requisitos generales establecidos en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios

3.6. Instrumentos

Una vez definida la metodología de investigación y según el planteamiento del problema y su hipótesis, el paso siguiente es proceder con la recolección de datos necesarios sobre las variables de las unidades de muestreo. Para realizar una correcta recolección de datos, es necesario elaborar un plan detallado de procedimientos que sirvan como guía en la obtención de datos con un propósito específico, este plan incluye:

- Fuentes de datos
- Ubicación de las fuentes
- Método de recolección
- Preparación de datos

Así mismo, se compone de varios elementos como, variables a medir, definiciones operacionales, la muestra y los recursos disponibles (tiempo, apoyo institucional, etc.) (hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Para llevar a cabo la presente investigación sobre el cumplimiento de requerimientos mínimos según Reglamento Nacional de Protección contra Incendios y normas NFPA 13, 72 y 101, se procede a utilizar los siguientes instrumentos:

- Listas de verificación o *checklist*, para cada Norma NFPA y Reglamento
- Análisis documental, planos del edificio e informes sobre evaluaciones previas
- Observación directa, mediante inspecciones físicas en los sistemas instalados

3.7. Recolección y análisis de datos

El sentido de las investigaciones se fortalece significativamente aplicando técnicas robustas y precisas de recolección de datos, y con diversas metodologías y herramientas analíticas. Estos recursos, que incluyen datos formales, informales y escritos, son fundamentales para asegurar la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Recolectar los datos requiere la elaboración de un plan detallado de procedimientos diseñados para reunir información con un propósito específico. Este plan debe abordar varios aspectos clave:

- Fuentes de datos, ya sea de personas, mediante observaciones y registros, o a través de documentos, archivos y bases de datos.
- Localización de las fuentes: Precisar dónde se encuentran estas fuentes, generalmente dentro de la muestra seleccionada, pero es esencial definir esto con exactitud.
- Métodos de recolección, los métodos seleccionados deben ser confiables, válidos y objetivos.
- Procesamiento de datos recolectados: Una vez recolectados, es necesario definir cómo se manejarán y procesarán los datos para asegurar su correcta organización y análisis posterior.

Como parte de las etapas claves identificadas para la recolección y análisis de datos que se implementan en la presente investigación se pueden mencionar:

- Revisión de normativa aplicable (NFPA 13, 72 y 101) y Reglamento Nacional de Protección contra Incendios.
- Instrumentos de recolección de datos, tales como, lista de chequeo, recolección de datos mediante inspecciones físicas en sitio, documentación visual (fotografías, video).
- Muestreo de áreas específicas de la edificación, análisis de áreas relevantes con requerimientos específicos.
- Evaluación de variables medibles como distancias de seguridad, presión en sistemas mecánicos, niveles de sonido, distancias de dispositivos de medición y activación.

Capítulo IV.

4. Análisis

En el presente capítulo se proporcionan los diferentes criterios utilizados para evaluar la edificación conocida como Edificio Torre Norte, adscrita al Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia, y constatar el cumplimiento o no de los requerimientos mínimos con que debe cumplir dicha edificación de acuerdo con el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios y la normativa NFPA, específicamente las normas 13, 72 y 101, los únicos aspectos que serán evaluados para el alcance del presente trabajo son:

- Clasificación de la ocupación
- Riesgo de los contenidos
- Medios de egreso
- Extintores portátiles
- Sistema de supresión a base de agua
- Alarma de incendio y notificación
- Análisis de costos de operación y mantenimiento

Posterior a la evaluación, se brinda una serie de recomendaciones para subsanar y cumplir con los aspectos que no se ajustan a lo solicitado en la literatura en materia de seguridad humana y sistemas contra incendio; así mismo, se realiza un análisis presupuestario estimado sobre los costos asociados a las mejoras que deban implementarse para cumplir a cabalidad con lo solicitado producto de la evaluación.

4.1. Clasificación de la ocupación

De acuerdo con la clasificación brindada en el Capítulo N°6 del Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, donde se establece como tipo de ocupación para el cuidado de la salud aquella que es utilizada con propósitos de tratamiento médico u otros cuidados o tratamientos, donde además se cuente con más de cuatro pacientes en condición de internación

y en su mayoría capaces de auto preservarse o con alguna condición de discapacidad, se establece que el Edificio Torre Este cumple y se encuentra clasificado de acuerdo con el criterio anterior como edificación para el cuidado de la salud.

Por otra parte, de acuerdo con lo establecido en el capítulo N°19 (Ocupaciones para cuidado de la salud existentes) de la norma NFPA 101, Código de Seguridad Humana, se establece como ocupación para el cuidado de la salud aquella que es capaz de proveer a sus ocupantes todas las comodidades para dormir, y que además se encuentra ocupada por personas incapaces de auto preservarse, debido a factores como la edad, incapacidades mentales o físicas, o debido a medidas de seguridad que no están bajo el control de los ocupantes de la edificación. Adicionalmente, la norma NFPA 101 establece que todos los requisitos del capítulo 19, deben aplicarse a todos los hospitales, centros de cuidados intermedios e instalaciones de cuidados limitados existentes.

4.2. Riesgo de los contenidos

En la evaluación realizada en el presente proyecto, uno de los aspectos más importantes a considerar es el riesgo asociado a los contenidos presentes dentro del edificio, de acuerdo a lo establecido en el apartado 6.2. de la norma NFPA 101, el riesgo de los contenidos abarca múltiples factores, entre los que destacan, el peligro relativo del inicio y la propagación del incendio, riesgo asociado al humo o los gases generados, así como la posibilidad de una eventual explosión u evento que pueda poner en peligro la vida de los ocupantes (funcionarios y pacientes). Definir y clasificar estos riesgos es fundamental para implementar medidas de protección eficientes y garantizar la seguridad de la infraestructura y sus ocupantes.

Para efectos de la presente evaluación, la clasificación de ocupaciones va a estar directamente relacionada con el análisis sobre la existencia de rociadores, su diseño o bien los requerimientos necesarios para su instalación. Según lo dispuesto en el Anexo A.4.3.2 de la

norma NFPA 13, se detalla una serie de ocupaciones de riesgo leve, entre las que destacan los hospitales, incluyendo además hospitales para animales e instalaciones veterinarias.

Análisis y clasificación del riesgo en las áreas hospitalarias, edificio torre norte:

Para efectos del presente trabajo, se decide realizar una clasificación de riesgos sobre el edificio Torre Norte de forma sectorizada, esto para obtener un mejor criterio al momento de evaluar los sistemas de rociadores existentes o necesarios en una determinada área del hospital. La tabla 14 detalla de manera más puntual la clasificación del riesgo para las diferentes áreas hospitalarias, tomando como referencia lo dispuesto en la norma NFPA 13.

Tabla 14

Clasificación del riesgo para las áreas hospitalarias, edificio Torre Norte

Recinto Hospitalario	Clasificación del Riesgo	Criterio Aplicado
Salas Radiología	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Consultorios	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Salas espera	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Bodega insumos	Riesgo ordinario I	4.3.3*, punto (2). (NFPA 13, 2019, p.42).
Cuarto máquinas	Riesgo ordinario I	Anexo A.4.3.3. (NFPA 13, 2019, p.365).
Cuartos residentes	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Oficinas	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Farmacia	Riesgo ordinario I	4.3.3*, punto (2). (NFPA 13, 2019, p.42).
Laboratorio	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Salones encamados	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Centro de equipos	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).

Quirófanos	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Aula	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Biblioteca	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).
Capilla	Riesgo leve	Anexo A.4.3.2. (NFPA 13, 2019, p.365).

Fuente: Autor

4.3. Medios de egreso

Una vez definida la clasificación de la ocupación del edificio y la clasificación del riesgo de manera sectorizada por recinto hospitalario, se procede a realizar el análisis de los medios de egreso con que cuenta el edificio Torre Norte, para tales efectos, se realizará un análisis de los siguientes aspectos:

- Capacidad de medios de egreso
- Cantidad de medios de egreso
- Disposición de los medios de egreso

En primera instancia, para cada tema detallado anteriormente, se realiza un análisis teórico sobre los lineamientos indicados en la normativa NFPA 101 y el RNPCI, para cumplir los requerimientos mínimos, luego se realiza un análisis a partir de la evaluación de los hallazgos de la edificación y se compara con los aspectos teóricos necesarios para su fiel cumplimiento.

Para el análisis, se toma en consideración lo establecido en el apartado 7. del Reglamento Nacional de Protección contra Incendios y lo establecido en el capítulo 7 (medios de egreso) de la norma NFPA 101.

Previo al análisis de los factores mencionados anteriormente, se procede a determinar el factor de carga de ocupantes de la edificación, dicho factor es un concepto de suma importancia en el diseño y evaluación de edificaciones en materia de evacuación producto de una eventual

emergencia. El factor de carga de ocupantes se refiere al número máximo de personas que se espera que ocupen un espacio determinado y se utiliza para calcular las necesidades de espacio y requisitos de los medios de egreso.

Se realiza el cálculo de la carga de ocupantes de acuerdo con los datos de la siguiente tabla:

Tabla 15

Carga de ocupantes, Edificio Torre Norte

Carga de ocupantes	
Tipo de ocupación	Cuidado de la salud, tratamiento de pacientes internados
Área total del edificio (m ²)	15.345
Factor de carga (m ² /persona)	22.3
Carga de ocupantes edificio (personas)	688
Cargas ocupantes, piso I	133
Cargas ocupantes, piso II	133
Cargas ocupantes, piso III	146
Cargas ocupantes, piso IV	145
Cargas ocupantes, piso V	131

Fuente: Autor

De acuerdo con los datos suministrados en la tabla N°15, la carga de ocupantes del edificio Torre Norte es de 688 persona, y de acuerdo con el criterio establecido en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, específicamente en la tabla N°18 (cantidad de medios de egreso requeridos), se concluye que la edificación requiere de al menos 3 medios de egreso.

4.3.1. Capacidad de egreso

La capacidad para los componentes de los medios de egreso, establecen su criterio de acuerdo con lo establecido en la tabla 7.3.3.1. Factores de capacidad, incluida en la normativa NFPA 101.

Tabla 16*Factores de Capacidad*

Área	Escaleras (ancho/persona)		Componentes a nivel y rampas (ancho/persona)	
	Pulg.	mm	Pulg.	mm
Asilos y centros de acogida	0.4	10	0.2	5
Cuidado de la salud, con rociadores	0.3	7.6	0.2	5
Cuidado de la salud, sin rociadores	0.6	15	0.5	13
Contenido de riesgo elevado	0.7	18	0.4	10
Todos los demás	0.3	7.6	0.2	5

Fuente: (NFPA, Capacidad de egreso, 2021)

El edificio Torre Norte actualmente no cuenta con rociadores automáticos en la totalidad de la estructura, el mismo al clasificarse como una edificación para el cuidado de la salud debe contar con un sistema de rociadores automáticos en la totalidad de la edificación, en vista de lo anterior y para efectos del cálculo de la capacidad de egreso se tomarán los valores de la tabla anterior (N°16), correspondientes a la edificación para cuidado de la salud con rociadores, para efectos de escaleras un factor de 7.6 mm de ancho por persona y pasillos y rampas un factor de 5 mm de ancho por persona.

Para el cálculo sobre la capacidad de egreso, se evalúa cada uno de los pisos mediante la implementación de las fórmulas 1 y 2, y a partir de los datos suministrados en las tablas N°15 y N°16.

Ancho escaleras = cantidad ocupantes · factor de capacidad

Ancho pasillo = cantidad ocupantes · factor de capacidad

Tabla 17

Ancho escaleras y pasillos en medios de egreso, edificio Torre Norte

N° Piso	Ancho escalera (m)	Ancho Pasillo (m)
1	1.01	0.67
2	1.01	0.67
3	1.11	0.73
4	1.10	0.73
5	0.99	0.66

Fuente: Autor

Para efectos del ancho mínimo de las escaleras en los medios de egreso, se toma como referencia el valor máximo obtenido en la tabla N°17, es decir un ancho mínimo para las escaleras de 1.10 metros.

Con respecto al ancho del medio de egreso, si bien se obtuvieron los resultados para cada uno de los pisos de la edificación de acuerdo con la tabla N°17, al tratarse de una edificación para el cuidado de la salud deben aplicarse los siguientes criterios establecidos de acuerdo con la sección 19.2.3 de la norma NFPA 101, las cuales detallan lo siguiente:

- 19.2.3.4 Donde sirve como un medio de egreso de las habitaciones para dormir para pacientes, cualquier pasillo, corredor o rampa requerido no debe tener un ancho libre menor de 48 pulg. (1220 mm).
- 19.2.3.4. (1) Los pasillos, corredores y rampas en áreas adjuntas cuyo destino no sea el albergue, tratamiento o uso por parte de los pacientes internados deben tener un ancho libre y sin obstrucciones no menor de 44 pulg. (1120 mm).

Análisis sobre la capacidad de los medios de egreso ubicados actualmente en la edificación.

A partir de los datos teóricos brindados en las tablas N°16 y N°17, así como aspectos básicos necesarios que deben ser aplicados en edificaciones del tipo para cuidado de la salud,

se procede a realizar un análisis de los medios de egreso con los cuales cuenta actualmente la edificación Torre Norte, a continuación, se detalla una serie de puntos con los hallazgos encontrados y su evaluación, así como una serie de figuras que ejemplifican lo detallado:

- En relación con los pasillos internos del edificio Torre Norte, en específico los pasillos de las áreas de hospitalización y quirófanos, los mismos cuentan con un ancho libre de 2.40 metros, cumpliendo de manera satisfactoria con el ancho mínimo para uso de pacientes internados, el cual se solicita que sea mínimo de 1.12 metros (NFPA 101, P. 19.2.3.4). Se adjuntan figuras que permiten visualizar lo anterior.

Figura 24

Pasillo ala sur, Piso N°4



Fuente: Autor

Figura 25

Pasillo ala sur, Piso N°5



Fuente: Autor

- El ancho de las escaleras en los medios de egreso del edificio Torre Norte, poseen un ancho de 2.20 metros, cumpliendo de esta manera con el ancho mínimo necesario (1.10 metros) de acuerdo con lo especificado en la tabla N°17. Se adjuntan figuras que ilustran lo anterior.

Figura 26

Medios de egreso costado este, edificio Torre Norte



Fuente: Autor

Figura 27

Medios de egreso costado sur, edificio Torre Norte



Fuente: Autor

4.3.2. Cantidad medios de egreso

Para determinar la cantidad de medios de egreso necesarios en un edificio hospitalario, se deben considerar varios lineamientos establecidos por el Reglamento Nacional de Protección

contra Incendios y la norma de la NFPA 101, en particular la NFPA 101 (Código de Seguridad Humana), entre estos lineamientos se incluyen:

- 19.2.4.2 Debe haber no menos de dos salidas en cada piso.
- 19.2.4.3 No menos de dos salidas separadas deben ser accesibles desde todos los sectores de cada piso.
- 7.4.1.4 Debe requerirse que, para el cómputo de la cantidad de medios de egreso en cada piso, sea utilizada la carga de ocupantes de cada piso considerada individualmente, siempre que la cantidad requerida de medios de egreso no disminuya en la dirección del recorrido del egreso.

Adicionalmente, se toma como referencia lo indicado en la tabla N° 9 del Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, misma que está basada en los apartados 7.4.1.1 y 7.4.1.2 de la norma NFPA 101, la cual detalla lo siguiente:

Tabla 18

Cantidad de medios de egreso requeridos teóricamente

Carga de ocupantes	Medios de egreso requeridos
Hasta 500 personas	Al menos 2
Más de 500 personas hasta 1000 personas	Al menos 3
Más de 1000 personas	Al menos 4

*Basada en apartados 7.4.1.1 y 7.4.1.2 NFPA 101, Ed. 2021 en Español

Fuente: (Bomberos de Costa Rica, 2023)

Para el cálculo de la cantidad de medios de egreso que son necesarios para cada uno de los cinco pisos de la edificación hospitalaria Torre Norte, se toma como referencia la carga de ocupantes por piso detallada en la tabla N°15, así mismo el criterio de la cantidad de medios de egreso indicada en la tabla N° 18, dando como resultado:

- Piso 01, un total de dos medios de egreso

- Piso 02, un total de dos medios de egreso
- Piso 03, un total de dos medios de egreso
- Piso 04, un total de dos medios de egreso
- Piso 05, un total de dos medios de egreso

Evaluación de la cantidad de medios de egreso existentes en la edificación Torre Norte:

De acuerdo con el análisis efectuado para cada uno de los cinco pisos existentes en la edificación, donde se conoce además la carga de ocupantes por piso (tabla N°15) y los criterios necesarios para el cálculo sobre la cantidad de medios de egreso (tabla N°18), se procede a detallar los resultados obtenidos:

Tabla 19

Cantidad de medios de egreso en la actualidad

N° Piso	Cantidad medios de egreso
1	6
2	4
3	4
4	3
5	3

Fuente: (Autor)

Dando como resultado una cantidad de medios de egreso por piso superior a la cantidad de medios de egreso requeridos teóricamente (tabla N°18), la cantidad y distribución de medios de egreso por piso pueden observarse en Anexo 1.

4.3.3. Medición distancia de recorrido a salidas

Corredores sin salida. Deben permitirse los corredores sin salida existentes que no exceden 30 pies (9.1 m). Debe permitirse que los corredores sin salida existentes que exceden 30 pies (9.1 m) continúen en uso si su alteración no es práctica ni factible.

Todos los corredores deben proveer acceso a no menos de dos salidas aprobadas, sin pasar a través de ningún espacio o sala intermedios distintos de corredores o vestíbulos.

Las habitaciones para dormir de más de 93 m², deben tener no menos de dos puertas de acceso a salida apartadas entre sí.

Las habitaciones que no son para dormir, de más de 230 m², deben tener no menos de dos puertas de acceso a salida apartadas entre sí.

Cada sala habitable debe tener una puerta de acceso a salida que conduzca directamente a un corredor de acceso a salida, sin embargo, para efectos de este requerimiento el término "sala habitable" no incluye baños individuales, armarios, o espacios de trabajo brevemente ocupados como consultorios radiológicos o pequeñas salas de almacenamiento en una farmacia.

Las suites con camas para el cuidado de pacientes deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- La distancia de recorrido entre cualquier punto de la suite con camas y una puerta de un corredor de acceso a salida, no deberá superar los 30 metros.
- Al ser una edificación para el cuidado de la salud, deberá estar totalmente protegido mediante un sistema de rociadores, por lo cual la distancia de recorrido entre cualquier punto de la suite con camas y una salida no deberá superar los 61 metros.

Las suites con camas no utilizadas para el cuidado de pacientes deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- Si el edificio cuenta con un sistema de rociadores automáticos, la distancia de recorrido entre cualquier punto en una habitación y una salida no deberá exceder los 61 metros.
- En caso de no poseer un sistema de rociadores automáticos, la distancia de recorrido entre cualquier punto en una habitación y una salida no deberá exceder los 46 metros.

