

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**“EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UNA CASA DE
CONTROL”**

Proyecto de Titulación para optar al Título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Alumno:

Michael Phillip Fingerhut Soto

Profesor Guía:

Mg.Ing. Alejandro Elías Badilla Bello

2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de título en especial a mi hermosa familia, a mis grandes amigos y a los profesores que me acompañaron en el proceso de aprendizaje y crecimiento profesional, como así también por sus consejos, buenos deseos y el apoyo incondicional que me otorgaron en todo momento.

RESUMEN

En el siguiente documento se presentan los resultados de un trabajo de investigación, desarrollo y determinación de una propuesta de protección activa contra incendios con la finalidad de ser implementada en una casa de control que alberga quipos eléctricos necesarios para la operación de un transportador apilador radial, que sirve en la operación de transporte de carbón en la industria de generación eléctrica.

En base a la ausencia de un sistema de protección contra incendios en el área descrita y al alto valor que representan los activos alojados en su interior. La propuesta presentada en este trabajo se enfoca en las exigencias normativas chilenas vigentes con respecto a las medidas de seguridad para la protección contra incendio que deben adoptar las instalaciones de este tipo, y en la necesidad de evitar posibles daños al personal de las instalaciones, a los activos de la empresa y a mantener la continuidad del negocio, como así también evitar daños al medio ambiente.

Dadas las exigencias de la normativa chilena, el desarrollo de este trabajo se llevó a cabo siguiendo los estándares internacionales tales como NFPA 72 para sistemas de detección y alarma de incendios y NFPA 2001 para sistemas de supresión de incendios con agentes extintores tipo gaseoso limpio. Además, se realizó una detallada comparación entre los posibles agentes extintores gaseosos que están presente en el mercado nacional y sus características técnicas y económicas, dando como resultado la mejor opción el agente extintor gaseoso Novec-1230.

En este trabajo se logró el objetivo de identificar las exigencias establecidas por la normativa chilena vigente, la cual exige en su pliego técnico normativo: RPTD N° 08 la implementación de medidas de seguridad para la protección contra incendios en casas de control y edificaciones.

Así también se logró el objetivo de desarrollar una propuesta integral de protección activa contra incendios a través de un estudio técnico, cumpliendo con la normativa exigida, como lo son para este caso la aplicación de las normas NFPA 72, NFPA 2001 y NFPA 12.

Finalmente, este trabajo logró el objetivo de determinar la inversión económica necesaria para la implementación de la propuesta realizada, mediante un análisis de costo actualizado, que permite determinar la factibilidad de implementación del sistema de protección contra incendios propuesto.

ÍNDICE

RESUMEN

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN **1**

OBJETIVOS **3**

OBJETIVO GENERAL 3

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES **4**

1.1. ESTADÍSTICAS SOBRE INCENDIOS EN CHILE 5

1.1.1. Distribución de Incendios en Chile 2010-2020 según Ocupación NFPA 101 (Estudio de DCR Willis Towers Watson Chile,) 5

1.1.2. Distribución de Incendios en Chile 2010-2020 Según ocupaciones industriales. (Estudio de DCR Willis Towers Watson Chile) 6

1.1.3. Conclusiones de las estadísticas mostradas en el estudio realizado 7

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA 8

1.2.1. Planteamiento de alternativas disponibles para solucionar la problemática 8

1.2.2. Alternativas específicas de protección disponibles para nuestro caso de análisis 10

1.3. ANTECEDENTES NECESARIOS PARA DETERMINAR LAS ALTERNATIVAS CORRECTAS DE PROTECCIÓN 10

13.1. Planos de planta del cuarto de control 11

1.3.2. Plano de corte del cuarto 12

1.3.3. Layout de equipos dentro del cuarto 13

1.3.4. Condiciones de operación del cuarto 13

1.3.5. Descripción de la actividad del cuarto 14

1.4. ANTECEDENTES DE LA CASA DE CONTROL MOTIVO DE ESTE TRABAJO DE EVALUACIÓN 15

1.4.1. Características generales	15
1.4.2. Características constructivas de la casa de control	16
1.4.3. Layout de equipos existentes dentro de la casa de control	17
1.4.4. Condiciones de operación de la casa de control	18
1.4.5. Descripción de la actividad de la casa de control (figura 1.12)	19
1.5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA PROTEGER LA CASA DE CONTROL DE APILADOR RADIAL	20
1.5.1. Alternativa para el diseño del sistema de detección y alarma de incendios	20
1.5.2. Alternativa para el diseño del sistema de supresión de incendios	20
1.5.3. Norma NFPA 2001	21
1.5.4. Nueva ley de reducción para agentes FM-200 y ECARO-25	24
1.5.5. Comparación entre agente extintor gaseoso Inergen y Novec 1230	25
1.6. NORMA NFPA 12	26
1.6.1. Los peligros del dióxido de carbono (Co2)	27
1.7. COMPARACIÓN CUALITATIVA ENTRE POSIBLES AGENTES EXTINTORES DISPONIBLES	28
1.8. CONCLUSIONES Y DETERMINACIÓN DEL AGENTE EXTINTOR A UTILIZAR EN NUESTRA CASA DE CONTROL	30
 CAPÍTULO 2: ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMA DE DETECCIÓN Y SUPRESIÓN DE INCENDIOS	 31
2.1. TEORÍA DEL FUEGO	32
2.1.1. Clasificación del fuego	33
2.1.2. Teoría de la extinción del fuego	34
2.1.2.3. Dilución o desalimentación:	35
2.2. AGENTE EXTINTOR GASEOSO NOVEC-1230	36
2.2.1. Limitaciones del sistema con agente limpio Novec 1230	37