Análisis de las distancias de recorrido a las salidas en la edificación torre norte:

Una vez conocidos los criterios para edificaciones de cuidado de la salud, en relación con distancias de recorrido máximo, corredores sin salida, distancias en suite con camas para el cuidado de la salud y cantidad de egresos por habitación, se decide seleccionar y analizar una serie de puntos específicos dentro de la edificación Torre Norte, los cuales representan las distancias más críticas y lejanas en cuanto a los recorridos que deben realizarse para acceder a una salida, a continuación se detallan los resultados obtenidos:

- Todos los corredores sin salida existentes en la edificación Torre Norte no sobrepasan los 9.1 m de distancia, por tal razón dichos corredores pueden continuar su uso sin ningún inconveniente.
- Los corredores ubicados en cada uno de los cinco pisos que componen la edificación proveen acceso a no menos de dos salidas aprobadas, en las siguientes dos figuras se observa a detalle los pasillos y las salidas debidamente señaladas:

Figura 28

Pasillo ala norte, Piso N°3



Fuente: Autor

Figura 29

Pasillo ala sur, Piso N°4



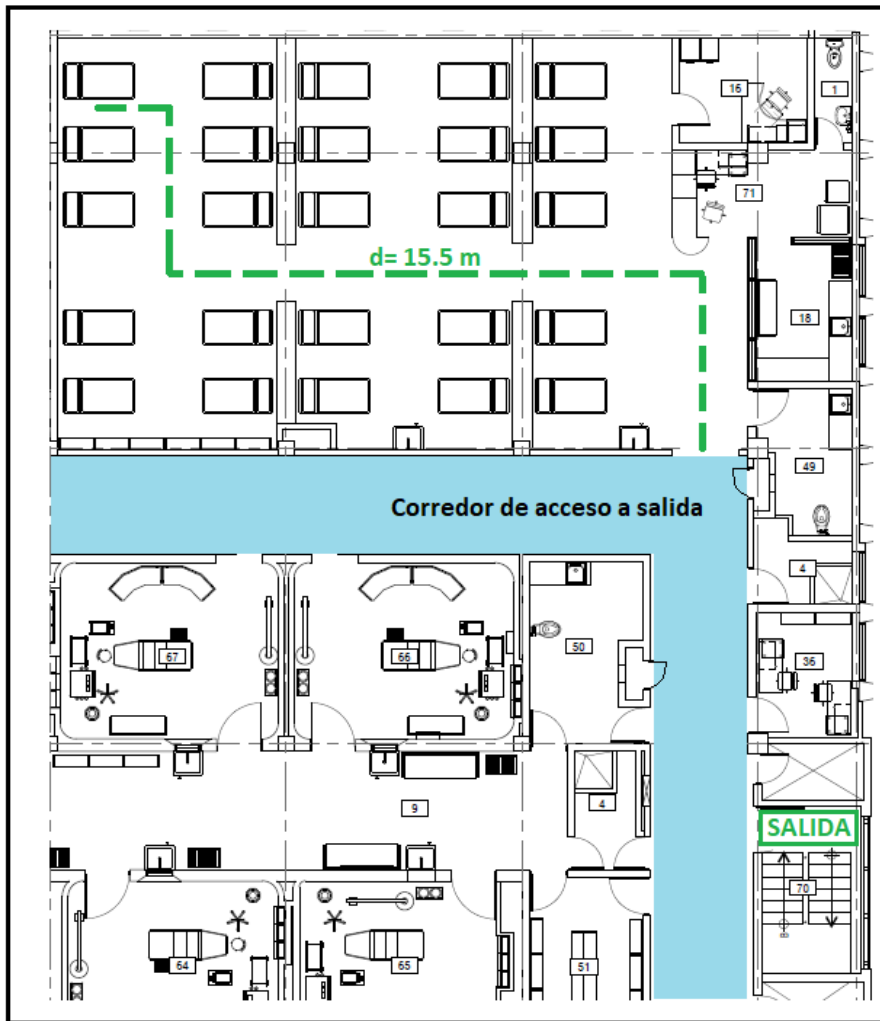
Fuente: Autor

- Todas las suites con camas para el cuidado de pacientes poseen distancias de recorrido inferiores a los 30 m, medidos desde cualquier punto de la suite y la puerta de un corredor de acceso a salida, se toma como referencia la suite más grande que posee el edificio

Torre Norte, la cual posee una distancia de recorrido de 15.5 m en su punto más lejano, se adjunta la siguiente figura:

Figura 30

Distancia recorrido hasta puerta corredor de acceso a salida



Fuente: Autor

- Todas las habitaciones para dormir existentes en la edificación no superan los 93 m², por tal razón no es necesario que las mismas cuenten con dos puertas de acceso a salida apartadas entre sí, sin embargo, muchas de las habitaciones para dormir poseen más de

una puerta de acceso a salida, en la siguiente tabla se detalla el área de los salones utilizados para albergar pacientes que requieren dormir en las instalaciones hospitalarias:

Tabla 20

Área de Recintos Hospitalización

Nombre del recinto	Área (m²)
Salón recuperación, piso N°3	86.25
Ud. Cuidado intensivo quirúrgico	52.40
Sala recuperación, Hemodinamia	23.20
Salón 7 camas, pisos N°4 y N°5	23.20
Salón 4 camas, pisos N°4 y N°5	14.00
Salón 2 camas, pisos N°4 y N°5	9.20

Fuente: (Autor)

- Para el análisis de las distancias de recorrido en cada uno de los pisos que conforman la edificación Torre Norte, se toman en consideración todos los medios de egreso existentes en cada uno de los pisos, seguidamente se identifican numéricamente los puntos más lejanos de la edificación donde existe ocupación de personal hospitalario o pacientes (Anexo 1), y se realiza un trazado hasta la salida más próxima, se detallan los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 21

Distancia de recorrido en puntos más lejanos por piso

	Piso N°1	Piso N°2	Piso N°3	Piso N°4	Piso N°5
Puntos identificados en planos	Distancia de recorrido (m)				
1	38.3 m	28.6 m	30.6 m	32.4 m	32.4 m
2	59.8 m	44.5 m	60.3 m	35.5 m	35.5 m
3	33.7 m	35 m	40.2 m	42.4 m	42.4 m
4	30.7 m	36 m	37.8 m	34.5 m	27.8 m

5	34.1 m	26.5 m	43.8 m	-	-
6	31 m	24.5 m	-	-	-
7	24.5 m	-	-	-	-

Fuente: (Autor)

De acuerdo con las distancias obtenidas en la tabla N°21 para cada uno de los puntos más críticos por piso, y tomando en consideración que la edificación debe contar con un sistema de rociadores automáticos debidamente autorizado, se logra verificar que ningún punto crítico de la edificación supera la distancia máxima de recorrido a las salidas de 61 m, cumpliendo de esta manera con lo dispuesto en el punto 19.2.6, sobre distancia de recorrido a las salidas, según lo establecido en la norma NFPA 101 para tal fin.

4.3.4. Evacuación en edificaciones para el cuidado de la salud

Dentro de cualquier inmueble, los cerramientos de escalera se consideran como la opción principal para la evacuación de los ocupantes de la edificación, sin embargo, existen edificaciones como por ejemplo las destinadas al cuidado de la salud, donde muchos de los ocupantes en condición de pacientes posee problemas de movilidad total o limitada, no siendo en este caso la mejor opción la evacuación por medio de las escaleras.

La norma NFPA 101, versión 2021, abarca los aspectos de manera puntual con los cuales debe contar un medio de egreso accesible, siendo lo más importantes que este pueda proveer una vía accesible a un área de refugio, a una salida horizontal o bien a la vía pública.

Para el caso específico del Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia, únicamente se cuenta con pacientes en condición de movilidad limitada en los pisos N°1, N°2 y N°3, siendo el acceso a una vía pública una opción inviable de aplicar, ya que existen elevaciones en el terreno que impiden tener acceso a una vía pública mediante rampas en lugar de escaleras.

En el caso de las salidas horizontales, las cuales se definen como pasajes desde un edificio a un área de refugio en otra edificación, el edificio Torre Norte posee en el tercer piso una

posibilidad de implementar una salida horizontal que le permita en caso de suscitarse un incendio, el poder alejar a los ocupantes de los peligros asociados a este tipo de eventos, si bien la norma NFPA 101, versión 2021, establece en la sección 7.2.4 una serie de requisitos y criterios que deben cumplirse, el alcance del presente trabajo no es el de analizar las salidas horizontales, pero sí poder mostrar la posibilidad de poder implementar esta alternativa como parte de los medios de egreso de la edificación.

Para el caso de los pisos superiores N°4 y N°5, deben implementarse áreas de refugio, las cuales deben ser accesibles desde el espacio al que sirven por medios de egreso accesibles, al ser la edificación Torre Norte una construcción de gran altura, es necesario que las áreas de refugio cuenten con un sistema de comunicación de dos vías, esto para la comunicación entre el área de refugio y un punto central de control dentro del hospital.

Por último, un aspecto fundamental al momento de diseñar las áreas de refugio para la edificación, es contemplar la carga de ocupantes al que servirá el área de refugio, siendo necesario contemplar la ocupación de la edificación, que al tratarse de un centro para la atención de la salud, eleva significativamente los espacios que deben implementarse para el resguardo de pacientes en camas, camillas y sillas de ruedas.

4.4. Extintores portátiles

Para la evaluación de la cobertura adecuada de extintores portátiles en las edificaciones hospitalarias, se toma en consideración lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, donde se toma criterios para la selección del tipo de extintor en relación con el tipo de fuego y riesgo, se analizan condiciones específicas en cuanto a la naturaleza de los combustibles presentes en los recintos hospitalarios, se realiza una clasificación de riesgos en todas las áreas hospitalarias, ya sea un riesgo bajo, moderado o alto; así mismo, se establece la localización de los extintores en función de la clase de riesgo (A, B, C, D y K).

En relación con la ubicación física de los extintores, se toman en consideración aspectos como la ubicación, por ejemplo, cerca de salidas de emergencia, áreas visibles o áreas comunes; otro aspecto importante que se considera es la altura de instalación en función del tipo de agente y su peso bruto.

Por último, se considera el tipo de mantenimiento brindado a los extintores portátiles, si existe una frecuencia de inspección básica mensual, si se cuenta con la aplicación de una rutina de mantenimiento anual, así como la ejecución de pruebas hidrostáticas que permitan asegurar la integridad estructural de los extintores y garantizar su funcionamiento en caso de un incendio.

Para efectos del presente trabajo, se realiza una clasificación del riesgo para las ocupaciones hospitalarias, dicha clasificación se fundamenta en lo dispuesto en el apartado 5.4 Clasificación de los riesgos de la norma NFPA 10 Norma para Extintores Portátiles con Incendios, en la siguiente tabla se incluyen los recintos hospitalarios y el tipo de riesgo asociado.

Tabla 22

Clasificación del riesgo para las áreas hospitalarias según NFPA 10, Edificio Torre Norte

Recinto Hospitalario	Clasificación del Riesgo	Criterio Aplicado
Salas Radiología	Riesgo ordinario	Apartado 5.4.1.2 (NFPA 10, 2018, p.12).
Consultorios	Riesgo ligero	Apartado 5.4.1.1 (NFPA 10, 2018, p.12).
Salas espera	Riesgo ligero	Apartado 5.4.1.1 (NFPA 10, 2018, p.12).
Bodega insumos	Riesgo Extra	Apartado 5.4.1.3 (NFPA 10, 2018, p.12).
Cuarto máquinas	Riesgo ordinario	Apartado 5.4.1.2 (NFPA 10, 2018, p.12).
Cuartos residentes	Riesgo ligero	Apartado 5.4.1.1 (NFPA 10, 2018, p.12).

Oficinas	Riesgo ligero	Apartado 5.4.1.1 (NFPA 10, 2018, p.12).
Farmacia	Riesgo ordinario	Apartado 5.4.1.2 (NFPA 10, 2018, p.12).
Laboratorio	Riesgo ordinario	Apartado 5.4.1.2 (NFPA 10, 2018, p.12).
Salones encamados	Riesgo ligero	Apartado 5.4.1.1 (NFPA 10, 2018, p.12).
Centro de equipos	Riesgo ordinario	Apartado 5.4.1.2 (NFPA 10, 2018, p.12).
Quirófanos	Riesgo Extra	Apartado 5.4.1.3 (NFPA 10, 2018, p.12).
Aula	Riesgo ligero	Apartado 5.4.1.1 (NFPA 10, 2018, p.12).
Biblioteca	Riesgo ordinario	Apartado 5.4.1.2 (NFPA 10, 2018, p.12).
Capilla	Riesgo ligero	Apartado 5.4.1.1 (NFPA 10, 2018, p.12).

Fuente: (Autor)

Para efectos del presente trabajo y con el objetivo de analizar la cobertura de agentes extintores portátiles en la edificación Torre Norte, se realiza una verificación en sitio por cada uno de los pisos que conforman la edificación, se identifica la cantidad de extintores instalados, su ubicación exacta, así como el tipo de agente y su capacidad, En Anexo 2 puede verificarse en planos la ubicación de los extintores, en la siguiente tabla se procede a enumerar y detallar los extintores identificados por piso:

Tabla 23*Lista de extintores por piso, Edificio Torre Norte*

Z

N° IDENTIFICACIÓN EN PLANO	AGENTE	CAPACIDAD
	Piso N°1	
1	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
2	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
3	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
4	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
5	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
6	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
7	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
8	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
9	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
10	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
11	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
12	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
13	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
14	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal

15	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
16	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
17	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
	Agua (H ₂ O)	2,5 gal
18	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
	Agua (H ₂ O)	2,5 gal
19	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
	Agua (H ₂ O)	2,5 gal
20	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
	Piso N°2	
1	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
	Agua (H ₂ O)	2,5 gal
2	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
3	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
	Agua (H ₂ O)	2,5 gal
4	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
5	Polvo químico seco	10 libras
6	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
	Agua (H ₂ O)	2,5 gal
7	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
8	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
9	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
10	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
11	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
12	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
13	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
	Agua (H ₂ O)	2,5 gal
14	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
	Agua (H ₂ O)	2,5 gal
15	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras
	Agua (H ₂ O)	2,5 gal
16	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10 libras

17	Polvo químico seco	10 libras
	Piso N°3	
1	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
2	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
3	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
4	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
5	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
6	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
7	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
8	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
9	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
10	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
11	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
12	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
13	Agua (H2O)	2,5 gal
14	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
15	Agua (H2O)	2,5 gal
16	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
17	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
18	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
19	Polvo químico seco	10 libras
	Piso N°4	
1	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
2	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
3	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
4	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
5	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
6	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
7	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
8	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras

9	Polvo químico seco	10 libras
10	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras
Piso N°5		
1	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
2	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
3	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
4	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
5	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
6	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
7	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
8	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
9	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
	Agua (H2O)	2,5 gal
10	Dióxido de Carbono (CO2)	10 libras
11	Carbón Hidroclorofluoro	11 libras

Fuente: (Autor)

Análisis ubicación de extintores portátiles, tipo de agente y cobertura de las edificaciones:

A partir del levantamiento realizado y de acuerdo con los datos de la tabla N°23, se procede a realizar un análisis de los aspectos encontrados, así como aspectos recomendados que deben mejorarse para el cumplimiento de los dispuesto en el RNPCI, NFPA 101 y NFPA 10.

- Se cumple con lo dispuesto en el apartado 4.2 Identificación de contenidos, de la norma NFPA 10, donde se indica que el extintor debe tener una etiqueta adosada, donde se incluya la información solicitada en este apartado, se adjuntan figuras que detallan lo solicitado.

Figura 31

Identificación de contenidos



Fuente: Autor

Figura 32

Etiqueta información mantenimiento

ID Extintor:	338
Placa:	1216127
Ubicación:	Ascensores 2 piso
Agente:	hall
Capacidad:	11Lb
Fecha Prueba Hidrostática:	2018
Fecha de recarga:	
Técnico:	WAT.
Asesoría Optima en Seguridad Industrial S.A. Tels.: 2283-7868 / 2283-1722 E-mail: info@asosi.co.cr	

Fuente: Autor

- Según la revisión efectuada, no se identifican extintores obsoletos según los criterios establecidos en el apartado 4.4 Extintores obsoletos de la norma NFPA 10.
- Ubicación, los extintores están ubicados en lugares claramente visibles, de fácil acceso y disponibles ante una emergencia.
- Altura de instalación, todos los extintores instalados en la edificación no superan los 18 kg de peso bruto, por tal razón deben estar instalados a una altura no mayor a 125 cm, se comprueba que los extintores de la edificación están instalados a alturas inferiores a 125 cm, se adjunta figura con medida promedio.

Figura 33

Altura instalación extintores



Fuente: Autor

- Visibilidad de etiqueta, los extintores están instalados de modo que sus instrucciones de operación quedan frente al equipo. Se adjunta figura que permite visualizar la etiqueta.

Figura 34

Instrucciones de Uso Extintor Portátil



Fuente: Autor

- Para la evaluación de los extintores para riesgos clase A, se toma como referencia lo establecido en la tabla N°24, los extintores clase A ubicados en la edificación poseen un potencial de extinción y clasificación 2A, por tal razón el área de piso máxima por extintor es de 557.4 m² (6000 pies²), y la distancia de recorrido máximo hasta el extintor de 22.86 m (75 pies), en la siguiente tabla se muestra el cálculo del número mínimo de extintores por piso:

Tabla 24*Cantidad mínima de extintores Clase A por piso, Edificio Torre Norte*

N° Piso	Área total por piso (m2)	Área cobertura por extintor (m2)	Cantidad de extintores clase A
1	2965,9	557,4	5
2	2965,9	557,4	5
3	3255,8	557,4	6
4	3233,5	557,4	6
5	2921,3	557,4	5

Fuente: (Autor)

A partir de los resultados de la tabla anterior, se puede indicar que la cantidad de extintores clase A instalados por piso supera la cantidad de extintores mínima que debe existir por cada piso; así mismo, la distancia entre extintores clase A en cada uno de los pisos es inferior a los 22.86 m que solicita la normativa NFPA 10 en el apartado 6.2.1.2.2, cumpliendo satisfactoriamente.

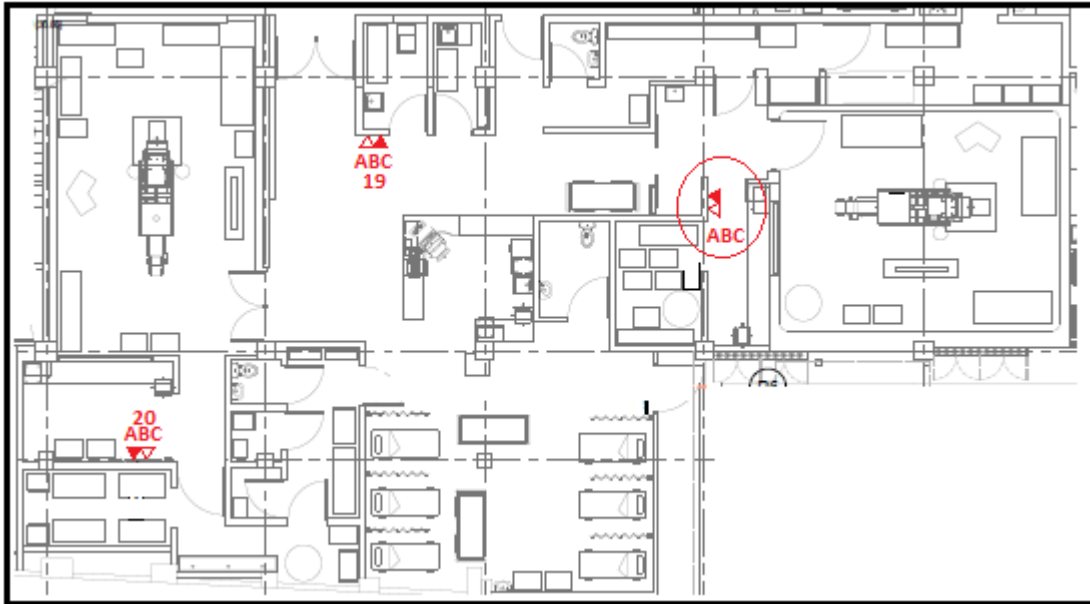
- Para la evaluación de los extintores para riesgos clase B, se toma como referencia lo establecido en la tabla N°3; los extintores clase B ubicados en la edificación poseen un potencial de extinción y clasificación 10-B, por tal razón se logra determinar que los extintores clase B ubicados en áreas de riesgo ligero no superan una distancia de recorrido máxima de 15.25 metros, mientras que los extintores instalados en áreas de riesgo ordinario no sobrepasan los 9.14 metros como distancia máxima de recorrido.
- La evaluación sobre instalación de extintores clase C, se realiza con base en lo dispuesto en el apartado 6.4.1, de la norma NFPA 10, donde se detalla que deben instalarse extintores con clasificación C donde pueda haber equipos eléctricos energizados, en el caso de la edificación Torre Norte, se logra constatar que existen extintores clase C cerca de todos los recintos que poseen equipos o sistemas eléctricos energizados, tanto en consultorios, oficinas, salas de reunión y quirófanos; además, se cumple con la distancia

máxima de recorrido de 23 metros, esto según lo dispuesto en el RNPCI en su apartado 12.4.6.

- La selección de los extintores para las diferentes áreas hospitalarias en términos generales es correcta, la cantidad de extintores de acuerdo con lo descrito en el apartado 6.1.1 de la norma NFPA 10, así como los criterios utilizados para su análisis, entre los que destacan el área, las condiciones de ocupación del edificio, la severidad de los riesgos, clases de fuego previstas y distancias de recorrido para acceder a los extintores, permiten brindar plena satisfacción de lo evaluado en la edificación; únicamente se recomienda realizar la instalación de extintores adicionales en las siguientes áreas:
 - En el recinto conocido como salas de Hemodinamia, se cuenta con dos equipos de angiografía, si bien se cuenta con dos baterías de extintores N°19 (CO2 y Agua) y N°20 Agente limpio, se recomienda colocar un extintor adicional de agente limpio, esto debido a la alta complejidad del equipo y el alto costo que este representa desde el punto de vista económico. Se adjunta figura con la ubicación propuesta.

Figura 35

Propuesta Colocación Extintores, Piso N°1

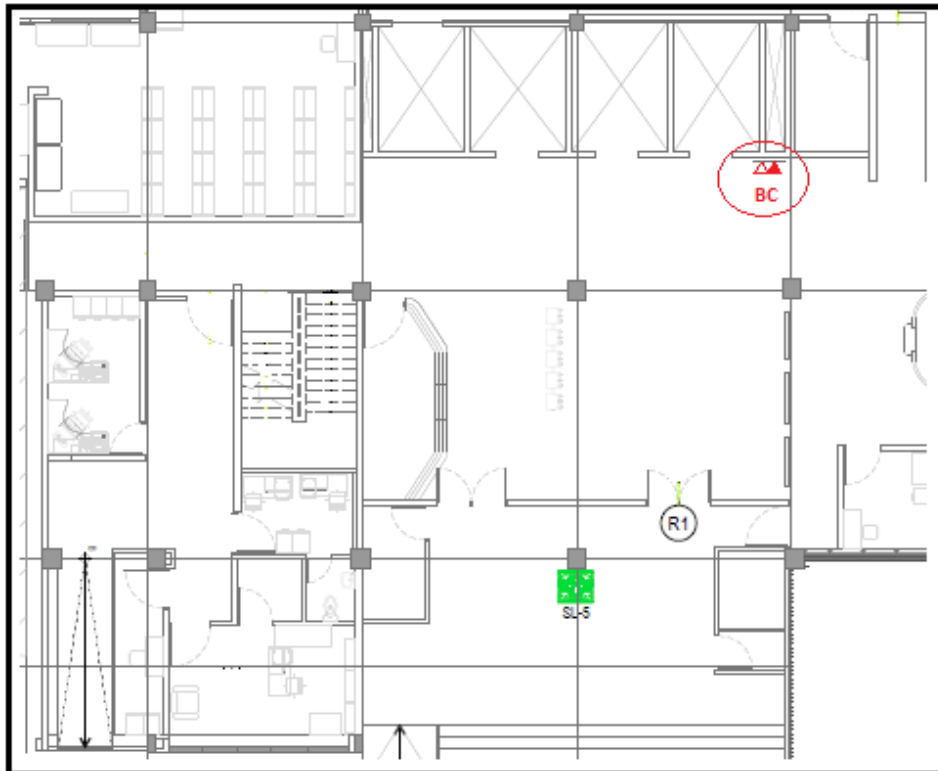


Fuente: Autor

- En el piso N°2, frente al área de ascensores se recomienda colocar un extintor del tipo dióxido de carbono, esto debido a que el extintor más cercano se encuentra a más de 15 metros, se adjunta figura con la ubicación propuesta para su instalación.

Figura 36

Propuesta colocación extintores, Piso N°2

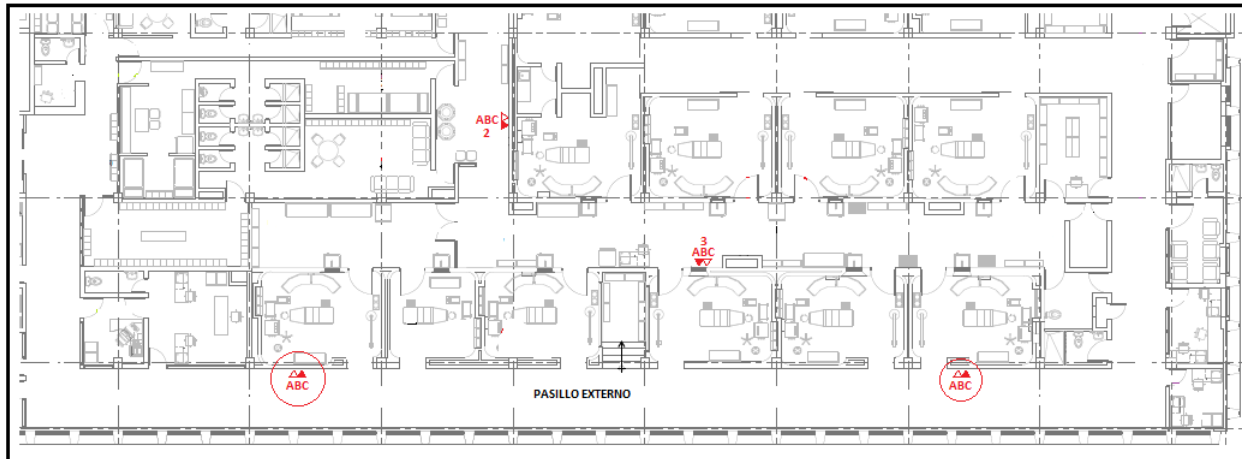


Fuente: Autor

- En el piso N°3, específicamente en el pasillo externo del costado norte de la sala de quirófanos, se recomienda la colocación de dos extintores del tipo agente limpio (Carbón Hidroclorofluoro), ya que en dicho pasillo no se encuentra localizado ningún extintor, además, debe tomarse en consideración la gran cantidad de equipos médicos dentro de los quirófanos, muchos de los cuales poseen un alto valor económico, siendo necesario proteger su integridad. Se adjunta figura con la ubicación propuesta para los nuevos extintores.

Figura 37

Propuesta colocación extintores, Piso N°3

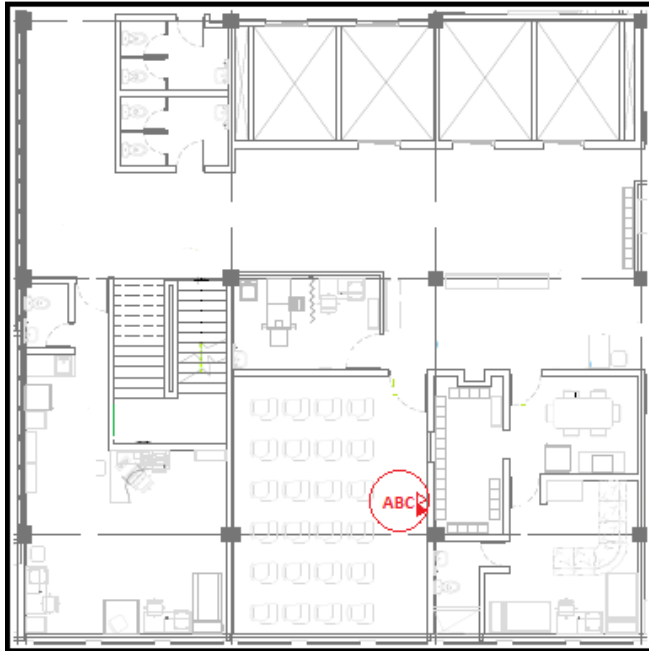


Fuente: Autor

- En el piso N°4, específicamente en el aula localizada en el costado sur del piso, se recomienda colocar cobertura para fuegos clase A, B y C, por tal razón se recomienda instalar una batería de extintores del tipo Agua y Dióxido de Carbono. En la siguiente figura se detalla la propuesta de ubicación.

Figura 38

Propuesta colocación extintores, Piso N°4

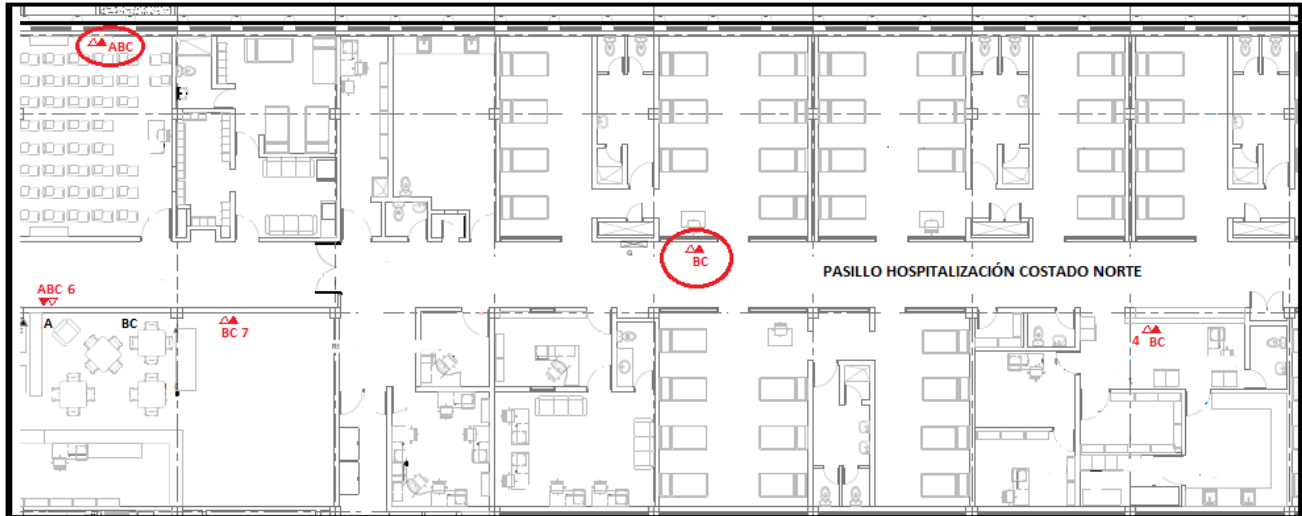


Fuente: Autor

- En el piso N°5, costado norte, en el aula se determina colocar cobertura para fuegos clase A, B y C, por tal razón se recomienda instalar una batería de extintores del tipo Agua y Dióxido de Carbono; además, se debe colocar un extintor para clase de fuego B a mitad del pasillo de hospitalización. En la siguiente figura se detalla la propuesta de ubicación.

Figura 39

Propuesta Colocación Extintores, Piso N°5



Fuente: Autor

- Mantenimiento de extintores, la totalidad de extintores instalados en el edificio Torre Norte, se encuentran cubiertos bajo un contrato de mantenimiento preventivo, correctivo, recargas y pruebas hidrostáticas para extintores portátiles, el cual puede ser consultado en el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), bajo el expediente de contratación 2023LY-000013-0001102101, dicho expediente incluye inspecciones mensuales para todos los extintores, inspecciones correctivas en el momento en que se requieran, recargas y exámenes internos, así como pruebas hidrostáticas de los cilindros, cumpliendo de esta manera con lo solicitado en los apartados 12.5.1.1; 12.5.1.2; 12.5.1.4; 12.5.1.6; 12.5.1.7; así como lo dispuesto en el capítulo 7.3 Mantenimiento de un extintor de la normativa NFPA 10.

4.5. Sistema de supresión de incendios a base de agua

Este apartado se aborda en dos partes, en primera instancia los aspectos relacionados con el sistema de tuberías verticales existentes en la edificación Torre Norte y segundo, los aspectos relacionados al sistema de rociadores automáticos.

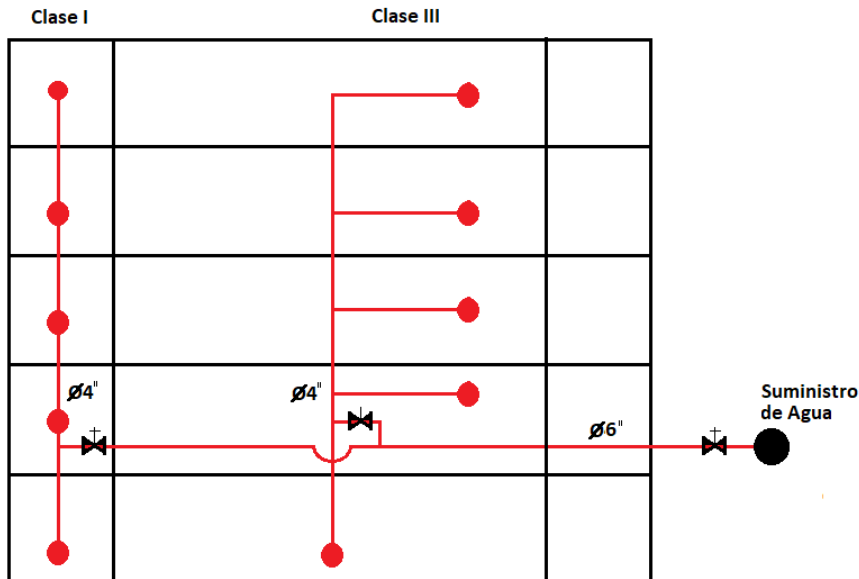
4.5.1. Sistema de tubería vertical

Los sistemas de tubería vertical deben cumplir con lo dispuesto en el apartado 13.3 del Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, además de consideraciones incluidas en la norma NFPA 101 y NFPA 14. Para efectos de la edificación Torre Norte, se analizan los sistemas de tubería vertical existentes en la edificación.

En la actualidad la edificación cuenta con dos sistemas montantes de mangueras, un montante localizado en uno de los medios de egreso de la edificación clase I y un montante que abastece un sistema clase III en cada uno de los pisos de la edificación, en la siguiente figura se ilustra la distribución de los montantes en la edificación.

Figura 40

Montantes existentes, Edificación Torre Norte



Fuente: Autor

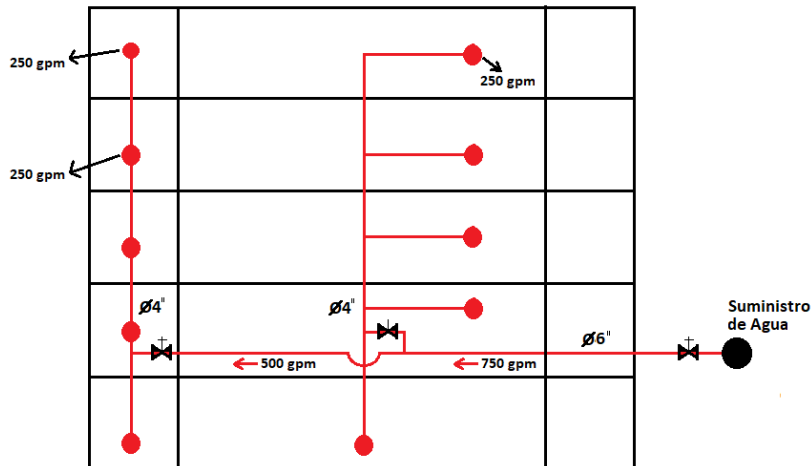
Ambos montantes conectados a un sistema automático húmedo, el cual siempre se encuentra cargado con agua y conectado a una bomba contra incendios, esta bomba contra incendios abastece dentro de la edificación Torre Norte únicamente a estos dos montantes y debe mencionarse que dicha bomba no será considerada para una eventual conexión del sistema de rociadores automáticos de la edificación.

En relación con los cálculos hidráulicos y la tasa de flujo para los montantes existentes en la edificación, de acuerdo con lo establecido en los apartados 7.10.1.1 y 7.10.1.2.1 de la norma NFPA 14, edición 2019, se establece que para los sistemas clase I y clase III, la tasa de flujo mínima para el montante más remoto hidráulicamente debe ser de 500 gpm, esto por medio de dos conexiones para mangueras de 2 ½"; adicionalmente, deben considerarse 250 gpm para cada montante adicional.

Al contar la edificación Torre Norte con dos sistemas de montantes y mangueras, la demanda de caudal para el sistema existente es de 750 gpm, en la siguiente figura se detallan los caudales respectivos.

Figura 41

Demanda de caudal en montantes existentes



Fuente: Autor

El sistema de montantes y mangueras existente cumple desde el punto de vista hidráulico con la presión y caudal requeridos, se detallan datos sobre prueba de rendimiento de la bomba contra incendios:

Tabla 25

Datos bomba contra incendios

Ubicación:	Cuarto de bombas	Capacidad:	750	GPM
Modelo:	FP11CHC-750	Velocidad:	1770	RPM
Marca:	AC Fire	Presión:	125	Psi
Bomba tipo:	Succión Turbina	Otro:		
	Vertical			

Fuente: (Autor)

Tabla 26*Resultados prueba rendimiento*

Puntos	Diseño			Prueba			Corrección	Evaluación		
	Flujo (%)	Caudal (GPM)	Presión Diseño (psi)	Boquilla	Presión Descarga (psi)	Velocidad de giro (rpm)	Presión neta (psi)	Caudal corregido (GPM)	Presión corregida (psi)	%
Cierre	0	0	142,8	No aplica	149	1790	149	0	145,7	102,0
Nominal	10	750	125	1x2 - 1/4"	126	1785	126	746	123,9	99,1
Sobrecarga	15	1125	99,3	1x1 - 1/2"	95	1777	95	1121	94,3	94,9

Fuente: (Autor)

La prueba de presión y caudal en punto crítico efectuada al sistema de montantes y mangueras en la conexión de manguera del sistema fijo contra incendios más alejada y desfavorable hidráulicamente brindó los siguientes resultados:

Tabla 27*Resultados punto crítico*

Ubicación	Tamaño de salida	Restrictor	Diámetro boquilla	Presión Dinámica (psi)	Presión residual (psi)	Caudal (gpm)
Piso N°5	2 1/2"	No	3/4"	12,8	105	500

Fuente: Autor

La prueba de punto crítico en el gabinete de manguera mostró resultados satisfactorios, esto por cuanto a un caudal de 500 gpm se obtuvo una presión residual de 105 psi en el gabinete más lejano ubicado en el piso N°5 de la edificación.

4.5.2. Sistema de rociadores automáticos

En lo referente a rociadores, según lo establecido en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, en el apartado 13.2.2. se establecen las edificaciones que deberán estar protegidas mediante un sistema de rociadores automáticos, entre las cuales se destacan las ocupaciones para el cuidado de la salud (apartado g).

Así mismo, de acuerdo con lo establecido en el capítulo 19 (ocupaciones para cuidado de la salud existentes) de la norma NFPA 101, establece en el punto 19.3.5 los requisitos para la extinción, y de manera más específica lo detalla el punto 19.3.5.1 donde se establece que los edificios que contienen centro de cuidados intermedios, el cual es el caso del edificio Torre Norte, deberán estar protegidos mediante un sistema aprobado y supervisado de rociadores automáticos.

Por último, el punto 9.7.1.1 de la norma NFPA 101 establece que cada sistema de rociadores automáticos requerido debe cumplir con una de las siguientes normas:

- NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores
- NFPA 13D, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores en Viviendas Unifamiliares y Bifamiliares y en Viviendas Prefabricadas
- NFPA 13R, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores en Ocupaciones Residenciales de hasta cuatro pisos de altura, Inclusive

Siendo necesario para el caso de la edificación Torre Norte, aplicar lo dispuesto únicamente en la norma NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.

Análisis sobre las condiciones actuales en relación con el sistema de rociadores automáticos con las que cuenta la edificación Torre Norte:

El edificio Torre Norte en la actualidad no cuenta con un sistema de rociadores automáticos en ninguno de los recintos que conforman la edificación hospitalaria, incumpliendo de esta manera con lo establecido en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios y las normas NFPA 13 y 101.

Para efectos del análisis y evaluación a partir de lo anterior, se realiza un análisis en el cual se abordan los siguientes temas:

- Análisis sobre la capacidad de respaldo de la bomba contra incendios y tanque de almacenamiento existente, evaluación de requerimientos básicos de acuerdo con la norma NFPA 13.
- Detalle de requerimientos con los cuales deberá contar el sistema de rociadores automáticos.

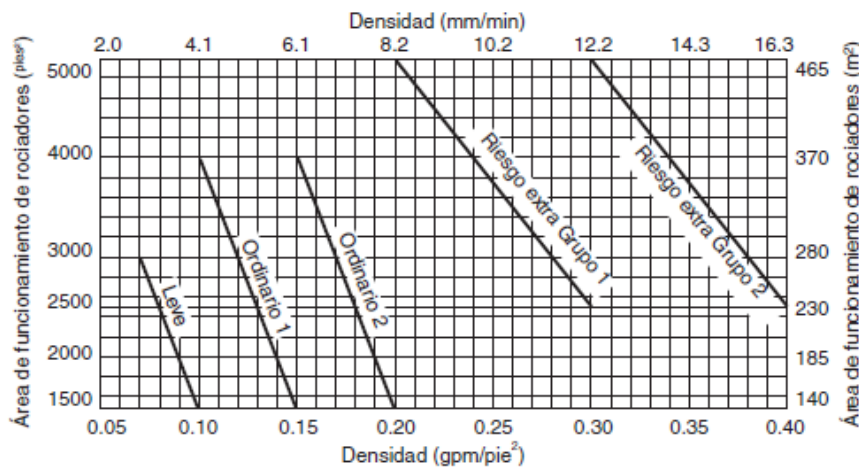
4.5.1.1. Análisis sobre la capacidad de respaldo de la bomba contra incendios y tanque de almacenamiento existente, evaluación de requerimientos básicos de acuerdo con la norma NFPA 13.