2.3. ANÁLISIS DE RIESGO DE INCENDIO EN SALA DE CONTROL DE APILADOR RADIAL	38
2.4. CRITERIOS DE DISEÑO PARA SUPRESIÓN DE INCENDIOS POR NOVEC 1230 SEGÚN NFPA 2001	39
2.4.1. Concentración mínima de diseño	39
2.4.2. Determinación de la mínima cantidad de agente NOVEC 1230 requerida	39
2.4.3. Determinación de la cantidad de agente Novec 1230	40
2.4.4. Determinación de la cantidad de agente Novec 1230 corregido por altura	40
2.4.5. Determinación de la cantidad y capacidad de los tanques requeridos de Novec 1230	41
2.4.6. Determinación de la concentración de diseño a temperatura máxima en el área	43
2.4.7. Ajuste de cantidad de agente de acuerdo a factor de corrección por Altitud a 30 °C	44
2.4.8. Seguridad para el personal debido al uso de agente Novec 1230 (FK-5-1-12)	44
2.4.9. Selección de boquillas de descarga	45
2.4.10. Localización de la boquilla y el diseño de la interconexión de tuberías	47
2.4.11. Esquema Isométrico del sistema de supresión de incendios propuesto	48
2.4.12. Determinación del diámetro de tuberías y boquilla para una descarga en 10 segundos	48
2.4.13. Generalidades de instalación del sistema de supresión de incendios propuesto	49
2.4.14. Modos de activación de descarga de agente Novec 1230	51
2.5. CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS	53
2.5.1. Requerimientos de NFPA 2001	53
2.5.2. Requerimientos de NFPA 72	53
2.5.3. Determinación del tipo de detección de incendios apropiado	55
2.6. DISEÑO DE SISTEMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DE HUMO TIPO MUESTREO DE AIRE	56
2.6.1. Requerimientos según NFPA	57
2.6.2. Requerimientos según fabricante	58
2.6.3. Validación de sistema de muestreo por software Aspire de Xtralis	59

2.6.4. Espaciamiento de puntos de muestreo del sistema de detección de humo por muestreo de aire	60
2.6.5. Isométrico de sistema de detección de humo por muestreo de aire	60
2.7. DISEÑO DE SISTEMA DE DETECCIÓN DE HUMO TIPO PUNTUAL	61
2.7.1. Requerimientos según NFPA	61
2.7.2. Determinación de cantidad de detectores de humo puntuales	62
2.7.3. Reducción de espaciamiento según movimientos de aire de la sala (figura 2.24)	63
2.7.4. Cobertura de detectores de humo tipo puntual	64
2.7.5. Isométrico de sistema de detección tipo puntual	64
2.8. DISEÑO DE SISTEMA DE NOTIFICACIÓN DE ALARMA	65
2.8.1. Requerimientos según NFPA	65
2.8.2. Determinación de cantidad de aparatos de notificación audible y visibles	66
2.8.3. Cálculo de pérdida de potencia en sirenas	66
2.8.4. Cálculo de potencia de sirena requerida	67
2.8.5. Cálculo de potencia lumínica requerida	67
2.8.6. Cobertura de aparato de notificación audible	68
2.8.7. Cobertura de aparato de notificación visible	69
2.9. DETERMINACIÓN DE CANTIDAD Y UBICACIÓN DE ESTACIONES MANUALES DE ALARMA	69
2.9.1. Requerimientos según NFPA	70
2.9.2. Distribución de estaciones manuales de alarma	71
2.10. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CABLE PARA EL SISTEMA DE ALARMA	71
2.10.1. Requerimientos según NFPA	71
2.11. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE PROTECCIÓN MECÁNICA PARA EL CABLEADO	72
2.11.1. Requerimientos según NFPA	72
2.12. LÓGICA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE DETECCIÓN Y SUPRESIÓN DE INCENDIOS PROPUESTO	73
2.13. PRUEBA DE HERMETICIDAD DE LA SALA SEGÚN NFPA 2001	75

2.13.1. Door Fan Test	75
2.14. PLAN DE INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO	75
2.15. OTROS REQUERIMIENTOS GENERALES ESTABLECIDOS POR NFPA 2001	76

CAPÍTULO 3: JUSTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN ECONOMICA DE LA PROPUESTA DE PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS

3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	79
3.1.1. Matriz general de evaluación de riesgo de incendio en sala de control	79
3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DE PROPUESTA	82
3.2.1. Cuantificación de materiales	82
3.2.2. Cuantificación de materiales para el sistema de supresión de incendios	82
3.2.3. Cuantificación de materiales para el sistema de detección y alarma de incendios	83
3.2.4. Otros costos asociados por servicios para la implementación del sistema propuesto	84
3.3. PRESUPUESTOS REFERENCIALES	84
3.3.1. Presupuesto de materiales para el sistema de supresión de incendios	84
3.3.2. Presupuesto de materiales para el sistema de detección y alarma de incendios	85
3.3.3. Presupuesto por servicios para la implementación del sistema propuesto (figura)	86
3.3.4. Sobre los equipos cotizados	86
3.3.5. Cilindro de agente gaseoso limpio Novec-1230	87
3.3.6. Actuador eléctrico de disparo	88
3.3.7. Unidad central de control de alarmas	88
3.3.8. Unidad detectora de humo por muestreo de aire	89
3.3.9. Fuente poder auxiliar	90
3.3.10. Detector de humo puntual fotoeléctrico	92
3.3.11. Estación manual de alarma y descarga de agente extintor	92
3.3.12. Sirena de alarma con luz estroboscópica	94
3.4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	95
3.4.1. Tabla de análisis económico de costos totales	95

CONCLUSIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura 1-1. Ejemplo de plano de planta de un cuarto eléctrico</u>	11
<u>Figura 1-2. Ejemplo de plano de corte de un cuarto eléctrico</u>	12
<u>Figura 1-3. Ejemplo de layout de un cuarto eléctrico</u>	13
<u>Figura 1-4. Fotografía casa de control de apilador radial AES, Ventas</u>	15
<u>Figura 1-5. Fotografía apiladora radial AES, Ventanas</u>	16
<u>Figura 1-6. Plano planta de casa de control de apilador radial</u>	17
<u>Figura 1-7. Plano corte de casa de control de apilador radial</u>	17
<u>Figura 1-8. Layout disposición de equipos en casa de control de apilador radial</u>	18
<u>Figura 1-9. Display del equipo de clima de casa de control de apilador radial</u>	19
<u>Figura 1-10. Fotografía interior de casa de control de apilador radial</u>	19
<u>Figura 1-11. Ejemplo de manual NFPA 72, edición 2013</u>	20
<u>Figura 1-12. Ejemplo de manual NFPA 2001, edición 2012</u>	21
<u>Figura 1-13. Cilindros de FM 200</u>	23
<u>Figura 1-14. Cilindros de Novec 1230</u>	23
<u>Figura 1-15. Cilindros de Inergen</u>	24
<u>Figura 1-16. Manual NFPA 12, edición 2011</u>	27
<u>Figura 1-17. Cartel informativo de NFPA 12 en áreas protegidas con Co2</u>	28
<u>Figura 2-1. Reacción en cadena v/s diferentes tipos de agentes extintores</u>	33
<u>Figura 2-2. Clasificación del fuego según materiales</u>	34
<u>Figura 2-3. Extinción del fuego según el agente extintor</u>	35
<u>Figura 2-4. Ecuación 7.3.1 para cálculo de agente halocarbonados</u>	40
<u>Figura 2-5. Típico cilindro de Novec 1230</u>	42
<u>Figura 2-6. Cálculo de concentración de agente halocarbonados</u>	43
<u>Figura 2-7. Boquilla 360°, listada para uso con agente Novec 1230</u>	46
<u>Figura 2-8. Localización boquilla descarga</u>	47
<u>Figura 2-9. Layout b Isométricos sistema supresión</u>	48