Para la evaluación del sistema de bombeo contra incendios, el tanque de abastecimiento de agua y la supervisión de señales, se toma en consideración de actualmente el Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia posee una bomba contra incendios que brinda respaldo al edificio conocido como torre este, la cual puede brindar respaldo adicional al edificio Torre Norte, a partir de lo anterior, se realiza un análisis de la capacidad de la bomba y como está facultada para brindar respaldo adicional a la edificación Torre Norte; así mismo el tanque de almacenamiento cumple con los lineamientos solicitados en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios.

Para el análisis de la bomba contra incendios, se toma en consideración primero un cálculo de la demanda del sistema de rociadores automáticos, mediante el cual se determina teóricamente el caudal que deberá suministrar la bomba para abastecer la edificación, para el cálculo de diseño se toma como referencia el método Densidad/Área el cual se detalla en la norma NFPA 13, capítulo 19, apartado 19.2.3.1.5.1, específicamente lo detallado en la figura 19.2.3.1.1.

Figura 42

Curva Densidad/Área



Fuente: (NFPA, Requisitos de la demanda de agua- Métodos de cálculo hidráulico, 2022)

De acuerdo con la clasificación del riesgo para las áreas hospitalarias efectuada en la tabla N°14, donde todos los recintos hospitalarios se clasifican entre riesgo leve y riesgo ordinario 1, se decide diseñar para clasificación de riesgo ordinario 1, seleccionado el punto de la curva que posee un área de funcionamiento de rociadores de 3000 pies² y una densidad de descarga de 0.12 gpm/pie².

Para el cálculo del caudal de rociadores automáticos se utiliza la fórmula:

$$Q_{roc} = \text{Densidad} \cdot \text{Área de Diseño}$$

Para el cálculo del caudal de mangueras se utiliza como referencia la tabla 19.2.3.1.2

Tabla 28

Caudal de mangueras

Ocupación	Manguera interior		Manguera interior y exterior total combinada		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo leve	0, 50, o 100	0, 190, o 380	100	380	30
Riesgo ordinario	0, 50, o 100	0, 190, o 380	250	950	60-90
Riesgo extra	0, 50, o 100	0, 190, o 380	500	1900	90-120

Fuente: (NFPA, Requisitos de la demanda de agua - Métodos de cálculo hidráulico, 2022)

Para el cálculo del caudal total de demanda, se suma el resultado obtenido para el caudal de rociadores más el caudal de mangueras.

$$Q = Q_{roc} + Q_{mangueras}$$

Para el cálculo de la reserva de agua contra incendios, este se obtiene de la multiplicación del caudal total por el tiempo de aplicación, en la tabla anterior se muestra el tiempo de duración en función del tipo de ocupación; así mismo, en el caso del tiempo de duración cuando este tenga dos valores, por ejemplo 60-90 minutos, se utiliza el valor menor cuando el sistema de rociadores está monitoreado desde una estación remota, y el valor mayor en caso de que el sistema no se encuentre monitoreado.

$$Vol (gal) = Q_{total} \cdot Duración$$

Cálculo de la capacidad de la bomba contra incendios

Para el edificio Torre Norte, se toma un área de funcionamiento de rociadores de 3000 pies² y una densidad de descarga de 0.12 gpm/pie², el caudal del sistema de rociadores es:

$$Q = 0.15\text{gpmft}^2 \cdot 1500\text{ft}^2 = 225 \text{ gpm}$$

Al resultado obtenido, se le aplica un factor de corrección, el cual dependerá de la configuración de rociadores automáticos, para un sistema del tipo malla, se aplica un factor de corrección entre el 5%-15%, para este caso aplicamos un factor del 10%, dando como resultado un caudal para el sistema de rociadores de 247.5 gpm.

Para el cálculo del caudal para conexión de mangueras de igual forma se toma como referencia la clase de ocupación riesgo ordinario 1, de acuerdo con la tabla 19.3.3.1.2, el caudal de manguera interior y exterior combinada es de 250 gpm, y una duración de 60 minutos.

Por último, se calcula el caudal total de demanda, sumando el caudal de rociadores y el caudal de mangueras:

$$QT = 247.5 \text{ gpm} + 250 \text{ gpm} = 497.5 \text{ gpm} \quad QT = 247.5 \text{ gpm} + 250 \text{ gpm} = 497.5 \text{ gpm}$$

Cálculo de la capacidad del tanque para el sistema de rociadores y mangueras:

Para el cálculo de la capacidad del tanque, se toma el valor obtenido para el caudal total de rociadores y mangueras y se multiplica por el tiempo de duración, en este caso. de acuerdo con la tabla 19.3.3.1.2, un tiempo de 60 minutos, se selecciona dicho tiempo debido a que el sistema estará monitoreado siempre por un oficial de seguridad, se calcula el volumen del tanque:

$$\text{Vol (gal)} = 497.5\text{gpm} \cdot 60\text{min} = 29.850 \text{ gal}$$

A partir de los cálculos efectuados, y tomando en consideración la bomba con la cual se cuenta actualmente y con la que se pretende brindar cobertura al edificio Torre Norte, así como

el tanque de almacenamiento de agua que respalda dicha bomba, podemos analizar lo siguiente desde el punto de vista de la capacidad de caudal de la bomba y de la capacidad de almacenamiento del tanque de agua, se muestra análisis en la siguiente tabla:

Tabla 29

Capacidad teórica y real de la bomba contra incendios y tanque de almacenamiento

Bomba contra incendios		Tanque de almacenamiento	
Capacidad teórica	Capacidad real	Capacidad teórica	Capacidad real
497.5 gpm	1000 gpm	29.850	30.000

Fuente: (Autor)

A partir de los datos de la tabla anterior y de acuerdo con los cálculos teóricos desarrollados, se puede concluir como la bomba contra incendios que pretende utilizarse para brindar cobertura al edificio Torre Norte, así como el tanque de almacenamiento, son suficientes para satisfacer la demanda máxima del edificio, se adjuntan figuras de la bomba actual y del tanque de almacenamiento.

Figura 43

Bomba Contra incendios, Edificio Torre Norte



Fuente: Autor

Figura 44

Capacidad tanque de almacenamiento de agua



Fuente: Autor

En la siguiente tabla se muestra el análisis de los requerimientos y cumplimiento de los puntos establecidos en la norma NFPA 13, en relación con la bomba contra incendios, tanque de almacenamiento y supervisión de señales:

Tabla 30

Evaluación de requerimientos y cumplimiento de la bomba contra incendios, Tanque de abastecimiento de agua y supervisión de señales

Requerimiento	Evaluación del cumplimiento	Normativa de referencia	Observaciones
I. Sistema de bombeo contra incendios			
Todos los sistemas de rociadores automáticos deben tener al menos un suministro de agua	Cumple	NFPA 13, punto 5.1.1, p. 44	Se cuenta con un suministro de agua a partir de una bomba contra incendios
Dentro de las opciones de suministros de agua para sistemas de rociadores se permite una conexión que incluya una bomba contra incendios de acuerdo con 5.2.3	Cumple	NFPA 13, punto 5.2.1, p. 45	El hospital cuenta con una bomba que puede brindar suministro al sistema de rociadores automáticos, ver Anexo 3
La bomba debe ser certificada para uso en incendios y debe estar listada por un laboratorio reconocido	Cumple	RNPCI, punto 13.4.4, p. 98	La bomba contra incendios cumple satisfactoriamente. Ver Anexo 3

<p>El cuarto de bombeo donde se encuentre la bomba contra incendios debe estar protegido contra la posible interrupción del servicio; como incendio, explosión, inundación, vandalismo u otras condiciones adversas.</p>	Cumple	RNPCI, punto 13.4.5, p. 98	El cuarto de bombeo se encuentra correctamente protegido, cuenta con una compartimentación de 2 horas
<p>Se permite que el cuarto de bombeo se encuentre a menos de 15 metros de los edificios, siempre que se cuente con una barrera cortafuego con una resistencia al fuego de 2 horas entre la casa de máquinas y el edificio.</p>	Cumple	RNPCI, punto 13.4.7, p. 98	El cuarto de bombeo está ubicado a menos de 15 m de la edificación conocida como Torre Este y a menos de 15 m del edificio conocido como patrimonio, sin embargo, cuenta con una barrera corte fuego de 2 horas
<p>El cuarto de bombeo debe protegerse mediante rociadores automáticos.</p>	Cumple	RNPCI, punto 13.4.9, p. 98	El recinto que alberga la bomba contra incendios posee protección mediante rociadores automáticos
<p>II. Tanque de almacenamiento</p>			
<p>Los tanques deben estar alejados 6 m de cualquier material combustible o posible exposición a un incendio.</p>	Cumple	RNPCI, punto 13.5.2, p. 99	El tanque se encuentra aislado de cualquier material combustible o posible exposición a un incendio.

<p>El volumen de diseño debe ser el suficiente para mantener el caudal nominal requerido contra incendios por al menos 30 minutos</p>	Cumple	RNPCI, punto 13.5.4, p. 99	<p>El tanque posee una capacidad de 30.000,00 galones, por tal razón permite mantener el caudal nominal de la bomba por más de 30 minutos.</p>
<p>Para el caso de los tanques subterráneos, la rotulación deberá colocarse junto al hidrante de succión, o en caso de que este no existiera, junto a la unidad de bombeo contra incendio.</p>	Cumple	RNPCI, punto 13.5.7, p. 99	<p>Cumple con la rotulación adecuada.</p>
<p>III. Señales de supervisión</p> <p>Donde se instalen sistemas de rociadores automáticos supervisados, deben instalarse aditamentos de supervisión y su integridad debe ser monitoreada de acuerdo con NFPA 72, y debe proveerse una señal de supervisión.</p>	No cumple	NFPA 101, punto 9.7.2.1.1, p. 126	<p>El edificio no cuenta con un sistema completo de rociadores automáticos. Una vez se cuente con el sistema de rociadores, las válvulas de supervisión podrán conectarse al panel de control de incendios existente en el edificio.</p>

Las señales de supervisión deben sonar y deben mostrarse visualmente en una ubicación con personal capacitado.

No cumple

NFPA 101, punto 9.7.2.1.2, p. 126

Una vez instaladas las válvulas de supervisión, las mismas serán visibles en el panel de control de incendios ubicado en la oficina de supervisión del Servicio de Vigilancia, la cual está cubierta con personal las 24 horas del día

Donde hayan instalados más de dos rociadores en una única área, debe proveerse un sistema de detección de flujo de agua que active la alarma de incendio del edificio o que notifique, a una ubicación constantemente atendida, como una sala de central telefónica (PBX), o una sala de seguridad física o de emergencias

No cumple

NFPA 101, punto 19.3.5.9, p. 270

El sistema de detección de flujo deberá estar conectado al panel de control de incendios, y deberá activar la alarma de incendios de la edificación

Fuente: Autor

4.5.1.2. Detalle de los requerimientos básicos con los cuales deberá contar el sistema de rociadores automáticos por diseñar.

Pese a ser necesario contar con un sistema de rociadores automáticos, el edificio Torre Norte carece de un sistema de permite brindar protección a la edificación y sus ocupantes, siendo necesario contar con un sistema que permita cumplir con los lineamientos que establece el RNPCL y las normas NFPA 13 y 101, a partir de lo anterior, se detalla una serie de lineamientos de acatamiento obligatorio con los cuales deberá contar el sistema automático de rociadores en relación con su diseño.

Tabla 31

Requerimientos con los cuales debe contar el sistema de rociadores automáticos

Requerimiento	Normativa de referencia	Observaciones
I. Sistema de rociadores automáticos		
Todos los sistemas de rociadores automáticos deben tener al menos un suministro de agua	NFPA 13, punto 5.1.1, p. 44	Se cuenta con un suministro de agua a partir de una bomba contra incendios
Dentro de las opciones de suministros de agua para sistemas de rociadores se permite una conexión que incluya una bomba contra incendios de acuerdo con 5.2.3	NFPA 13, punto 5.2.1, p. 45	El hospital cuenta con una bomba que puede brindar suministro al sistema de rociadores automáticos, ver Anexo 3
Deben instalarse solamente rociadores nuevos	NFPA 13, punto 16.2.1, p. 129	N/A

<p>Debe mantenerse un abastecimiento de al menos seis rociadores de repuesto en instalaciones, de manera que ante un fallo pueda realizarse un reemplazo inmediato</p>	<p>NFPA 13, punto 16.2.7.1, p. 129</p>	<p>Se recomienda proveer mínimo dos rociadores de cada tipo y rango de temperatura</p>
<p>Debe proveerse una llave para rociadores, para cada tipo instalado con el fin de que se pueda utilizar para quitar e instalar rociadores en el sistema</p>	<p>NFPA 13, punto 16.2.7.6, p. 129</p>	<p>Un diseño de llave de rociador puede ser apropiado para diversos tipos de rociador y no necesariamente deban requerirse múltiples llaves</p>
<p>Para el abastecimiento de rociadores situados debajo de cielorrasos, deben proveerse salidas de un mínimo 1 pulg. (25 mm)</p>	<p>NFPA 13, punto 16.3.12.1, p. 131</p>	<p>N/A</p>
<p>Debe permitirse proveer salidas de un mínimo de 1 pulg. (25 mm) con bujes hexagonales para dar cabida a rociadores adosados directamente a accesorios de líneas ramales a fin de permitir futuras modificaciones en el sistema</p>	<p>NFPA 13, punto 16.3.12.2, p. 131</p>	<p>Esto permite que a futuro puedan contemplarse cambios en los usos de edificios o en las ocupaciones</p>

II. Características de temperatura

<p>Los rociadores automáticos deben tener sus brazos de armazón, deflector, material de recubrimiento o bulbo para líquido del color que corresponda a los requisitos de la Tabla 7.2.4.1</p>	<p>NFPA 13, punto 7.2.4.1, p. 57</p>	<p>Ver tabla N°10</p>
<p>El líquido de rociadores tipo bulbo debe estar codificado por color de acuerdo con la Tabla 7.2.4.1.</p>	<p>NFPA 13, punto 7.2.4.1, p. 57</p>	<p>Ver tabla N°10</p>
<p>Si las temperaturas máximas del cielo raso exceden los 100°C (38°F), deberán usarse rociadores con rangos de temperatura de acuerdo con la tabla 7.2.4.1.</p>	<p>NFPA 13, punto 9.4.2.2, p. 83</p>	<p>Ver tabla N°10</p>
<p>Debe permitirse que los rociadores para temperatura alta sean usados en toda la extensión de ocupaciones de riesgo ordinario y extra.</p>	<p>NFPA 13, punto 9.4.2.3, p. 83</p>	<p>N/A</p>
<p>A menos que se cumpla con alguno de los dos requisitos anteriores, deberá usarse rociadores para temperaturas ordinarias e intermedias en</p>	<p>NFPA 13, punto 9.4.2.1, p. 83</p>	<p>N/A</p>

toda la extensión de los edificios.

En ocupaciones de riesgo leve, los rociadores deben ser del tipo de respuesta rápida, CMSA de respuesta rápida, rociadores ESFR

NFPA 13, punto 9.4.3.1,
p. 84

N/A

Donde no haya rociadores de respuesta rápida listados para el rango de temperatura requerido, debe permitirse el uso de rociadores de respuesta estándar.

NFPA 13, punto 9.4.3.3,
p. 84

N/A

III. Tuberías y tubos

Las tuberías o tubos deben cumplir o superar lo establecido en una de las normas de la Tabla 7.3.1.1

NFPA 13, punto 7.3.1.1,
p. 58

Ver tabla N°11

Todas las tuberías deben estar señalizadas en toda su longitud por el fabricante de manera tal que se identifique apropiadamente el tipo de tubería.

NFPA 13, punto 7.3.4.1,
p. 58

N/A

La señalización debe ser visible en todas las piezas de la tubería de más de 2 pies (600 mm) de largo

NFPA 13, punto 7.3.4.2,
p. 58

N/A

<p>La identificación de la tubería debe incluir el nombre del fabricante, la designación del modelo o la cédula</p>	<p>NFPA 13, punto 7.3.4.3, p. 58</p>	<p>N/A</p>
<p>Todos los sistemas de rociadores deben estar dispuestos para ser lavados internamente</p>	<p>NFPA 13, punto 16.6.1, p. 132</p>	<p>N/A</p>
<p>IV. Accesorios</p>		
<p>Los accesorios que se usen en sistemas de rociadores deben cumplir o superar lo establecido en las normas mencionadas en la Tabla 7.4.1</p>	<p>NFPA 13, punto 7.4.1, p. 58</p>	<p>Ver tabla N°12</p>
<p>Los accesorios no metálicos que cumplan con lo especificado en la Tabla 7.4.1 deben ser investigados para determinar que sean adecuados para instalaciones de rociadores automáticos y que estén listados para este servicio.</p>	<p>NFPA 13, punto 7.4.3, p. 58</p>	<p>Ver tabla N°12</p>
<p>Los componentes del sistema deben estar certificados para la presión de trabajo máxima del sistema, aunque no deben</p>	<p>NFPA 13, punto 7.1.2, p. 56</p>	<p>N/A</p>

estar certificados para una presión menor de 175 psi (12 bar) para los componentes instalados por encima de la superficie del terreno y de 150 psi (10 bar) para los componentes de instalación subterránea.

Deben proveerse accesorios fácilmente desmontables en el extremo final de todas las tuberías transversales principales

NFPA 13, punto 16.6.2,
p. 132

N/A

V. Unión de tuberías y accesorios

Todas las tuberías y accesorios roscados deben tener sus roscas cortadas de acuerdo con ASME B1.20.1, Pipe Threads, General Purpose (Inch).

Debe permitirse que las tuberías de acero con espesores de paredes de menos de Cédula 30 [en tamaños de tuberías de 8 pulg. (200 mm) y más grandes] o de Cédula 40 [en tamaños de tuberías de menos de 8 pulg. (200 mm)] estén unidas por accesorios roscados.

NFPA 13, punto 7.5.1.1,
p. 58

N/A

NFPA 13, punto 7.5.1.2,
p. 58

N/A

Se permiten tuberías y accesorios soldados, siempre y cuando se cumpla con lo dispuesto en los puntos 7.5.2.2 a 7.5.2.6, de la norma NFPA 13

NFPA 13, punto 7.5.2.1.1, p. 58

N/A

En caso de utilizar tuberías, accesorios, válvulas y dispositivos que sean unidos a través de acoples ranurados, deben incluir ranuras de corte, laminadas o de fundición que sean dimensionalmente compatibles con los acoples.

NFPA 13, punto 7.5.3.1, p. 60

N/A

Los dispositivos de alarma de flujo de agua deben estar listados y construidos e instalados de manera que cualquier flujo de agua proveniente de un sistema de rociadores igual a o mayor que aquel proveniente de un único rociador automático del factor K más bajo instalado en el sistema provoque una alarma audible en las instalaciones.

NFPA 13, punto 7.7, p. 61

N/A

VI. Manómetros

<p>Los manómetros y válvulas del sistema deben ser accesibles para su funcionamiento, inspección, prueba y mantenimiento</p>	<p>NFPA 13, punto 16.1.1, p. 129</p>	<p>No necesariamente deben estar abiertos o expuestos. No deben estar obstruidos por murros, ductos, columnas o enterramiento directo</p>
<p>Debe instalarse un manómetro con una conexión no menor de 6 mm en el drenaje principal del sistema, en cada drenaje principal asociado con una válvula de control de piso, y en el lado de entrada y salida de cada válvula reductora de presión.</p>	<p>NFPA 13, punto 16.13.1, p. 139</p>	<p>N/A</p>
<p>Cada conexión de un manómetro debe contener una válvula de cierre y prestaciones para drenaje.</p>	<p>NFPA 13, punto 16.13.2, p. 139</p>	<p>N/A</p>
<p>Los manómetros para utilizar deberán estar aprobados y tener un límite máximo no menor de dos veces la presión de trabajo normal del sistema en el punto de instalación.</p>	<p>NFPA 13, punto 16.13.3, p. 139</p>	<p>N/A</p>
<p>VII. Válvulas de alivio</p>		

<p>Un sistema de tubería húmeda debe ser provisto con una válvula de alivio listada de un tamaño de no menos de 1/2 pulg. (15 mm), la que debe estar configurada para funcionar a 175 psi (12 bar) o a 10 psi (0.7 bar) por encima de la presión máxima del sistema, lo que sea mayor. Debe requerirse una válvula de alivio, situada en la dirección descendente desde las válvulas de retención requeridas en 16.15.2.2(1).</p>	<p>NFPA 13, punto 8.1.2.1, p. 62</p>	<p>N/A</p>
<p>VIII. Válvulas de control</p>		
<p>Cada sistema de rociadores debe estar provisto de una válvula indicadora listada, accesible, que permita controlar todas las fuentes de suministro de agua automáticas.</p>	<p>NFPA 13, punto 16.9.3.1, p. 133</p>	<p>Ver imagen figura N°17</p>
<p>Debe instalarse al menos una válvula indicadora listada en cada fuente de suministro de agua.</p>	<p>NFPA 13, punto 16.9.3.1.2, p. 133</p>	<p>N/A</p>

<p>Todas las válvulas de control deben poseer letreros de identificación plástico rígido o metal, impermeables y señalización permanente</p>	<p>NFPA 13, punto 16.9.12.1, p. 135</p>	<p>La intención es proveer asistencia para la determinación del área de un edificio servida por una válvula de control en particular.</p>
<p>El letrero de identificación debe estar fijado de manera segura con alambres, cadenas u otro medio resistente a la corrosión.</p>	<p>NFPA 13, punto 16.9.12.2, p. 135</p>	<p>N/A</p>
<p>El letrero de la válvula de control debe identificar la parte del edificio servida</p>	<p>NFPA 13, punto 16.9.12.3, p. 135</p>	<p>N/A</p>
<p>Los sistemas con más de una válvula de control que debe cerrarse para trabajar en un sistema o espacio deben tener un letrero en el que se mencione la existencia y ubicación de las otras válvulas.</p>	<p>NFPA 13, punto 16.9.12.3.1, p. 135</p>	<p>El trabajo en un sistema que se efectúe cerrando una válvula y desconociendo la existencia de otra válvula podría resultar en una descarga de agua inesperada</p>
<p>IX. Condiciones de ubicación en recintos hospitalarios</p>		
<p>No deben requerirse rociadores en los armarios para ropa de las habitaciones de hospitales en las que duermen los pacientes donde el área del armario no exceda de 6 pies² (0.6 m²)</p>	<p>NFPA 13, punto 9.2.5, p. 78</p>	<p>N/A</p>

<p>Todos los rociadores deben ser montantes o colgantes de cobertura extendida o de pulverización estándar de respuesta rápida</p>	<p>NFPA 13, punto 9.2.7.2.1, p. 78</p>	<p>N/A</p>
<p>No debe requerirse instalar rociadores dentro de equipamientos eléctricos, equipos mecánicos o unidades de manejo de aire no previstos para ocupación.</p>	<p>NFPA 13, punto 9.2.10, p. 79</p>	<p>N/A</p>
<p>X. Espaciamiento entre rociadores</p>		
<p>La distancia máxima entre rociadores debe basarse en la distancia de las líneas centrales entre rociadores adyacentes</p>	<p>NFPA 13, punto 9.5.3.1.1, p. 87</p>	<p>N/A</p>
<p>La distancia máxima permitida entre rociadores debe cumplir con el valor indicado en la sección aplicable para cada tipo o estilo de rociador.</p>	<p>NFPA 13, punto 9.5.3.1.3, p. 87</p>	<p>N/A</p>
<p>La distancia desde los rociadores hasta los muros no debe exceder la mitad de la distancia máxima admisible entre rociadores.</p>	<p>NFPA 13, punto 9.5.3.2.1, p. 87</p>	<p>N/A</p>

<p>La distancia mínima permitida entre un rociador y el muro debe cumplir con el valor indicado en la sección aplicable para cada tipo o estilo de rociador.</p>	<p>NFPA 13, punto 9.5.3.3.1, p. 87</p>	<p>N/A</p>
<p>La distancia desde el muro hasta el rociador debe medirse perpendicular al muro.</p>	<p>NFPA 13, punto 9.5.3.3.2, p. 87</p>	<p>N/A</p>
<p>La distancia mínima permitida entre rociadores debe cumplir con el valor indicado en la sección aplicable para cada tipo o estilo de rociador.</p>	<p>NFPA 13, punto 9.5.3.4.2, p. 87</p>	<p>N/A</p>
<p>El área de cobertura máxima de cualquier rociador no debe exceder de 400 pies² (37 m²).</p>	<p>NFPA 13, punto 9.5.2.2.2, p. 87</p>	<p>N/A</p>
<p>XI. Drenaje</p>		
<p>Todas las tuberías y accesorios de los rociadores deben ser instalados de manera que el sistema pueda ser drenado</p>	<p>NFPA 13, punto 16.10.1, p. 135</p>	<p>N/A</p>
<p>En sistemas de tubería húmeda, debe permitirse que las tuberías de los rociadores sean instaladas a nivel.</p>	<p>NFPA 13, punto 16.10.2.1, p. 135</p>	<p>N/A</p>

<p>Las conexiones de drenaje para tuberías principales y montantes de suministro del sistema deben ser del tamaño especificado en la Tabla 16.10.4.2</p>	<p>NFPA 13, punto 16.10.4.2, p. 135</p>	<p>Ver tabla N°13</p>
<p>Deben proveerse drenajes auxiliares donde un cambio en la dirección de la tubería evite el drenaje de las tuberías del sistema a través de la válvula de drenaje principal</p>	<p>NFPA 13, punto 16.10.5.1, p. 135</p>	<p>N/A</p>

Fuente: Autor

4.6. Alarma de incendio y notificación

De acuerdo con lo establecido en el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios en relación con los requerimientos por ocupación, se establece en el apartado 11.7.3 de ocupaciones para el cuidado de la salud, que dichas edificaciones deberán contar con un sistema de detección de humo y alarma de incendio de acuerdo con la NFPA 101 y con la norma NFPA 72.

La norma NFPA 101, establece en primera instancia en el capítulo 19 (ocupaciones para cuidado de la salud existentes) aspectos básicos para la detección automática de humo; así mismo, en este capítulo se referencia la sección 9.6 de esta misma normativa, sección que detalla los sistemas de detección, alarma y comunicaciones.

Adicionalmente, se consulta la norma NFPA 72, Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización, donde se abordarán los lineamientos más específicos y de aplicación obligatoria que deben seguirse en materia de notificación, señalización, sistema de detección de incendio, control de alarmas de incendio, supervisión, monitoreo, pruebas y mantenimiento de los

sistemas; todo esto con el objetivo de asegurar que los sistemas instalados o por instalar sean efectivos y confiables para proteger a las personas y las edificaciones.

Análisis sobre el sistema de detección y alarma parcial con el que cuenta la edificación, y requerimientos básicos de diseño para el sistema de cobertura por diseñar:

Para efectos del presente análisis, se debe partir que el edificio Torre Norte cuenta en este momento con cobertura de sistema de detección y alarma contra incendios en únicamente los pisos N°1 y N°2, por otra parte, requiere la ampliación de cobertura para el sistema de detección y alarma de los pisos restantes N°3, N°4 y N°5, por tal razón se realizará un análisis de los siguientes puntos:

- Evaluación del sistema de detección y alarma contra incendios para los pisos N°1 y N°2.
- Evaluación de los requerimientos básicos para el sistema de detección y alarma contra incendios para los pisos N°3, N°4 y N°5.

4.6.1. Evaluación del sistema de detección y alarma contra incendios para los pisos N°1 y N°2.

Este sistema fue desarrollado mediante los lineamientos establecidos en la norma NFPA 72 y el RNPCI bajo supervisión del Área Gestión Ingeniería y Mantenimiento adscrita al Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia.

Para efectos de corroborar el buen funcionamiento del sistema de detección y alarma contra incendios instalado en ambos pisos, el Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia recibió una inspección de la totalidad de edificaciones que conforman el complejo hospitalario, esta fue elaborada por el Centro de Evaluación de Riesgos, como parte de una inspección gestionada por la Aseguradora OCEÁNICA DE SEGUROS S.A., donde también hubo acompañamiento por parte

del programa de control de sistemas contra incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

En dicho informe se brinda aval al sistema de detección y alarma a los pisos N°1 y N°2 de la Torre Norte, con la salvedad de que el Hospital deberá realizar una ampliación total de cobertura a la totalidad del edificio mencionado.

Adicionalmente, debe señalarse que en el Anexo 3, se adjuntan los planos respectivos del sistema de detección y alarma correspondiente a los pisos N°1 y N°2; la cantidad de dispositivos de iniciación y notificación instalados por piso se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 32

Dispositivos existentes por piso

	Detector humo direccionable	Detector de calor direccionable	Estación manual direccionable	Luz estroboscópica con sirena
Piso N°1	221	2	10	8
Piso N°2	169	3	7	10

Fuente: Autor

La clase de vía utilizada para el diseño del sistema de detección y alarma es del tipo A, este incluye una vía redundante, tiene la capacidad de que al producirse una única apertura del circuito se deriva en un aviso de señal de falla, todas las condiciones que afectan el funcionamiento previsto de la vía se anuncian como una señal de falla en el panel principal y una condición de puesta a tierra en conductores metálicos se deriva en una señal de falla en el panel principal.

Se corrobora el tipo de tubería utilizada para canalización EMT de ½ pulgada, todos los conectores y uniones se realizan a presión, no se permitió el uso de empalmes de cable con cable, se verifica la separación entre los lazos de dispositivos de detección y los lazos que

gobiernan los dispositivos de notificación, el cable utilizado para el sistema de detección e iniciación es del tipo FPLR calibre 18 awg, el cable utilizado para el sistema de notificación es del tipo FPRL calibre 16 awg.

La edificación Torre Norte cuenta en la actualidad con un panel principal de control de incendio de la marca Edwards, modelo EST IO1000 (ver figura 45), que monitorea el sistema de detección y alarma de los pisos N°1 y N°2, si bien dicho panel cuenta con la capacidad necesaria para cubrir la demanda actual, el mismo no cuenta con la suficiente capacidad para realizar un aumento considerable de dispositivos, este panel posee ocho lazos, de los cuales cinco se encuentran ocupados, y los restantes tres son insuficientes para realizar una cobertura total de los dispositivos que permitan dar cobertura a los pisos N°3, N°4 y N°5, ver figura 46. Por tal razón, para efectos de un nuevo diseño y aumento en la capacidad de cobertura contra incendios deberá considerarse la sustitución del panel existente por uno de mayor capacidad.

Figura 45

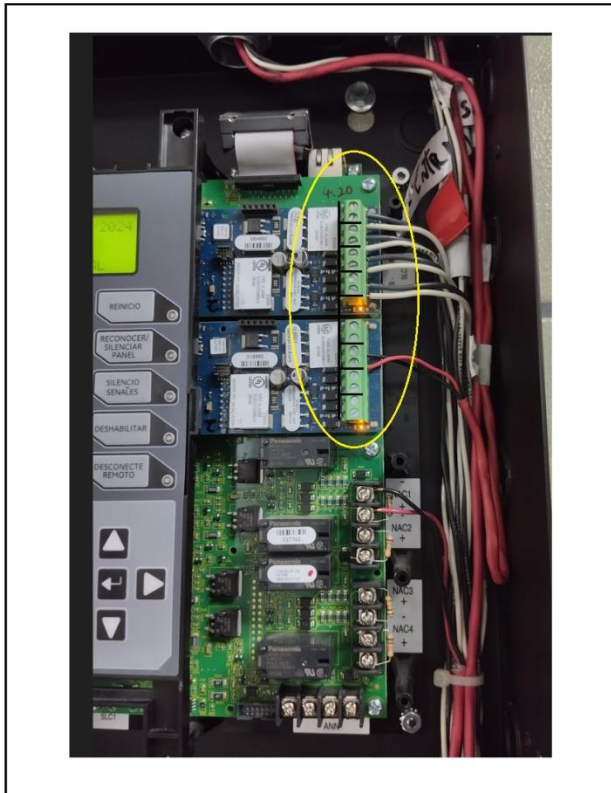
Panel contra incendios existente



Fuente: Autor

Figura 46

Distribución de lazos de comunicación



Fuente: Autor

4.6.2. Evaluación de los requerimientos básicos para el sistema de detección y alarma contra incendios para los pisos N°3, N°4 y N°5.

Los pisos N°3, N°4 y N°5 de la edificación Torre Norte no cuentan con sistema de detección y alarma en ninguno de sus recintos; para el cumplimiento de los requerimientos básicos que deben utilizarse para el diseño de un sistema de detección y alarma contra incendios que cumpla con lo dispuesto en el RNPCI y la norma NFPA 72, se procede a detallar los aspectos de índole administrativo y técnicos básicos que deben considerarse.

En la siguiente tabla se muestra el análisis de los requerimientos y cumplimiento de los puntos establecidos en la norma NFPA 72, en relación con la documentación mínima requerida, documentación de diseño y generalidad del sistema de detección y alarma:

Tabla 33

Requerimiento administrativos con los cuales debe contar el sistema de detección y alarma

Requerimiento	Normativa de referencia	Observaciones
I. Generalidades		
Los sistemas de alarma de incendio requeridos deben ser instalados, probados y mantenidos de acuerdo con requisitos aplicables de la NFPA 72.	NFPA 101, punto 9.6.1.3, pág. 122	N/A
Los sistemas de alarma de incendio deben tener un programa aprobado de mantenimiento y prueba que cumpla con lo dispuesto en NFPA 72	NFPA 101, punto 9.6.1.4, pág. 122	Debe llevarse un registro del mantenimiento y todos los ensayos efectuados.
II. Documentación mínima requerida		
Debe presentar la documentación mínima para agregados a los sistemas existentes		
Planos de planta donde se muestre la ubicación de todos los dispositivos, equipos de control y equipos de estación de supervisión	NFPA 72, punto 7.2.1 (3), pág. 44	N/A
Secuencia de operación en una matriz de entrada/salida	NFPA 72, punto 7.2.1 (4), pág. 44	N/A

Cálculo de caída de voltaje para los circuitos de aparatos de notificación	NFPA 72, punto 7.2.1 (8), pág. 45	N/A
Elevación de altura de montaje para los dispositivos y aparatos instalados en paredes	NFPA 72, punto 7.2.1 (9), pág. 45	N/A
III. Documentación de diseño		
Los planos y especificaciones deben desarrollarse de acuerdo con la norma NFPA 72, por personal experimentado en el diseño, aplicación, instalación y pruebas de los sistemas	NFPA 72, punto 10.5.1.1, pág. 82	N/A
El personal debe suministrar certificación del fabricante para la marca y el tipo específico de sistema instalado	NFPA 72, punto 10.5.1.3 (3), pág. 82	N/A
El personal instalador debe ser calificado o supervisado por personal calificado para la instalación, inspección y pruebas de los sistemas.	NFPA 72, punto 10.5.2.1, pág. 82	N/A
El personal de inspección, prueba, mantenimiento y reparación no necesariamente deberá estar capacitado por el fabricante, siempre y cuando demuestre su conocimiento	NFPA 72, punto 10.5.3, pág. 82 y NFPA 72, punto A,10,5,3, pág. 241.	N/A

El personal a cargo de la programación de un sistema debe estar certificado por el fabricante	NFPA 72, punto 10.5.3.5.1, pág. 82	Aplica únicamente donde la certificación sea ofrecida por el fabricante, o requerida por el fabricante
---	------------------------------------	--

Fuente: Autor

En relación con los aspectos técnicos que conllevan a una correcta instalación de los sistemas de detección y notificación de alarma contra incendios, los equipos necesarios para su instalación y correcto funcionamiento, el diseño del sistema de cobertura y los procedimientos de instalación de cada uno de los componentes del sistema, tanto de componentes de detección, iniciación notificación, así como sus requerimientos técnicos desde el punto de vista de las normas NFPA, se pueden detallar los principales requerimientos con los cuales deberá contar el sistema de detección y notificación del edificio Torre Norte, que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 34

Requerimientos con los cuales debe contar el sistema de detección y alarma

I. Notificación		
Los niveles de presión sonora producidos por los aparatos audibles instalados deben ser documentados por el diseñador en el diseño de notificación	NFPA 72, punto 18.4.1.5.4, pág. 140	N/A
El diseñador debe documentar las salas y espacios que contarán con notificación visual y aquellos donde no se proveerá	NFPA 72, punto 18.5.2.1, pág. 143	N/A
II. Detección		

<p>La documentación de diseño para el uso de detectores de incendio con sensores de calor y sensores de humo se realizará de acuerdo con lo establecido en la sección 17.6 y 17.7</p>	<p>NFPA 72, punto 7.3.5.1, pág. 143 y NFPA 72, punto 7.3.5.2, pág. 143</p>	<p>N/A</p>
<p>Deben suministrarse planos de cableado para dispositivos iniciadores, aparatos de notificación, indicadores remotos, anunciadores, estaciones de prueba remota y dispositivos de fin de línea y de la energía eléctrica.</p>	<p>NFPA 72, punto 7.4.8, pág. 46</p>	<p>N/A</p>
<p>Deben incluirse cálculos del sistema de la siguiente manera: cálculos de batería, cálculos de caída de voltaje aparatos de notificación y cálculos de resistencia de línea cuando sea necesario</p>	<p>NFPA 72, punto 7.4.10, pág. 46</p>	<p>N/A</p>
<p>Debe conservarse un registro completo de las pruebas y operaciones de cada sistema hasta la siguiente prueba y por un periodo de un año</p>	<p>NFPA 72, punto 7.7.1.1, pág. 49</p>	<p>N/A</p>
<p>III. Equipamiento</p>		

<p>El equipamiento a utilizar debe estar listado para el fin para el que se utiliza</p>	<p>NFPA 72, punto 10.3.1, pág. 81</p>	<p>Los términos utilizados por los laboratorios de prueba para los equipos que están listados o etiquetados podrían incluir certificado, aprobado o listado.</p>
<p>Todos los dispositivos y aparatos que reciban energía operativa de un circuito del dispositivo iniciador de un circuito de línea de señalización o de una unidad de control, deben estar listados para ser usados con la unidad de control</p>	<p>NFPA 72, punto 10.3.3, pág. 81</p>	<p>No aplica a los circuitos de aparatos de notificación</p>
<p>IV. Diseño e instalación</p>		
<p>Todos los suministros de energía deben ser instalados de acuerdo con los requisitos de NFPA 70</p>	<p>NFPA 72, punto 10.6.2, pág. 83</p>	<p>N/A</p>
<p>Debe proveerse mínimo dos suministros de energía independientes y confiables, uno primario y otro secundario</p>	<p>NFPA 72, punto 10.6.3.2, pág. 83</p>	<p>N/A</p>
<p>La fuente primaria de alimentación debe ser por servicio general de electricidad o generador accionado por motor</p>	<p>NFPA 72, punto 10.6.5.1.1, pág. 83</p>	<p>N/A</p>
<p>El circuito ramal que abastece al equipo no debe alimentar ninguna otra carga</p>	<p>NFPA 72, punto 10.6.5.1.2, pág. 83</p>	<p>N/A</p>

<p>El suministro de energía secundaria para el sistema debe tener una capacidad suficiente para hacer funcionar el sistema con una carga quiescente por mínimo 24 horas</p>	<p>NFPA 72, punto 10.6.7.2.1, pág. 84</p>	<p>N/A</p>
<p>El suministro de energía secundaria puede consistir en baterías de almacenamiento o un generador accionado por motor</p>	<p>NFPA 72, punto 10.6.7.3.1, pág. 85</p>	<p>No es necesario que el generador sea exclusivo para el sistema de alarma de incendios</p>
<p>Las baterías de almacenamiento deben estar marcadas con mes y año de fabricación</p>	<p>NFPA 72, punto 10.6.10.1.1, pág. 86</p>	<p>N/A</p>
<p>Las baterías de almacenamiento deben estar listadas o ser un componente reconocido por un laboratorio de pruebas nacionalmente acreditado</p>	<p>NFPA 72, punto 10.6.10.1.3, pág. 86</p>	<p>Ejemplo; UL, 1989, Standby Batteries</p>
<p>V. Dispositivos iniciadores</p>		
<p>Los dispositivos de iniciación sujetos a un posible daño mecánico deben estar protegidos</p>	<p>NFPA 72, punto 17.4.2.1, pág. 123</p>	<p>N/A</p>
<p>Los dispositivos iniciadores deben instalarse de manera que faciliten la inspección, prueba y mantenimiento periódico</p>	<p>NFPA 72, punto 17.4.3, pág. 123</p>	<p>N/A</p>