<u>Figura 2-10. Soportes y tapón para tuberías NOVEC 1230</u>	50
<u>Figura 2-11. Guía de soportes para cilindros NOVEC 1230</u>	51
<u>Figura 2-12. Actuador solenoide para cilindros NOVEC 1230</u>	52
<u>Figura 2-13. Actuador manual para cilindros NOVEC 1230</u>	53
<u>Figura 2-14. Curva del humo en un incendio</u>	56
<u>Figura 2-15. Ejemplo de sistema de detección por aspiración</u>	57
<u>Figura 2-16. Arreglo de tubería única tipo U</u>	58
<u>Figura 2-17. Layout c: Validación sistema de detección por aspiración</u>	59
<u>Figura 2-18. Layout d: Espaciamiento de detección por muestreo</u>	60
<u>Figura 2-19. Layout e: Isométrico sistema de detección por muestreo</u>	60
<u>Figura 2-20. Ejemplo de sistema de detección tipo puntual</u>	62
<u>Figura 2-21. Layout f: Espaciamiento de detección puntual</u>	64
<u>Figura 2-22. Layout g: Isométrico sistema de detección puntual</u>	64
<u>Figura 2-23. Pérdida de potencia (db) por distancia</u>	67
<u>Figura 2-24. Layout h: cobertura aparato de notificación audible</u>	68
<u>Figura 2-25. Layout i: Cobertura aparato de notificación visible</u>	69
<u>Figura 2-26. Medidas exigidas por NFPA 72</u>	70
<u>Figura 2-27. Layout j: Espaciamiento de estaciones manuales de alarma</u>	71
<u>Figura 2-28. Ejemplo de protección mecánica para cableado</u>	73
<u>Figura 2-29. Equipo para prueba de hermeticidad</u>	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Resumen de agentes limpios contenidos en NFPA 2001	22
Tabla 1-2. Comparativa entre agentes extintores gaseosos	29
Tabla 2-1. A.7.2.2.3 (b) concentración de Novec 1230 según clase de fuego	39
Tabla 2-2. Factor de corrección atmosférica para cálculo de agente halocarbonados	41
Tabla 2-3. Tamaños estandarizados para Novec 1230	42
Tabla 2-4. Porcentajes máximos de exposición de agentes halocarbonados	44
Tabla 2-5. Medidas listadas para boquillas de Novec 1230	47
Tabla 2-6. Guía de tuberías para NOVEC 1230	49
Tabla 2-7. Espaciamiento para soportes de tuberías NOVEC 1230	50
Tabla 2-8. Reducción de espaciamiento por cambios de aire	63
Tabla 2-9. Nivel sonoro según su fuente	66
Tabla 2-10. Espaciamiento para aparatos de notificación	68
Tabla 2-11. Tipos de cables según NFPA 760	72
Tabla 2-12. Matriz de entradas/salidas del sistema	74
Tabla 2-13. Tareas de mantenimiento	76
Tabla 3-1. Matriz general de evaluación de riesgo de incendio	80
Tabla 3-2. Recomendaciones de protección y mitigación de incendios	81
Tabla 3-3. Equipos y materiales necesarios.	82
Tabla 3-4. Equipos y materiales necesarios sistema de detección y alarma.	83
Tabla 3-5. Servicios de ingeniería y mano de obra.	84
Tabla 3-6. Cotización 001774 (sistema de supresión de incendios)	85
Tabla 3-7. Cotización 001773 (sistema de detección y alarma de incendios)	85
Tabla 3-8. Cotización 001776 (servicios de ingeniería y mano de obra)	86
Tabla 3-9. Análisis económico de inversión.	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<u>Gráfico 1-1. Siniestros de incendios en Chile</u>	6
<u>Gráfico 1-2. Siniestros en Chile según ocupaciones</u>	7
<u>Gráfico 1-3. Reducción gradual de la producción de los agentes Fm-200 y Ecaro-25 hasta el año 2037</u>	25
<u>Gráfico 1-4. Comparación de cantidad de cilindros de Inergen v/s Novec</u>	26
<u>Gráfico 2-1. Gráfica de vaporización de Novec 1230</u>	37

INTRODUCCIÓN

Ya que la sociedad actual depende cada día más de los beneficios socioeconómicos de la energía eléctrica para las aplicaciones residenciales, comerciales e industriales, las plantas de generación, así como también las edificaciones destinadas a la producción, transporte, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica, y cualquier otra instalación o estructura que alberga equipos eléctricos de fuerza, control y operación, requieren una alta disponibilidad para cumplir con los procesos productivos para los cuales fueron diseñadas e implementadas.

Lo anterior, es debido que, a lo largo de los años, nuestra vida cotidiana, ha aumentado nuestra dependencia en los artefactos impulsados por electricidad, y se espera que el consumo en los próximos años siga aumentando a una demanda mundial de energía que crecerá un 50% hasta 2030, según estimaciones de la agencia internacional de la energía (AIE).

Teniendo esto en cuenta podemos deducir que la disponibilidad y confiabilidad del suministro de electricidad repercuten en nuestras vidas de muchas maneras. Estas incluyen la seguridad, las telecomunicaciones, el transporte, el trabajo diario, entre otros. Entonces, la sociedad actual que esta ávida de información y orientada hacia los servicios y hacia los dispositivos electrónicos móviles no puede funcionar sin un suministro adecuado y confiable de energía eléctrica.