<p>Los detectores deben estar provistos de una indicación remota de alarma o supervisión en una ubicación aceptable</p>	<p>NFPA 72, punto 17.4.7, pág. 124</p>	<p>Algunos detectores tienen estado incorporado que ayuda a identificar los detectores. Otro método puede incluir medios en el panel de control para identificar de manera independiente el estado del detector.</p>
<p>VI. Requisitos para detectores de humo y calor</p>		
<p>Se permiten detectores de montaje empotrado siempre que hayan sido certificados para este tipo de uso</p>	<p>NFPA 72, punto 17.5.1, pág. 124</p>	<p>N/A</p>
<p>La cobertura total de un edificio debe incluir todas las habitaciones, antesalas, áreas de almacenamiento, sótanos, áticos, altillos, espacios por encima de cielorrasos suspendidos.</p>	<p>NFPA 72, punto 17.5.3.1, pág. 124</p>	<p>Ver excepciones en NFPA 72, puntos 17.5.3.1.1 a 17.5.3.1.5.</p>
<p>VII. Detectores de incendio sensores de calor</p>		
<p>Los detectores de incendio sensores de calor deben estar listados</p>	<p>NFPA 72, punto 17.6.1.4, pág. 125</p>	<p>Ejemplo: UL 521, Heat Detectors for Fire Protective Signaling Systems</p>
<p>Los detectores de calor tipo puntual deben incluir datos técnicos</p>	<p>NFPA 72, punto 17.6.1.5, pág. 125</p>	<p>Incluir índice de tiempo de respuesta (RTI)</p>
<p>Los detectores de incendio sensores de calor deben clasificarse de acuerdo con su temperatura de funcionamiento, según tabla 17.6.2.1</p>	<p>NFPA 72, punto 17.6.2.1, pág. 125</p>	<p>Ver tabla N°2</p>

<p>Los detectores de incendio sensores de calor deben estar marcados con un código de color, según tabla 17.6.2.1</p>	<p>NFPA 72, punto 17.6.2.2, pág. 125</p>	<p>Ver tabla N°2</p>
<p>El rango de temperatura del detector de calor debe ser al menos 11°C por encima de la temperatura máxima prevista en el cielorraso</p>	<p>NFPA 72, punto 17.6.2.3.2, pág. 125</p>	<p>N/A</p>
<p>Los detectores de incendio sensores de calor deben estar ubicados sobre el cielorraso, a no menos 100 mm desde la pared lateral o sobre las paredes laterales entre 100 mm y 300 mm desde el cielorraso</p>	<p>NFPA 72, punto 17.6.3.1.3.1, pág. 125</p>	<p>Ver figura N°11</p>
<p>Los detectores de humo deben estar marcados con su sensibilidad y tolerancia nominal</p>	<p>NFPA 72, punto 17.7.3.1, pág. 127</p>	<p>N/A</p>
<p>Los detectores de humo puntuales deben ser ubicados en el cielorraso, o si se colocan sobre una pared lateral, entre el cielorraso y a 300 mm en dirección descendente desde el cielorraso hasta la parte superior del detector</p>	<p>NFPA 72, punto 17.7.4.2.1, pág. 127</p>	<p>En cielorrasos elevados, se debe considerar la instalación de detectores tipo haz proyectado</p>

<p>Para minimizar contaminación por polvo, los detectores de humo, cuando están instalados por debajo de pisos elevados, deben estar montados solo en la orientación para la cual han sido listados</p>	<p>NFPA 72, punto 17.7.4.2.2, pág. 127</p>	<p>Ver figura N°9</p>
<p>La distancia entre detectores de humo no debe exceder un espaciamiento nominal de 9.1 m y debe haber detectores dentro de una distancia de la mitad del espaciamiento nominal.</p>	<p>NFPA 72, punto 17.7.4.2.3.1 (1), pág. 127</p>	<p>N/A</p>
<p>Detectores de humo para liberación de puertas cortahumo, deben ubicarse a cada lado de la puerta cortahumo</p>	<p>NFPA 72, punto 17.7.6.6.1, pág. 131</p>	<p>N/A</p>
<p>VIII. Dispositivos iniciadores de alarma de acción manual</p>		
<p>Los dispositivos de accionamiento manual deben estar listados de acuerdo con normas aplicables, como UL 38, Manual Signaling Boxes for Fire Alarm Systems</p>	<p>NFPA 72, punto 17.15.1, pág. 137</p>	<p>N/A</p>
<p>Los dispositivos de accionamiento manual deben estar montados de forma segura</p>	<p>NFPA 72, punto 17.15.4, pág. 137</p>	<p>N/A</p>

<p>La parte operativa del dispositivo de accionamiento manual no debe ser menor de 1.07 m ni mayor de 1.22 m desde el piso terminado</p>	<p>NFPA 72, punto 17.15.6, pág. 137</p>	<p>Ver figura N°4</p>
<p>Las estaciones manuales de alarma de incendio deben instalarse de manera visible, sin obstrucciones y accesibles</p>	<p>NFPA 72, punto 17.15.9.2, pág. 138</p>	<p>N/A</p>
<p>Las estaciones manuales de alarma de incendio deben ser de color rojo, excepto que se instalen en un entorno que impida el uso de pintura roja o plástico rojo</p>	<p>NFPA 72, punto 17.15.9.3, pág. 138</p>	<p>Cuando la pintura roja o plástico rojo no fuera adecuado, puede utilizarse material alternativo, como acero inoxidable</p>
<p>Las estaciones manuales de alarma de incendio deben estar ubicadas dentro de 1.5 m de cada vano de puerta de salida de cada uno de los pisos</p>	<p>NFPA 72, punto 17.15.9.4, pág. 138</p>	<p>Ver figura N°4</p>
<p>Las estaciones manuales de alarma de incendio deben estar provistas de manera que la distancia de recorrido hasta la estación manual de alarma de incendio más cercana no exceda 61 m, medidos horizontalmente en el mismo piso</p>	<p>NFPA 72, punto 17.15.9.5, pág. 138</p>	<p>No es la intención que las estaciones manuales se instalen sobre partes o equipos móviles, como tampoco requerir la instalación de estructuras permanentes con este único fin</p>
<p>Aparatos de notificación</p>		

IX. Requerimientos audibles

Todos los aparatos de notificación instalados deben estar listados para el propósito para el cual se utilizan

NFPA 72, punto
18.3.1, pág. 139

N/A

Los aparatos de notificación deben incluir en sus placas de identificación, una referencia de los requisitos eléctricos, desempeño audible o visual, o ambos

NFPA 72, punto
18.3.2.1, pág. 139

N/A

Los aparatos sujetos a daño mecánico deben estar protegidos de manera adecuada

NFPA 72, punto
18.3.4.1, pág. 139

N/A

Un nivel sonoro ambiental superior a 105 dBA debe requerir el uso de uno o más dispositivos de notificación visual

NFPA 72, punto
18.4.1.1, pág. 140

N/A

La presión total sonora de la combinación del sonido ambiente y los aparatos de notificación sonora en funcionamiento no debe exceder los 110 dBA a la distancia auditiva mínima

NFPA 72, punto
18.4.1.2, pág. 140

N/A

Las señales audibles deben tener un nivel sonoro de al menos 15 dB sobre el nivel sonoro ambiente promedio o

NFPA 72, punto
18.4.4.1, pág. 140

Ver tabla N°6

de 5 dB sobre el nivel sonoro máximo

En áreas para dormir, los aparatos audibles deben tener un nivel sonoro de al menos 15 dB sobre el nivel sonoro ambiental promedio o 5 dB sobre el nivel sonoro máximo, o un nivel sonoro de 75 dB, el que sea mayor. Los aparatos montados en paredes deben instalarse a una altura de no menos 2.29 m (su parte superior) y debajo de los cielorrasos a una distancia no menor de 15 cm.

NFPA 72, punto 18.4.6.1, pág. 142

La medición debe efectuarse a nivel de la almohada en el área requerida

NFPA 72, punto 18.4.9.1, pág. 143

Ver figura N°13

En áreas críticas debe permitirse el uso de aparatos indicadores de alarma visible en lugar de señales audibles.

NFPA 72, punto 19.3.4.3.1 (1), pág. 278 y punto A.19.3.4.3.1 (1), pág. 553

Se busca reducir la interferencia entre la alarma de incendios y a alarmas de monitoreo de equipos médicos

No debe requerirse apartados de notificación de alarma en espacios de cuidado de pacientes donde la notificación de alarma afecte negativamente el cuidado de los apacientes.

NFPA 72, punto 19.3.4.3.1 (4), pág. 278 y punto A.19.3.4.3.1 (1), pág. 553

LA notificación del sistema de alarma está diseñada principalmente para notificar al personal responsable de los ocupantes que están a su cuidado, estos fungen como medio alternativo para notificar a los pacientes

X. Requerimientos visuales

Debe solicitarse documentación de la intensidad efectiva de los aparatos de notificación visual (en candelas Cd)

NFPA 72, punto
18.5.2.3, pág. 143

N/A

La tasa de destello no debe superar dos destellos por segundo (2 Hz) ni ser inferior a un destello por segundo (1 Hz)

NFPA 72, punto
18.5.3.1, pág. 143

N/A

La salida lumínica debe cumplir con los requisitos de dispersión polar para señalización en modo público, según UL 1638 o norma equivalente

NFPA 72, punto
18.5.4, pág. 144

UL 1638, Visible Signaling
Devices for Fire Alarm and
Signaling Systems, Including
Accessories

Los aparatos montados en paredes deben ubicarse de manera que la totalidad del lente no esté por debajo de 2.03 m ni por encima de 2,44 m del piso acabado.

NFPA 72, punto
18.5.5.1, pág. 144

Ver figura N°13

La instalación de aparatos de notificación visual en corredores de 6,1 m o menos de ancho, debe cumplir con lo dispuesto en la tabla 18.5.5.7.1 (a)

NFPA 72, punto
18.5.5.8.1, pág. 146

N/A

Los aparatos de notificación visual para corredores deben estar certificados

NFPA 72, punto
18.5.5.8.3, pág. 146

N/A

para no menos de 15
candelas (Cd)

En corredores, los aparatos
de notificación visual deben
ubicarse a no más de 4,6 m
del extremo del corredor,
con una separación no
mayor a 30,5 m entre
aparatos

NFPA 72, punto
18.5.5.8.5, pág. 146

Donde haya más de dos aparatos
en un campo visual, deben estar
sincronizados

Fuente: Autor

Para el caso específico del piso 3, en el cual se encuentran localizados 18 quirófanos para procedimientos de cirugías, el área de lavado y esterilización y la zona de arsenal quirúrgico; se decide optar por implementar un sistema de detección de humo por muestreo de aire, esto con el fin de asegurar un ambiente controlado en este tipo de recintos que requieren un ambiente estéril y controlado, además, al ser sistemas de detección de alta precisión se reducen las falsas alarmas, esto al tratarse de un proceso de muestreo de aire muy sensible y preciso. Por último, desde el punto de vista del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema debe indicarse que los sistemas de muestreo de aire por aspiración conllevan un proceso de mantenimiento más sencillo si lo comparamos con los detectores de humo convencional, esto debido a que los sistemas de aspiración pueden ser monitoreados de manera remota y los procesos de calibración se ejecutan en el panel de mando central, de esta manera no es necesario ingresar al área estéril de los quirófanos a realizar procesos de mantenimiento y, por ende, se reducen los tiempos muertos.

En la siguiente tabla se detallan los requerimientos mínimos con los cuales debe contar un sistema de detección de humo por aspiración y muestreo de aire:

Tabla 35*Requerimientos para sistema de detección de humo por aspiración*

I. Generalidades		
Las alarmas de humo por muestreo de aire deben emitir señales de falla si el flujo de aire está fuera de rango según el fabricante	NFPA 72, punto 17.7.4.6.1.2, pág. 129	N/A
II. Red de tuberías		
El tiempo máximo de transporte de la muestra de aire desde el punto de muestreo hasta el detector no debe exceder los 120 segundos	NFPA 72, punto 17.7.4.6.2.1, pág. 129	N/A
En cada punto de muestreo debe incluir presión, flujo volumétrico y sensibilidad, debe basarse en cálculos de diseño	NFPA 72, punto 17.7.4.6.2.3, pág. 129	N/A
Las tuberías del sistema de muestreo deben estar identificadas como "TUBO PARA MUESTRA DE ALARMA DE HUMO - NO ALTERAR"	NFPA 72, punto 17.7.4.6.2.5, pág. 129	En cambios de dirección, a cada lado de las penetraciones de las paredes o pisos, en intervalos de las tuberías que provean visibilidad, pero a no más de 6.1 metros.
Los puertos de muestreo deben estar identificados	NFPA 72, punto 17.7.4.6.2.6, pág. 129	N/A

<p>Los materiales, tamaños e instalación de redes de tubería deben estar de acuerdo con los requisitos del fabricante, y deben ser para el entorno donde serán instalados</p> <p>Si se utilizan tubos capilares deben estar dimensiones y colocados según el fabricante, y respaldados por cálculos de diseño</p>	<p>NFPA 72, punto 17.7.4.6.2.9, pág. 129-130</p>	<p>Áreas con alta temperatura o humedad, radios o atmósferas corrosivas, los materiales deben ser acorde a las condiciones ambientales</p>
<p>III. Instalación y espaciamento</p> <p>Los accesorios de la red de tuberías deben instalarse de manera hermética y colocados de manera permanente.</p> <p>El aire muestreado debe ser expulsado hacia una zona de menor o igual presión</p>	<p>NFPA 72, punto 17.7.4.6.2.10, pág. 130</p>	<p>En caso de conectarse con un detector deberá consultarse las instrucciones del fabricante.</p>
<p>Los soportes de las tuberías deben estar de acuerdo con instrucciones del fabricante.</p>	<p>NFPA 72, punto 17.7.4.6.3.1, pág. 130</p>	<p>Deben colocarse las abrazaderas con cuidado de manera que se garantice que no se dañará la tubería y que permita la contracción y expansión de la tubería</p>

Fuente: Autor

4.7. Análisis de costos iniciales y costos de mantenimiento

Una vez efectuado el análisis y evaluación sobre los temas de seguridad humana y protección contra incendios, en relación con los medios de egreso, cobertura de extintores

portátiles, sistema de detección y alarma contra incendios y sistema de supresión activo a base de agua, se procede a realizar un análisis económico de los aspectos que requieren de cambios o implementación dentro de la edificación Torre Norte, tomando en consideración que el presente trabajo no corresponde a un diseño de los sistemas faltantes si no una evaluación de requerimientos básicos para el diseño y, por ende, cumplimiento de los dispuesto en materia de protección contra incendios y seguridad humana; por tal razón, se realiza un estimado sobre los costos asociados a la implementación de los requerimientos básicos necesarios en cada uno de los temas abordados.

4.7.1. Costos iniciales

Para la estimación de costos iniciales, se incluyen tres partes; la primera parte corresponde al costo de los extintores portátiles que deben adquirirse para ampliar la cobertura a las áreas detalladas en las figuras N°29, N°30; N°31, N°32 y N°33, esto se muestra en la tabla N°35

Tabla 36

Costos, adquisición extintores portátiles

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad medida	Precio unitario	Precio total
1	Agente Limpio (Carbón Hidroclorofluoro)	3	Unidad	¢600.000,00	¢1.800.000,00
2	Dióxido de Carbono (CO2)	3	Unidad	¢165.000,00	¢495.000,00
3	Agua (H2O)	2	Unidad	¢120.000,00	¢240.000,00
4	Rotulación	5	Unidad	¢5.000,00	¢25.000,00
		I.V.A. 13%			No aplica

TOTAL

€2.560.000,00

Fuente: Autor

La segunda parte corresponde al presupuesto estimado para el sistema de supresión de incendios a base de agua, los costos se detallan en la tabla N°37

Tabla 37

Costo estimado para sistema de supresión de incendios

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad medida	Precio unitario	Precio total
1	Levantamiento arquitectónico y de cielo reflejado, edificio Torre Norte	1	Unidad	-	1%
2	Diseño del sistema contra incendios requerido	1	Unidad	-	3%
3	Implementación del sistema de rociadores y tomas clase I para las áreas a proteger	1	Unidad	-	-
TOTAL					\$760.000,00

Fuente: Autor

Dentro de los costos estimados para el sistema de supresión se contempla:

- Instalación de 1250 rociadores automáticos, 6 tomas clase I, 150 metros de tubería 6", tuberías menores y un sistema de control de piso.
- Visitas de levantamiento de información general de información del proceso y del lugar de instalación del sistema.
- Elaboración y dibujo de planos finales.

- Visado de planos ante el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.
- Implementación y puesta en marcha del sistema diseñado
- Reunión para entrega final de documentos.

La tercera parte corresponde al presupuesto estimado para dotar al hospital del sistema de detección y alarma contra incendios, los costos se detallan en la tabla N°38

Tabla 38

Costos estimados para sistema de detección y alarma contra incendios

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad medida	Precio unitario	Precio total
1	Diseño del sistema de detección y alarma contra incendios	1	Unidad	₡5.000.000,00	₡5.000.000,00
2	Panel control contra incendios	1	Unidad	₡8.825.238,40	₡8.825.238,40
3	Baterías 12V 7Ah	4	Unidad	₡11.000,00	₡44.000,00
4	Fuente de poder	1	Unidad	₡329.730,75	₡329.730,75
5	Detector de humo	370	Unidad	₡157.478,40	₡58.267.008,00
6	Detector de calor	10	Unidad	₡122.592,00	₡1.225.920,00
7	Base estándar para detector	380	Unidad	₡25.317,00	₡9.620.460,00
8	Estación manual	10	Unidad	₡189.843,75	₡1.898.437,50
9	Sirena con luz estroboscópica	10	Unidad	₡82.893,75	₡828.937,50
10	Módulo aislador	10	Unidad	₡139.218,75	₡1.392.187,50

11	Módulo de relé	5	Unidad	¢78.372,00	¢391.860,00
12	Módulo de entrada	3	Unidad	¢49.105,70	¢147.317,10
13	Botón para emergencia	6	Unidad	¢35.000,00	¢210.000,00
14	Tubería EMT y accesorios	850	Metro	¢5.600,00	¢4.760.000,00
15	Cableado UL 16x2	200	Metro	¢3.000,00	¢600.000,00
16	Cableado UL 18x2	650	Metro	¢3.600,00	¢2.340.000,00
17	Tubería BlazeMaster para sistema aspiración	100	Metro	¢45.100,00	¢4.510.000,00
18	Accesorios para tubería BlazeMaster	varios	Global	¢825.000,00	¢825.000,00
19	Fuente de poder para sistema aspiración	1	Unidad	¢1.067.055,00	¢1.067.055,00
20	Sistema de aspiración	1	Unidad	¢7.278.683,50	¢7.278.683,50
MANO DE OBRA					¢10.000.000,00
I.V.A. 13%					No aplica
TOTAL					¢119.561.835,15

Fuente: Autor

4.7.2. Costos de mantenimiento

Para la estimación de costos de mantenimiento, de igual manera al punto anterior, se divide en tres partes; la primera parte corresponde al costo de los extintores portátiles, la cual está proyectada para consumo de un año, con la única salvedad que para las recargas de los extintores y pruebas hidrostáticas se proyectan cantidades aproximadas de consumo anual, ya

que dicho consumo no es exacto y se solicita según la demanda de uso; por otra parte, para los restantes ítems incluidos si se proyecta un consumo anual exacto, estos costos se muestran en la tabla N°39.

Tabla 39

Costos estimados, mantenimiento anual de extintores portátiles

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad medida	Frecuencia	Precio unitario	Precio total
1	Servicio preventivo y correctivo general para todos los extintores	1392	Unidad	Mensual	₡1.500,00	₡2.088.000,00
2	Mantenimiento preventivo y correctivo exhaustivo anual, extintor Agua (2,5 Gal)	30	Unidad	Anual	₡3.500,00	₡105.000,00
3	Mantenimiento preventivo y correctivo exhaustivo anual, extintor dióxido de carbono (10 libras)	53	Unidad	Anual	₡8.500,00	₡450.500,00
4	Mantenimiento preventivo y correctivo exhaustivo	24	Unidad	Anual	₡30.000,00	₡720.000,00

	anual, extintor carbón hidroclorofluoro (11 libras) Mantenimiento preventivo y correctivo					
5	exhaustivo	4	Unidad	Anual	€4.000,00	€16.000,00
	anual, extintor polvo químico seco (10 libras) Prueba de conductividad					
6	de mangueras, extintor dióxido de carbono	53	Unidad	Anual	€5.000,00	€265.000,00
	Recarga					
7	extintor agua (2,5 Gal)	15	Unidad	Según demanda	€5.000,00	€75.000,00
	Recarga					
8	extintor dióxido de carbono (10 libras)	25	Unidad	Según demanda	€11.000,0 0	€275.000,00
	Recarga					
9	extintor carbón hidroclorofluoro (11 libras)	10	Unidad	Según demanda	€330.000, 00	€3.300.000,00
	Recarga					
10	extintor polvo químico seco (10 libras)	2	Unidad	Según demanda	€11.000,0 0	€22.000,00

11	Prueba hidrostática extintor agua (2,5 Gal)	15	Unidad	Según demanda	₪7.000,00	₪105.000,00
12	Prueba hidrostática extintor dióxido de carbono (10 libras)	25	Unidad	Según demanda	₪15.000,0 0	₪375.000,00
13	Prueba hidrostática carbón hidroclorofluoro (11 libras)	10	Unidad	Según demanda	₪7.000,00	₪70.000,00
14	Prueba hidrostática Polvo químico seco (10 libras)	2	Unidad	Según demanda	₪7.000,00	₪14.000,00
I.V.A. 13%						No aplica
TOTAL						₪7.880.500,00

Fuente: Autor

La segunda parte de los costos de mantenimiento corresponde al presupuesto estimado de manera anual para brindar mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de supresión de incendios a base de agua, los costos se detallan en la siguiente tabla N°40.