Por lo tanto, la decisión de implementar un sistema activo de protección contra incendios en una casa de control que sirve a un proceso de generación de energía eléctrica debe sostenerse no sólo con la intención de aumentar la seguridad en las instalaciones y los ocupantes, si no también debe estar enfocada en disminuir las horas de interrupciones del usuario final, considerando además por supuesto una cantidad importante de otras variables.

Por otra parte, algunas de estas casas de control están ubicadas en áreas alejadas de las instalaciones que se encuentra continuamente atendidas por operadores o voluntarios de bomberos con disponibilidad inmediata. Por lo cual para estas salas puede ser necesario establecer procedimientos especiales de protección contra incendios. Además, la tendencia en la industria

generadora de energía eléctrica actual es la de reducir el tamaño del personal que trabaja en la planta, obviamente, esto tiene un impacto directo en el grupo de personal calificado que puede desempeñar las labores de la brigada contra incendios o simplemente en algunas plantas más pequeñas operan sin personal.

Por todas estas razones es importante conocer y proteger de los riesgos de incendio que supone este tipo de instalaciones, como así también cumplir con los requerimientos exigidos por la normativa chilena en materia de seguridad contra incendios.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la implementación de un sistema automático de protección contra incendios mediante estudio de ingeniería conceptual e ingeniería básica con el fin de proteger los activos de la empresa y mantener la continuidad operacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo específico 1:

Identificar las exigencias de protección contra incendios mediante la revisión de antecedentes técnicos y los estándares de ingeniería específicos para una sala de control, determinando criterios de diseño aplicables al caso.

Objetivo específico 2:

Desarrollar propuesta integral de protección contra incendios a través de un estudio técnico, cumpliendo con normativa nacional e internacional.

Objetivo específico 3:

Evaluar económicamente la propuesta realizada mediante el desarrollo de un análisis de costo actualizado, con el fin de determinar la factibilidad de implementación del sistema de protección contra incendios.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. ESTADÍSTICAS SOBRE INCENDIOS EN CHILE

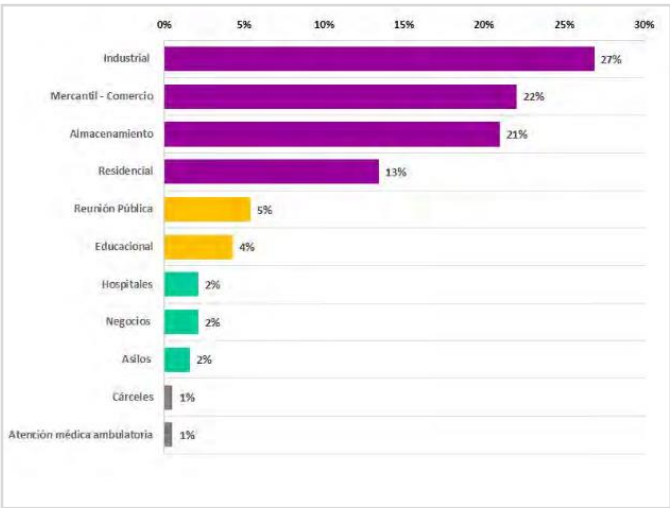
Un estudio realizado por el departamento de consultoría de riesgo – DCR Willis Towers Watson Chile, el año 2021, señala que los riesgos de incendios han sido siempre de interés particular para la industria debido principalmente a que son eventos no catastróficos de los más recurrentes, de mayor impacto y repercusión que puede afectar de manera muy negativa a un proceso productivo, como también uno de los riesgos que mayores posibilidades ofrece para su mitigación y/o control.

También señala que, lamentablemente en Chile no se cuenta con un sistema de estadísticas adecuado que permita analizar en mayor profundidad la problemática de incendios. Si así fuera se podría identificar con mayor exactitud los sectores industriales que se encuentran más expuestos al riesgo de incendio, también ayudarían a analizar los factores comunes en los orígenes y causas de los incendios y quizás poder ser más efectivos al tratar de implementar sistemas y procedimientos de control del riesgo de incendio en los diferentes sectores de la industria. Los escasos referentes estadísticos que se poseen provienen desde el extranjero, principalmente de Estados Unidos y Europa. Lo que supone una problemática en tratar de extrapolarlos a nuestra realidad nacional, debido a las evidentes diferencias tecnológicas, culturales y sobre todo normativas que nos separan.

1.1.1. Distribución de Incendios en Chile 2010-2020 según Ocupación NFPA 101 (Estudio de DCR Willis Towers Watson Chile,)

Como se muestra en el grafico 1-1, el primer análisis es simplemente contundente. El 70% de los siniestros de incendio reportados se concentran en 3 rubros u ocupaciones principales, claramente definidas: Ocupaciones Industriales, Ocupaciones Mercantiles o de Comercio (tiendas

y comercios de ventas y servicios al detalle o al mayoreo) y Ocupaciones de Almacенamientos (bodegas, Almacenes, aparcaderos).

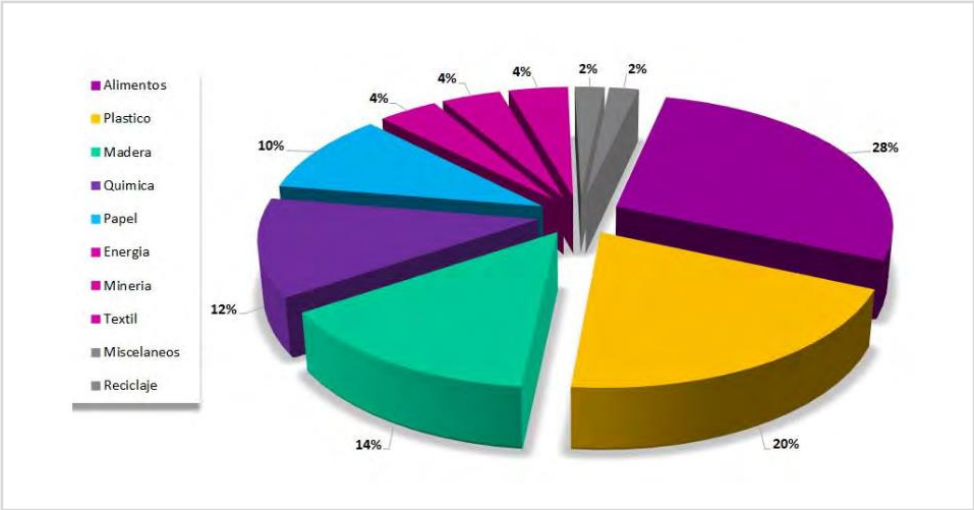


Fuente: DCR Willis Towers Watson Chile

Gráfico 1-1. Siniestros de incendios en Chile

1.1.2. Distribución de Incendios en Chile 2010-2020 Según ocupaciones industriales. (Estudio de DCR Willis Towers Watson Chile)