Tabla 40*Costos estimados, mantenimiento anual sistema de supresión contra incendios*

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad medida	Precio unitario	Precio total
1	Servicio preventivo y correctivo de sistema de bombeo contra incendios (rutina exhaustiva anual)	1	Unidad	€1.695.000,00	€1.695.000,00
2	Servicio preventivo y correctivo de sistema de bombeo contra incendios (rutina básica trimestral)	4	Unidad	€485.000,00	€1.940.000,00
3	Servicio inspección, pruebas y mantenimiento general del sistema fijo contra incendios (trimestral)	4	Unidad	€900.000,00	€3.600.000,00
4	Servicio inspección, pruebas y mantenimiento general de gabinetes contra incendio (trimestral)	4	Unidad	€187.500,00	€750.000,00
				I.V.A. 13%	No aplica
TOTAL					€7.985.000,00

Fuente: Autor

Por último, se proyecta de manera anual los costos asociados al mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de detección y alarma contra incendios, el cual incluye los sistemas ya instalados (piso N°1 y N°2), además de los costos asociados al sistema complementario para los pisos restantes que carecen de protección, se incluye el mantenimiento

preventivo y correctivo del sistema de detección por aspiración (piso N°3, sala operaciones), los costos se detallan en la tabla N°41.

Tabla 41

Costos estimados, mantenimiento anual sistema de detección y alarma contra incendios

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad medida	Precio unitario	Precio total
1	Servicio preventivo y correctivo de sistema de detección y alarma contra incendio	4	Unidad	€1.000.000,00	4.000.000,00
2	Servicio preventivo y correctivo de sistema de detección y alarma por aspiración	4	Unidad	€185.000,00	€740.000,00
		I.V.A. 13%			No aplica
TOTAL					€4.740.000,00

Fuente: Autor

Capítulo V.

5. Conclusiones y recomendaciones

Con la culminación del proyecto, se evaluaron los objetivos y se analizaron los resultados obtenidos. Este proceso permitió identificar puntos de mejora y validar la efectividad de las medidas implementadas en la edificación Torre Norte; seguidamente, se procede a brindar una serie de conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos.

En las conclusiones resaltamos los logros alcanzados y los puntos que requieren mejoras adicionales, por otra parte, las recomendaciones proporcionan pautas claras para futuras acciones y procesos de mejora continua.

5.1. Conclusiones

Con base en el análisis de la clasificación de ocupación del edificio Torre Norte y a partir de la clasificación de los riesgos de contenidos para las diferentes áreas hospitalarias que conforman la edificación, se analizaron los medios de egreso con los cuales cuenta actualmente el recinto hospitalario, se determinó la capacidad de medios de egreso a partir de la carga de ocupantes por cada piso, se pudo verificar las dimensiones para los pasillos de áreas comunes y áreas de hospitalización y salas de operaciones, cumpliendo satisfactoriamente con las con la cantidad de medios de egreso, de igual manera que se tomó como punto de partida la carga de ocupantes por piso y se determinó el cumplimiento para cada uno de los pisos de la edificación, donde se cuenta con más de dos medios de egreso para cada piso, así como una distribución correcta de los medios de egreso que permite cumplir con las distancias mínimas que exige la norma NFPA 101 y el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios.

Se analizó la distribución y el tipo de agente utilizado para brindar cobertura y protección contra incendios mediante los extintores portátiles, no existen incumplimientos con respecto al etiquetado e identificación de los extintores; se verifican distancias y áreas de cobertura a partir de los criterios solicitados en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios,

constatando la correcta ubicación de los extintores clase A y clase B; así mismo en áreas con presencia de equipos eléctricos energizados se pudo verificar la presencia y correcta distribución de extintores clase C. Con relación a los aspectos de instalación y señalización, se comprueba el cumplimiento de las alturas máximas de instalación y la correcta señalización de los extintores en función de su clase; por último, los aspectos relacionados al mantenimiento mensual, revisiones anuales, acciones correctivas, pruebas de conductividad de mangueras, recargas de agentes y pruebas hidrostáticas para la totalidad de extintores ubicados en la edificación Torre Norte, son cubiertas mediante una contratación brindada por terceros, la cual fue adquirida por el Área Gestión Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia.

Para el análisis del sistema de supresión contra incendios, en primera instancia se evalúa el sistema de bombeo contra incendios y el tanque de almacenamiento de agua que provee a esta bomba, posterior al análisis efectuada se determina que cuentan con la capacidad necesaria para proveer los caudales y presiones de operación necesarias para que el sistema de supresión a diseñar pueda instalarse y cumplir con las disposiciones de la norma NFPA 13. En cuanto al sistema de rociadores automáticos, el Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia debe tomar como medida preventiva y de acatamiento inmediato su diseño e implementación, para ello se establecieron los requerimientos mínimos con los cuales deberá contar dicho sistema, donde se abarcan los temas básicos de tipo de rociadores, características de temperatura, características de descarga, espaciamiento entre rociadores, sistema de tubería y accesorios, los cuales deberá considerar el Hospital para cumplir con los aspectos requeridos en relación a la norma NFPA 13 y Reglamento Nacional de Protección contra Incendios.

Al realizar el análisis del sistema de detección y alarma de los dos primeros pisos de la edificación (N°1 y N°2), se logra constatar que dicho sistema cuenta con los estándares de seguridad establecidos en la norma NFPA 72 y el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, este logra proporcionar una respuesta rápida y eficiente ante posibles situaciones de

emergencia, así mismo se encuentra avalado por la autoridad competente en materia de seguridad humana y protección contra incendios. En cuanto a los pisos N°3, N°4 y N°5 de la edificación Torre Norte, es imperativo para el Hospital Dr. R.A. Calderón Guardia implementar un sistema de detección y alarma contra incendios, los cuales deberán seguir los requerimientos básicos de diseño establecidos en el presente trabajo.

Por último, posterior a la evaluación de requerimientos en los sistemas de medios de egreso, extintores portátiles, sistemas de detección y alarma, y sistemas de supresión de incendios, conforme a lo dispuestos en las normas NFPA consultadas y el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, se identifican áreas críticas de mejora, que requieren intervención para garantizar la seguridad contra incendios. La proyección de costos realizada demuestra que, si bien es requerida una inversión considerable con relación con la partida presupuestaria anual otorgada al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento para el desarrollo de proyectos, por parte de la Administración del Hospital, los beneficios a largo plazo en relación con la seguridad, reducción de riesgos y cumplimiento normativo justifican dichos gastos de inversión. Implementar estas mejoras identificadas no solo optimizará la protección de las instalaciones hospitalarias y sus ocupantes, sino que también contribuirá a una gestión más eficiente de los recursos financieros y técnicos con los que cuenta el Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia.

5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda mantener las rutas de evacuación libres de obstáculos, eliminando artículos u objetos que impidan un proceso de evacuación adecuado; adicionalmente, debe verificarse constantemente el buen funcionamiento de las puertas de emergencia.
2. Se debe capacitar a los empleados sobre la ubicación y existencia de rutas de evacuación y los procedimientos de emergencia, deben realizarse simulacros de evacuación

regularmente para asegurar que los ocupantes de la edificación conozcan las rutas de salida.

3. Como se muestra en el análisis de resultados, se sugiere realizar la instalación de extintores adicionales en áreas específicas de la edificación, salas de Hemodinamia, área de ascensores del piso N°2, pasillo externo del costado norte en el área de quirófanos, aula localizada en el costado sur el piso N°4 y aula ubicada en el piso N°5.
4. Debe proporcionarse capacitación regular a los empleados sobre el uso correcto de los extintores portátiles, realizando simulacros que permitan al personal sentirse cómodo con la utilización de extintores y se encuentren preparados para utilizarlos en caso de emergencia.
5. Se recomienda que, al momento de diseñar el sistema de supresión de incendios, se tomen como de acatamiento obligatorio los lineamientos detallados en el análisis de resultados, que permitirán abarcar y cumplir los requisitos solicitados por la normativa contra incendios.
6. Se recomienda mantener un mantenimiento regular de los sistemas de supresión y capacitar al personal de brigada y del Departamento de Ingeniería y mantenimiento en su uso y funcionamiento.
7. Se aconseja que, al momento de diseñar el sistema de detección y alarma contra incendios en las áreas hospitalarias faltantes, se tomen como de acatamiento obligatorio los lineamientos detallados en el análisis de resultados, que permitirán abarcar y cumplir los requisitos solicitados por la normativa contra incendios.
8. Es conveniente que, se implemente un sistema de detección de humo por muestreo de aire en toda el área de quirófanos, área de esterilización y arsenal quirúrgico, siguiendo los lineamientos especificados en el análisis de resultados para su diseño.

9. Deben realizarse pruebas regulares de los sistemas de alarma para garantizar su buen funcionamiento, manteniendo un registro de todas las pruebas y mantenimiento realizadas.
10. A partir del análisis de requerimientos del presente trabajo, se debe desarrollar un plan financiero que incluya un presupuesto detallado para la implementación de las mejoras, considerando las posibles fuentes de financiamiento a nivel hospitalario.
11. Se recomienda realizar un análisis de costo- beneficio que permita justificar las inversiones en mejoras de seguridad contra incendios, considerando tanto los costos iniciales como los ahorros obtenidos a largo plazo en términos de reducción de riesgos y cumplimiento normativo.

Referencias

- (2023). En *Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios* (pág. 93).
- Administration, O. S. (s.f.). *OSHA*. Obtenido de <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>
- Bermúdez, A. A. (2023). *Informe inspección de riesgos*. San José.
- Bermúdez, A. A. (2023). *Informe Inspección de riesgos*. San José.
- Bomberos de Costa Rica. (2023). En *Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios* (pág. 161).
- Bomberos de Costa Rica. (2023). *Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios*. En Bomberos de Costa Rica.
- Doorman, F. (1991). Metodología del diagnóstico en el enfoque "investigación adaptativa". *Fire Desert*. (s.f.). Obtenido de <https://www.firedesert.com/>
- hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*.
- incendios, M. c. (s.f.). *mciproteccion.com*. Obtenido de [mciproteccion.com: https://mciproteccion.com/el-triangulo-del-fuego-que-es/](https://mciproteccion.com/el-triangulo-del-fuego-que-es/)
- kaplan, A. (1964). the conduct of inquiry methodology for behavioral science.
- Kos-Kiel.com*. (s.f.). Obtenido de *Kos-Kiel.com*: <http://kos-kiel.com/product/gabinete-tipo-iii/>
- Mahoney, S. (21 de mayo de 2021). Obtenido de <https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2021/05/21/conceptos-b%C3%A1sicos-de-alarmas-de-incendio-notificaci%C3%B3n>
- Mahoney, S. (6 de febrero de 2023). *NFPA.org*. Obtenido de *NFPA.org*: <https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2023/02/06/altura-de-instalaci%C3%B3n-para-estaciones-de-activaci%C3%B3n-de-alarmas-de-incendio>
- Mahoney, S. (06 de setiembre de 2024). *NFPA.org*. Obtenido de *NFPA.org*: <https://www.nfpa.org/es/News-Blogs-and-Articles/Blogs/2023/03/06/What-kind-of-smoke-alarm-smoke-detector-should-I-buy>
- Maxiseguridad*. (s.f.). Obtenido de <https://www.maxiseguridad.com.ar/detalle-noticias-maxiseguridad/289/NFPA-13-Instalacion-de-Sistema-de-Rociadores>

- NFPA. (2019). Norma para la Instalación de Sistema de Rociadores.
- NFPA. (2021). Capacidad de egreso. En NFPA, *NFPA 101 Código de Seguridad Humana* (pág. 97). Recuperado el 22 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Accesorios. En NFPA, *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores* (pág. 57). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Características audibles. En NFPA, *NFPA 72 Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización* (pág. 296). Recuperado el 21 de setiembre de 2024, de <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>
- NFPA. (2022). Características audibles. En NFPA, *NFPA 72 Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización* (pág. 298). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Características visuales. En NFPA, *NFPA 72 Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización*. Recuperado el 21 de setiembre de 2024, de NFPA.
- NFPA. (2022). Características visuales. En NFPA, *NFPA 72 Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización* (pág. 145). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Detectores de humo de tipo puntual. En NFPA, *NFPA 72 Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización* (pág. 282). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Detectores de incendios sensores de calor. En *NFPA 72 Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización* (pág. 125). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Detectores de incendios sensores de calor. En NFPA, *NFPA 72 Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización* (pág. 278). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Drenaje. En NFPA, *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores* (pág. 138). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Instalaciones para riesgos clase A. En *NFPA 10 Norma para Extintores Portátiles contra Incendios*. Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Instalaciones para riesgos clase B. En *NFPA 10 Norma para Extintores Portátiles contra Incendios* (pág. 16). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Requisitos de la demanda de agua - Métodos de cálculo hidráulico. En NFPA, *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores* (pág. 186). Recuperado el 22 de Setiembre de 2024

- NFPA. (2022). Requisitos de la demanda de agua- Métodos de cálculo hidráulico. En NFPA, *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores* (pág. 186). Recuperado el 22 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Rociadores. En NFPA, *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores* (pág. 55). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Rociadores. En NFPA, *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistema de Rociadores* (pág. 55).
- NFPA. (2022). Tuberías y tubos situados sobre la superficie del terreno. En NFPA, *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores* (pág. 56). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Válvulas de control. En NFPA, *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores* (pág. 136). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (2022). Válvulas de control. En NFPA, *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores* (pág. 485). Recuperado el 21 de setiembre de 2024
- NFPA. (6 de mayo de 2022). *www.nfpa.org*. Obtenido de www.nfpa.org:
<https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2022/05/06/conceptos-b%C3%A1sicos-del-sistema-de-agente-limpio>
- NFPA. (2022). *www.nfpa.org/es*. Obtenido de <https://go.nfpa.org/instalacion-para-equipos-de-alarma-de-incendios>
- O'Connor, B. (18 de febrero de 2022). Obtenido de NFPA.org:
<https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2022/02/18/tipos-de-rociadores>
- O'Connor, B. (18 de febrero de 2022). *NFPA.org*. Obtenido de <https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2022/02/18/tipos-de-rociadores>
- Presman. (s.f.). Obtenido de Presman: <https://www.extintorespresman.es/deteccion-por-aspiracion/>
- Rica, B. d. (2023). En *Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios* (pág. 161).
- Rica, B. d. (2023). Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios.
- Rica, B. d. (2023). Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios.
- Rica, B. d. (2023). Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios.

Sistema contra incendio. (s.f.). Obtenido de Sistema contra incendio:

<https://www.sistemacontraincendio.com/firelite-estacion-manual-wbg12lxsp/>

Ybirma, L. (9 de enero de 2023). *www.contraincendio.com.ve.* Obtenido de

[www.contraincendio.com.ve.](http://www.contraincendio.com.ve)

Ybirma, L. (13 de abril de 2024). *ContraIncendio.* Obtenido de ContraIncendio:

<https://www.contraincendio.com.ve/valvula-alivio-de-presion/>

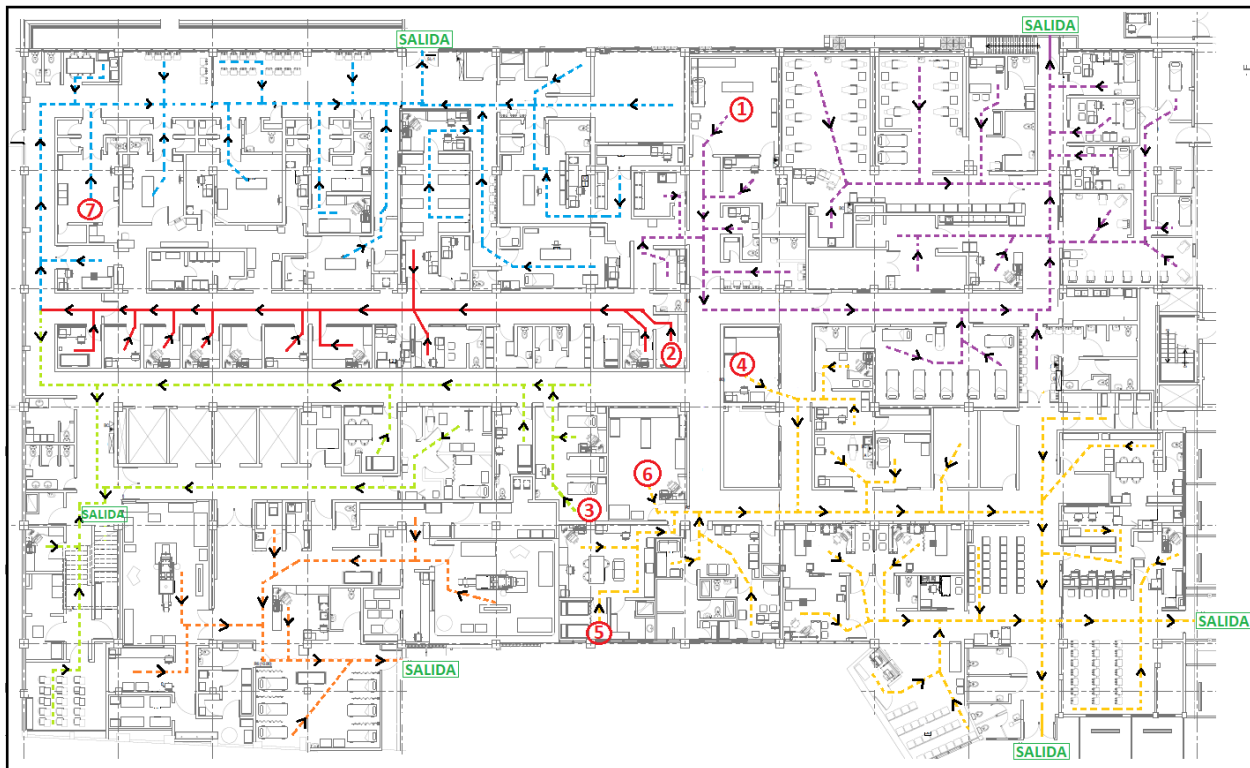
Anexos

Anexo 1. Medios de egreso y rutas de evacuación

En este anexo se detallan los medios de egreso y rutas de evacuación por cada piso del edificio Torre Norte.