Como se puede apreciar en el grafico 1-2, para las ocupaciones industriales, según la base de información en análisis, el principal segmento que se ve expuesto al riesgo de incendio es la Industria de Alimentos, con un 28% de los casos. Le sigue muy de cerca la Industria del Plástico (fábricas con procesos de extrusión, inyección y/o soplado de plástico), con un 20% de los casos. En proporciones muy similares de relevancia, las Industrias Químicas (12%), de la Madera (14%) y el Papel (10%), agrupan el 36% de los casos de incendios reportados, mientras que el restante 16% se distribuye entre las industrias de la Minería, Energía, Textil, Reciclaje y Misceláneos.



Fuente: DCR Willis Towers Watson Chile

Gráfico 1-2. Siniestros en Chile según ocupaciones

1.1.3. Conclusiones de las estadísticas mostradas en el estudio realizado

Como se puede apreciar en el estudio realizado por La DCR Willis Towers Watson Chile, sólo el 4% de los casos en análisis pertenecen a la industria de la generación de energía eléctrica, sin embargo, se debe considerar que un incendio en un cuarto eléctrico o casa de control no protegido por un sistema de supresión de incendios adecuado puede ser catastrófico para los operadores, los equipos de alto valor contenidos en su interior y/o la integridad estructural de la instalación.

Así mismo, la exposición al riesgo de incendios de estos cuartos de control de alto valor para la continuidad de las operaciones en una planta de generación eléctrica no sólo está sujeta al riesgo de incendio intrínseco de la misma, sino también a los riesgos de incendios que presentan equipos o instalaciones aledañas.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

En términos generales, la problemática en el contexto de este trabajo será establecer el sistema automático de protección contra incendios más adecuado para una casa de control que sirve a un proceso de generación de energía eléctrica, cumpliendo con la normativa nacional vigente y los estándares internacionales aplicables, así como también establecer la inversión económica necesaria para la implementación del sistema propuesto.

En el contexto de la continuidad de las operaciones, la protección contra incendios en las casas de control es fundamental si pretendemos contar con un proceso confiable y que presente el mínimo esfuerzo de reposición del servicio en caso de un siniestro de incendio. Por lo cual, la problemática estará enfocada en poder diseñar un sistema automático de detección y alarma de humo que pueda detectar y advertir de la existencia de un fuego en su etapa incipiente.

Por otro lado, en el contexto de la seguridad humana, la protección de la instalación y la protección de los equipos de alto valor contenidos en el interior de la casa de control analizada, la problemática estará enfocada en poder diseñar un sistema de supresión de fuego que actúe de forma temprana y eficaz, considerando un agente extintor que no dañe los equipos protegidos, que sea seguro para los usuarios y que sea amigable con el medio ambiente, como así también que permita una rápida reposición del agente extintor ante una eventual descarga.

1.2.1. Planteamiento de alternativas disponibles para solucionar la problemática

Las alternativas aplicables para el correcto desarrollo de este trabajo se encuentran contenidas en el reglamento chileno “**seguridad de instalaciones, producción, transformación transporte y distribución de energía eléctrica**” (decreto 109). Comprendidas dentro de este reglamento se encuentran las disposiciones relativas a los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las instalaciones destinadas a la producción, transformación, transporte o distribución de energía eléctrica, en materias de diseño, construcción, puesta en servicio,

operación, mantenimiento y término definitivo de operaciones, así como las obligaciones de las personas naturales y jurídicas que intervienen en dichas actividades a objeto de desarrollarlas en forma segura.

De este reglamento se desprende la norma chilena “**corrientes fuertes, NSEG 5-71**” la cual tiene como objetivo fijar las disposiciones para la ejecución de instalaciones eléctricas de corrientes fuertes y para el mejoramiento o modificaciones de las existentes que sirven para generar, transportar, convertir, distribuir y utilizar energía eléctrica. Esta norma considera como instalaciones de corrientes fuertes aquellas que presentan en ciertas circunstancias un peligro para las personas o las cosas, entendiéndose como tales las instalaciones que sirven para generar, transportar, convertir, distribuir y utilizar energía eléctrica.

Así su vez, la norma mencionada anteriormente contiene el “**pliego técnico normativo RPTD N°08**” concerniente a la materia de protección contra incendios aplicable al diseño y construcción de centrales, subestaciones de transmisión y edificaciones que contienen en su interior instalaciones eléctricas. Este pliego técnico especifica las medidas de seguridad que se deben tomar para proteger casas de control y edificaciones, Para lo cual este pliego técnico se basa en los estándares internacionales de **National Fire Protection Association (NFPA)**, tales como:

- **NFPA 10 2013** (Portable Fire Extinguishers, 2013 Edition).
- **NFPA 12 2011** (Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems).
- **NFPA 25 2014** (Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems).
- **NFPA 72 2013** (National Fire Alarm and Signaling Code).
- **NFPA 2001 2012** (Clean Agent Fire Extinguishing Systems).
- **NFPA 850 2015** (Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Stations).
- **NFPA 92 2018** (Standard for Smoke Control Systems).

1.2.2. Alternativas específicas de protección disponibles para nuestro caso de análisis

De acuerdo con la problemática establecida en este estudio y los requerimientos específicos del pliego técnico normativo (RPTD N°08) con respecto a medidas de seguridad para casas de control y edificaciones, en su numeral 6.3 inciso C. establece de forma textual lo siguiente:

“En las centrales generadoras o subestaciones, se instalarán sistemas fijos de extinción de incendios, diseñados en base a normas **NFPA 12** (Carbon dioxide extinguishing systems) o **NFPA 2001** (Clean agent fire extinguishing systems), según corresponda”.

Así también en su numeral 6.4 establece lo siguiente “Los Sistemas de Detección y Alarma Contra Incendios, deberán cumplir con los requerimientos de **NFPA 72** (National Fire Alarm and Signaling Code)”.

En consecuencia, para poder cumplir con el objetivo de protección contra incendios exigido por normativa chilena vigente, deberemos primeramente evaluar cuál de las alternativas de extinción de incendios (NFPA 2001 o NFPA 12) es la más apropiada para nuestro caso, de acuerdo a los antecedentes específicos de nuestra casa de control y una evaluación comparativa de los tipos agentes extintores disponible, las cuales desarrollaremos más adelante.

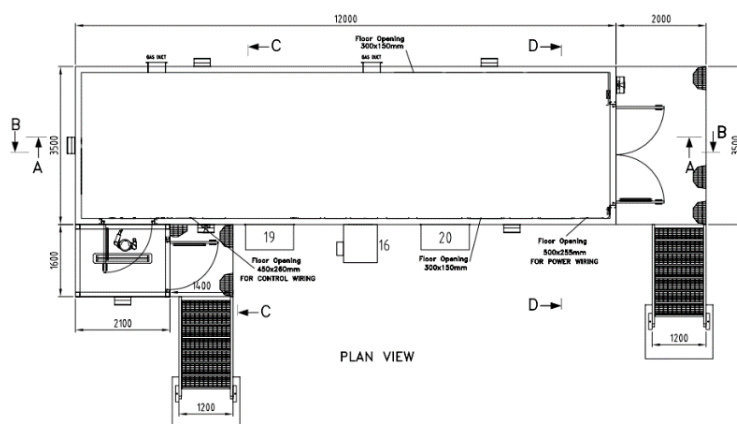
1.3. ANTECEDENTES NECESARIOS PARA DETERMINAR LAS ALTERNATIVAS CORRECTAS DE PROTECCIÓN

Para el correcto desarrollo de estas alternativas de protección contra incendios, es necesario conocer y evaluar la siguiente información específica de una casa de control o instalación que se desea proteger:

13.1. Planos de planta del cuarto de control

Como se muestra en la figura 1-1 estos planos nos permitirán conocer las dimensiones (a escala) del cuarto a proteger y los espacios dentro de éste, como así también algunas características específicas con el fin de proyectar adecuadamente los siguientes aspectos del sistema de protección contra incendios:

- Dimensiones del espacio a proteger.
- Longitudes horizontales necesarios de canalizaciones y cableados.
- Espaciamientos y ubicación de detectores de humo, fuego o calor según corresponda.
- Espaciamiento y ubicación de estaciones manuales de alarma.
- Espaciamiento y ubicación de aparatos de notificación de alarma.
- Ubicación de la unidad principal de control de alarmas.
- Ubicación y longitudes horizontales de cañerías del sistema de supresión de incendio.
- Volumen de sala para cálculo de agente extintor de incendios en inundación total
- Ubicación y dimensiones horizontales de puertas, ventanas y escotillas existentes.



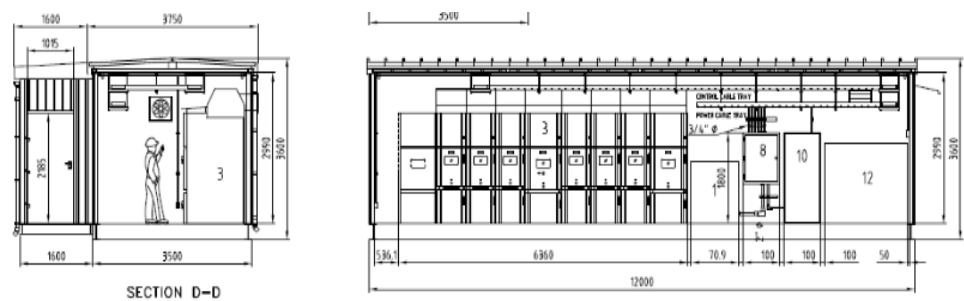
Fuente: abb.com

Figura 1-1. Ejemplo de plano de planta de un cuarto eléctrico

1.3.2. Plano de corte del cuarto

Como se muestra en la figura 1-2, son planos de proyección vertical de la estructura de una edificación, los cuales nos permitirán definir aspectos relevantes del sistema de protección contra incendios, tales como:

- Altura del espacio a proteger.
- Longitudes verticales necesarias de canalizaciones y cableados.
- Altura y ubicación de detectores de humo, fuego o calor según corresponda.
- Altura y ubicación de estaciones manuales de alarma.
- Altura y ubicación de aparatos de notificación de alarma.
- Ubicación y longitudes verticales de las cañerías del sistema de supresión de incendios.
- Volumen de sala para cálculo de agente extintor de incendios de inundación total.
- Conocer la existencia de pisos técnicos o cielos falso.
- Ubicación y dimensiones vertical de puertas, ventanas y escotillas.



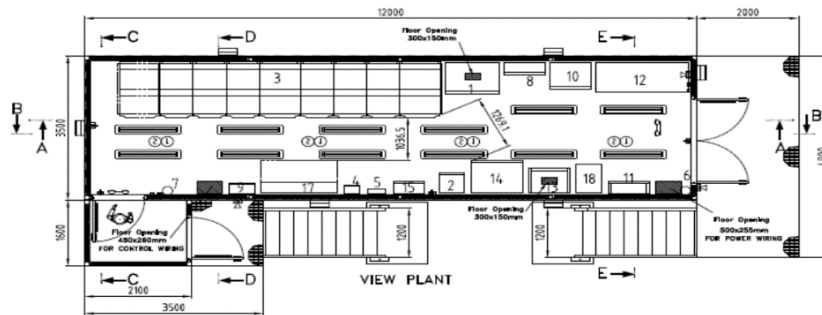
Fuente: abb.com

Figura 1-2. Ejemplo de plano de corte de un cuarto eléctrico

1.3.3. Layout de equipos dentro del cuarto

Como se muestra en la figura 1-3 estos nos ayudan a conocer la distribución específica de los sistemas y/o equipos dentro de un cuarto, con el fin de determinar algunas características particulares de este, tales como:

- Ubicación de equipos de manejo de aire.
- Ubicación de equipos sensibles de alto valor (detección de humo especial).
- Ubicación de equipos o sistemas especiales que presente otros riesgos.
- Ubicación de la unidad principal de control de alarmas.
- Ubicación de los cilindros del agente extintor gaseoso.