Figura 47

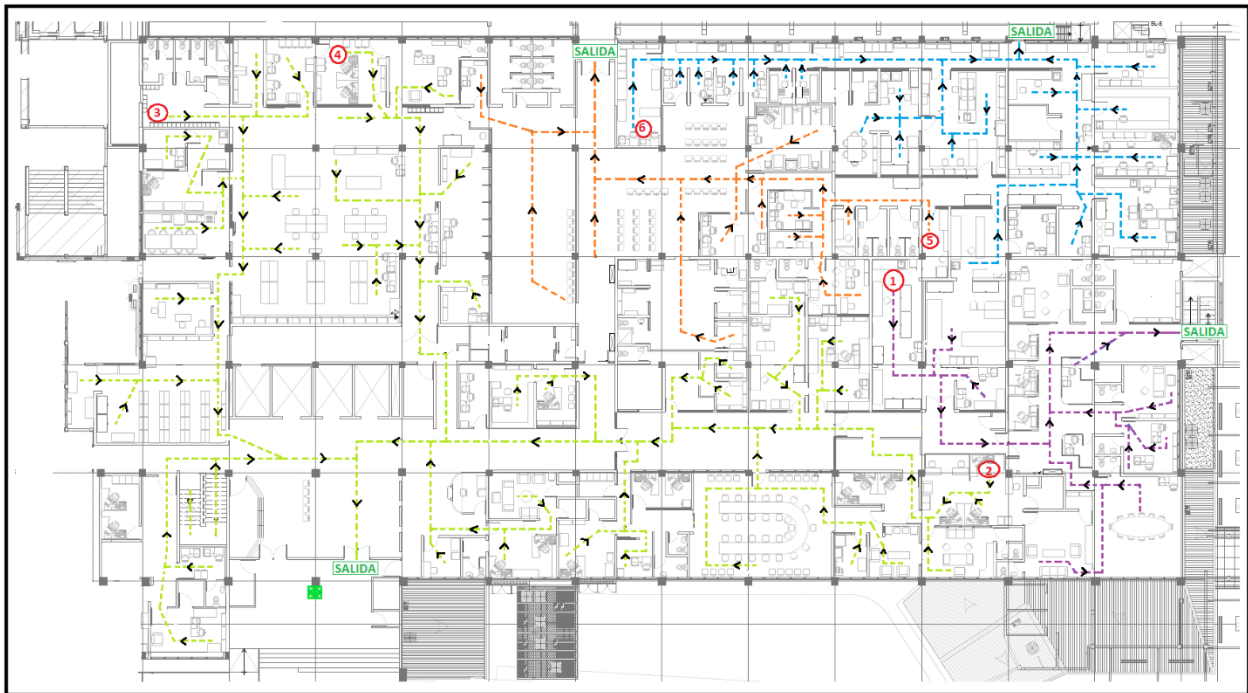
Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°1



Fuente: Autor

Figura 48

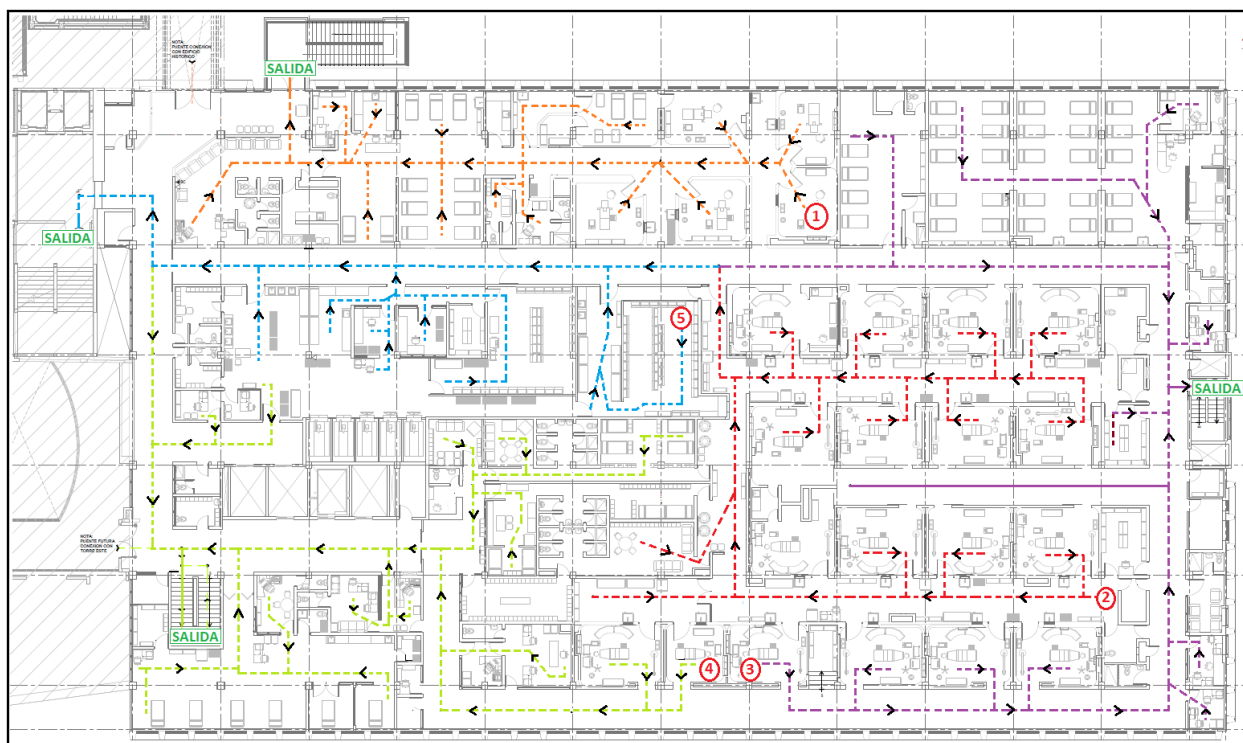
Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°2



Fuente: Autor

Figura 49

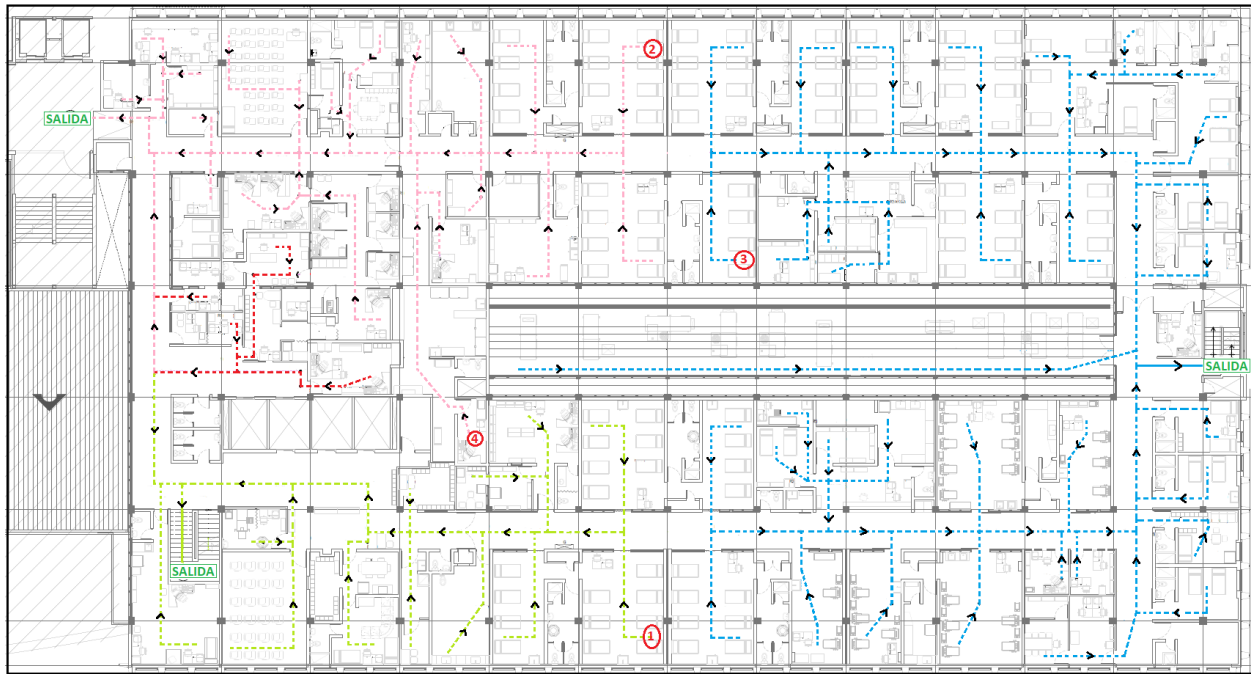
Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°3



Fuente: Autor

Figura 50

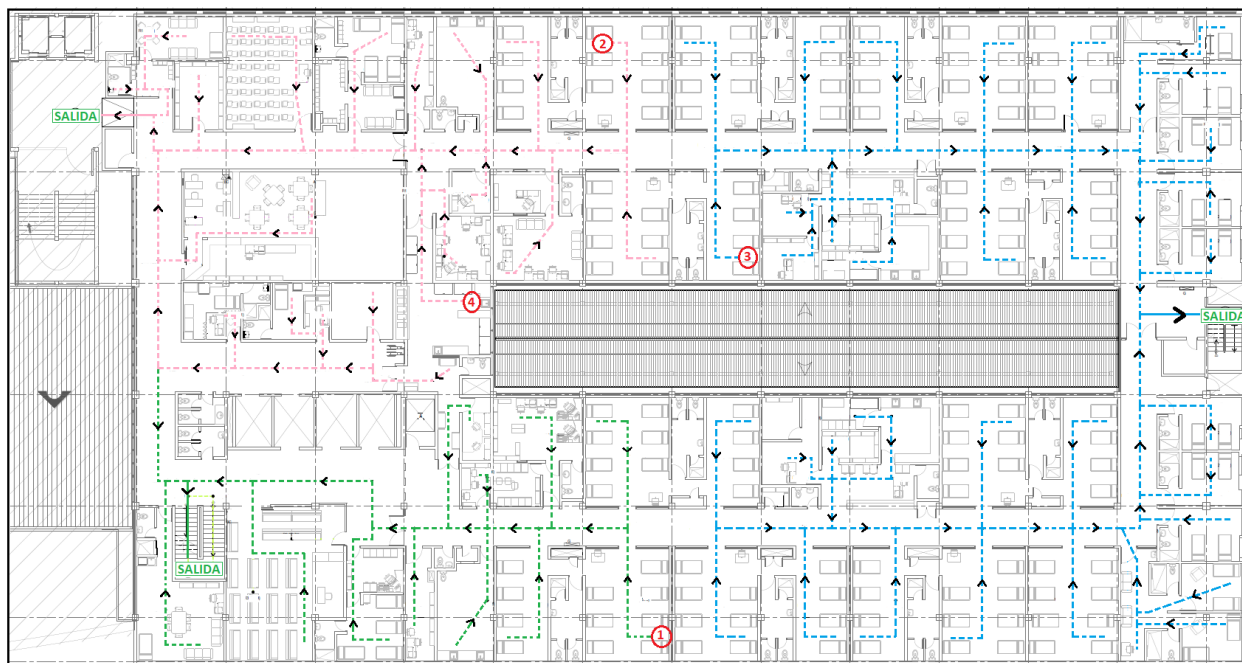
Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°4



Fuente: Autor

Figura 51

Medios de egreso y Rutas de evacuación, Piso N°5

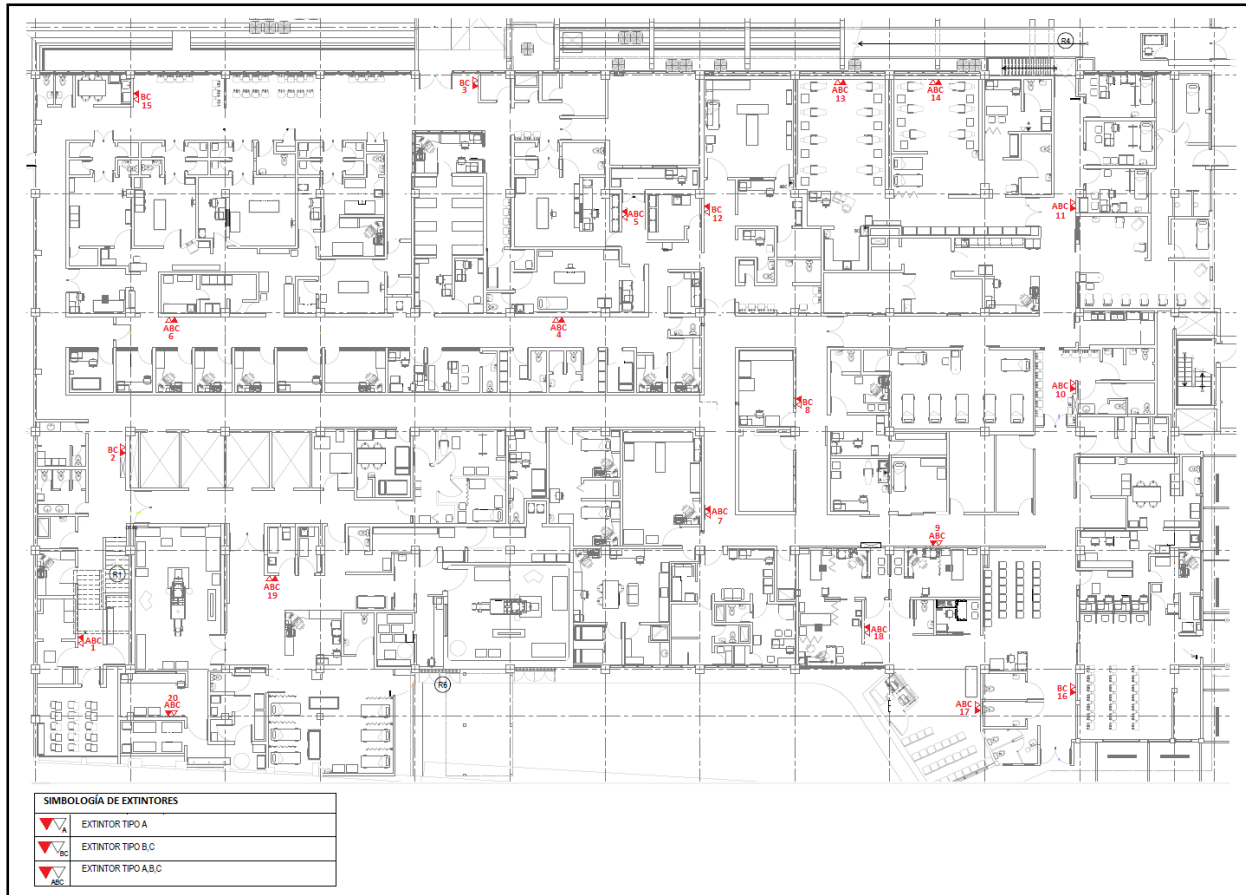


Fuente: Autor

Anexo 2. Ubicación de extintores y tipo de agente

Figura 52

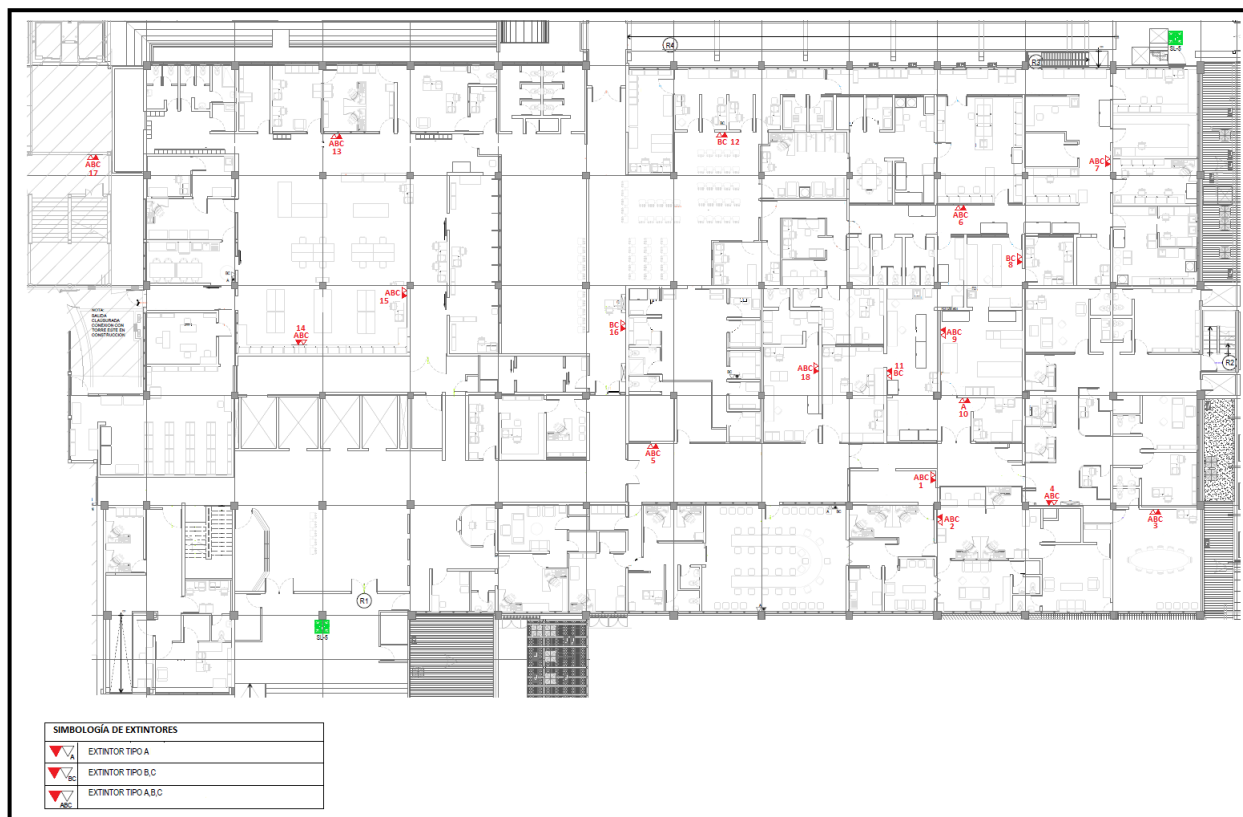
Ubicación de extintores portátiles, Piso °1



Fuente: Autor

Figura 53

Ubicación de extintores portátiles, Piso 2º



Fuente: Autor

Figura 54

Ubicación de extintores portátiles, Piso °3



Fuente: Autor

Figura 55

Ubicación de extintores portátiles, Piso °4



Fuente: Autor

Figura 56

Ubicación de extintores portátiles, Piso °5



Fuente: Autor

Anexo 3. Planos sistema detección y alarma existe en la edificación, piso N°1 y N°2

Figura 57

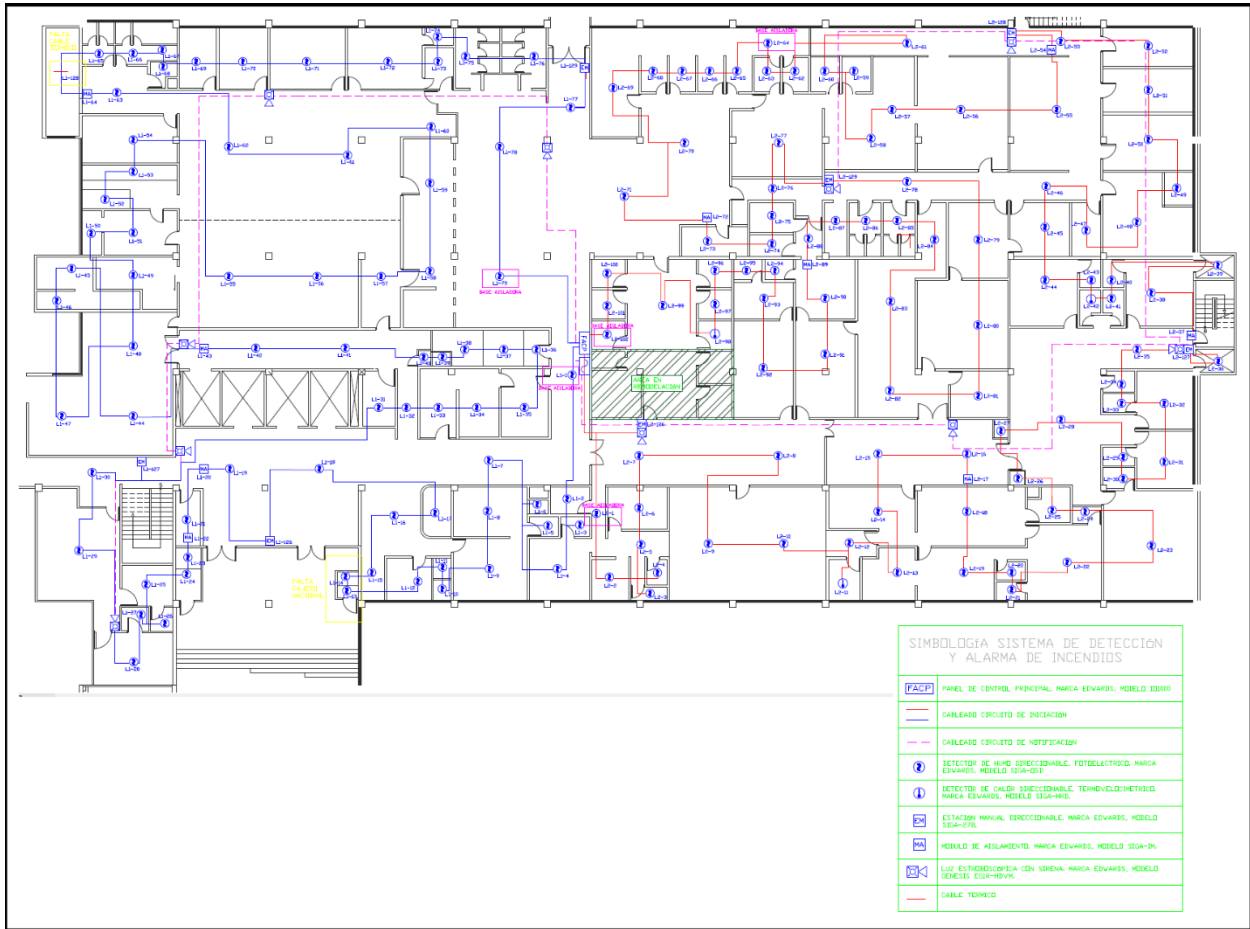
Planos Detección y Alarma, Piso N°1



Fuente: Autor

Figura 58

Planos Detección y Alarma, Piso N°2



Fuente: Autor