Fuente: abb.com

Figura 1-3. Ejemplo de layout de un cuarto eléctrico

1.3.4. Condiciones de operación del cuarto

Es importante conocer las condiciones en que el área a proteger opera normalmente de acuerdo con las especificaciones de funcionamiento de diseño, con el fin de proyectar un sistema de protección contra incendios compuesto por equipos y materiales adecuados para estas condiciones, tales como:

- Temperatura mínima y máximas interiores del espacio a proteger.
- Temperaturas mínimas y máximas exteriores.
- Humedad relativa interior de operación del espacio a proteger.
- Cantidad de recambios de aire del espacio a proteger.

1.3.5. Descripción de la actividad del cuarto

Es necesario conocer la actividad del cuarto ya que este puede albergar equipos eléctricos de fuerza, control y protección, equipos de comunicaciones, almacenamiento de energía en baterías, climatización, etc. Esta información nos permitirá conocer las actividades que normalmente se realizan en el cuarto, con el fin de conocer las siguientes características:

- Horas de operación del espacio a proteger.
- Tipo de ocupación del cuarto por parte personal (permanente, esporádica, etc.).
- Tipo y cantidad de salidas de emergencias.
- Procedimientos de seguridad generales y especiales.
- Clasificación del riesgo del espacio a proteger.
- Riegos de tipo eléctrico, químicos, explosión etc.

Por todo lo expuesto anteriormente se puede concluir que existe una gran cantidad de información que se debe conocer previamente antes de comenzar el proceso de diseño de un sistema de protección contra incendios para un cuarto de control o sala eléctrica. Así también las características particulares de cada cuarto nos ayudaran a determinar la opción correcta en el tipo de agente extintor de incendios, dentro de las posibilidades que nos brinda la norma chilena vigente.

1.4. ANTECEDENTES DE LA CASA DE CONTROL MOTIVO DE ESTE TRABAJO DE EVALUACIÓN

1.4.1. Características generales

La casa de control (figura 1-4) analizada en este trabajo, representa una instalación que alberga equipos de telecomunicación, potencia y control. Esta casa sirve como centro de control de motores para un apilador de carbón tipo radial (figura 1-5) que opera en las instalaciones de la planta de generación de energía eléctrica AES GENER, el cual es parte importante del abastecimiento de dos unidades de generación, de 350 (MW) de potencia bruta cada una, completando un total de 700 (MW) (fuente: infofirma.sea.gob.cl). Este sistema se encuentra ubicado en la localidad de Ventanas, comuna de Puchuncaví, región de Valparaíso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-4. Fotografía casa de control de apilador radial AES, Ventas



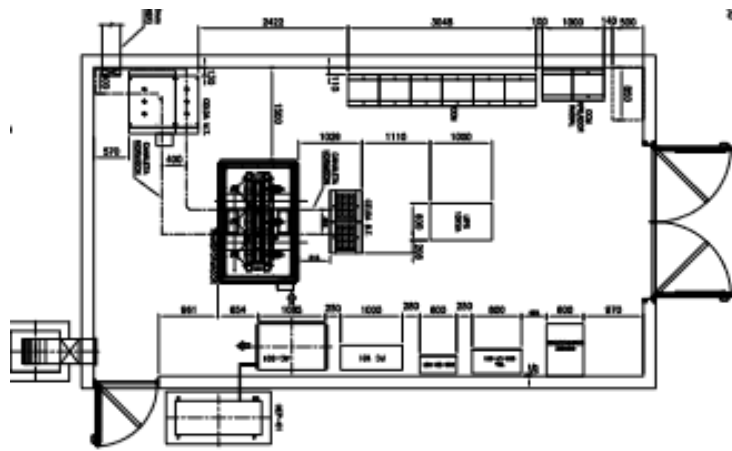
Fuente: celor.cl

Figura 1-5. Fotografía apiladora radial AES, Ventanas

1.4.2. Características constructivas de la casa de control

Esta casa de control, como se muestra en la figura 1-6 está conformada por una construcción rectangular de hormigón sólido a nivel de piso, con dimensiones de 9 metros de largo, 5 metros de ancho y 4 metros de alto. Además, cuenta con 2 accesos (frontal y lateral), correspondiente a una puerta batiente simple de 0,95 metros de ancho y 2,5 metros de alto y una puerta batiente de doble hoja de dimensiones 3,5 metros de ancho y 2,5 metros de alto respectivamente. Esta casa no cuenta con piso falso, ni cielo falso (figura 1-7).

- Un tablero de fuerza general.
- Una celda de media tensión.
- Un tablero de fuerza de apilador radial 380 V.
- Un transformador.
- Un equipo manejador de aire.
- Un centro de control de motores de apilador radial.
- U rack de equipos de telecomunicaciones (TI)
- Un cuadro de comando remoto del apilador radial.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-8. Layout disposición de equipos en casa de control de apilador radial

1.4.4. Condiciones de operación de la casa de control

La casa de control trabaja normalmente a una temperatura interior de 21 °C, con una humedad relativa del 60% (figura 1-9). Los cambios de aire dentro de la casa son de 10 a 30 cambios por hora, y la temperatura promedio en el exterior de esta casa de control son de aproximadamente 14 °C la mínima y aproximadamente 30 °C la máxima.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-9. Display del equipo de clima de casa de control de apilador radial

1.4.5. Descripción de la actividad de la casa de control (figura 1-10)

La casa de control de apilador radial opera normalmente en lapsos de tiempo no determinados, que depende de la llegada de los barcos que transportan el carbón hasta el puerto de Ventanas para su descarga. En el interior del cuarto de control normalmente no se encuentra personal presente de forma permanente, pero normalmente existen ingresos por partes de operadores y personal de mantenimiento para temas particulares. Además, los dos acceso descritos en el punto 4.1.2 son también salidas de emergencia dispuestas con sistemas de barra anti pánico, y no existen equipos u operaciones particulares considerados como riesgo de explosión.



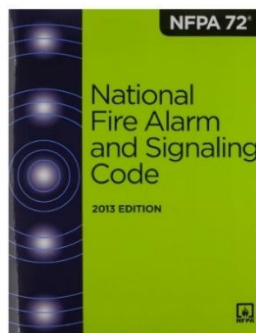
Fuente: Elaboración propia

Figura 1-10. Fotografía interior de casa de control de apilador radial

1.5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA PROTEGER LA CASA DE CONTROL DE APILADOR RADIAL

1.5.1. Alternativa para el diseño del sistema de detección y alarma de incendios

Dado que para proteger la casa de control analizada en nuestro caso la normativa chilena vigente sólo establece una alternativa posible, la opción correcta es diseñar un sistema de detección y alarma de incendios por medio de los requerimientos prescriptivos del estándar NFPA 72 (figura 1-11), el cual tiene como propósito definir los medios de iniciación, transmisión, notificación y anuncio de señales; los niveles de desempeño; y la fiabilidad de los distintos tipos de sistemas de alarma contra incendios, sistemas de alarma de estaciones de supervisión, sistemas públicos de notificación de alarmas de emergencia, alerta de incendios equipos, sistemas de comunicaciones de emergencia y sus componentes.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-11. Ejemplo de manual NFPA 72, edición 2013

1.5.2. Alternativa para el diseño del sistema de supresión de incendios

Dado que en este punto la normativa chilena vigente establece dos alternativas posibles para proteger la casa de control analizada, NFPA 2001 y NFPA 12, es necesario realizar un análisis más detallado con el fin de determinar cuál de estas dos opciones es la correcta para nuestro caso,

para lo cual realizaremos una descripción de los diferentes tipos de agentes extintores posibles en el mercado nacional y posteriormente una comparación cualitativa entre estos.

1.5.3. Norma NFPA 2001

Esta norma (figura 1-12) contiene los requisitos mínimos para los sistemas de extinción de incendios por inundación total que utilizan sustancias extintoras gaseosas, no conductoras de la electricidad, que no dejan residuos en el combustible incendiado tras su evaporación y que además no son dañinos para el ser humano en las concentraciones establecidas por NFPA.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-12. Ejemplo de manual NFPA 2001, edición 2012

La siguiente tabla (1-1) resume los agentes limpios de supresión de incendios actualmente disponibles incluidos en la norma NFPA 2001:

Tabla 1-1. Resumen de agentes limpios contenidos en NFPA 2001

Designación del agente	Nombre Químico	Nombre comercial
FK-5-1-12	Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one	Novec 1230
HCFC mezcla A	Dichlorotrifluoroethane HCFC-123 (4.75%)	NAF-S-III
	Chlorodifluoromethane HCFC-22 (82%)	
	Chlorotetrafluoroethane HCFC-124 (9.5%)	
	Isopropenyl-1-methylcyclohexene (3.75%)	
HCFC-124	Chlorotetrafluoroethane	FE-24
HFC-125	Pentafluoroethane	FE-25
HFC-227ea	Heptafluoropropane	FM-200
HFC-23	Trifluoromethane	FE-13
HFC-236fa	Hexafluoropropane	FE-36
FIC-1311	Trifluoriodide	Triodide
IG-01	Argon	Argonfire
IG-100	Nitrogen	NN100
IG-541	Nitrogen (52%)	Inergen
	Argon (40%)	
	Carbon dioxide (8%)	
IG-55	Nitrogen (50%)	Argonite
	Argon (50%)	
HCFC mezcla B	Tetrafluoroethane (86%)	Halotron II
	Pentafluoroethane (9%)	
	Carbon dioxide (5%)	

Fuente: contraincendio.com.ve

De los cuales los principales agentes extintores que se encuentran en el mercado nacional son:

- HFC-227ea (FM-200)
- FK-5-1-12 (Novec-1230)
- IG-541 (Inergen)

1.5.3.1. Agente extintor gaseoso HFC-227ea (FM-200)

El FM 200 también llamado Heptafluoropropano, HFC-227ea, o HFC-227 se trata de un gas incoloro, no conductor de la electricidad y casi inodoro. Es muy eficiente para la extinción de incendios de tipo A, B y C. Este gas contra incendios se envasa en estado líquido en cilindros metálicos de alta presión (figura 1-13) lo que reduce considerablemente el espacio para almacenarlo. Al ser un gas invade todo el espacio. La descarga se realiza en un tiempo máximo de

10 segundos y lo que hace es romper la reacción en cadena del fuego enfriando el oxígeno principalmente y disminuyendo el oxígeno apagando los incendios inmediatamente.

Las grandes ventajas de este gas son su rápida acción contra incendios. Al ser un gas no daña los materiales existentes (no daña ordenadores, ni documentación, ni equipos eléctricos o electrónicos). Es un gas no tóxico, por lo que puede usarse en presencia humana sin problemas.



Fuente: mcc-fs.com

Figura 1-13. Cilindros de FM 200

1.5.3.2. Agente extintor gaseoso FK-5-1-12 (Novec-1230).

Es un agente extintor de incendios que apaga el fuego en tan solo 10 segundos y no deja residuos. es amigable para el ambiente, es limpio (no deja polvo, ni aceites, ni humedad), no conduce la electricidad y no es dañino para las personas. Se envasa en cilindros metálicos de alta presión (figura 1-14) y es ideal para protección de equipamiento electrónico y eléctrico (inclusive bajo tensión). El Novec-1230 tienen un potencial de calentamiento global ínfimo.



Fuente: zensitec.com

Figura 1-14. Cilindros de Novec 1230

1.5.3.3. Agente extintor gaseoso IG-541 (Inergen).

Un agente de extinción de fuego que no daña el medioambiente no es tóxico, y está hecho a base de gas natural (nitrógeno, argón y dióxido de carbono). Se envasa en cilindros metálicos de alta presión (figura 1-15) y se ha utilizado de forma extensiva en todo el mundo como agente gaseoso de extinción de fuego, es absolutamente segura para las personas.



Fuente: zensitec.com

Figura 1-15. Cilindros de Inergen

1.5.4. Nueva ley de reducción para agentes FM-200 y ECARO-25

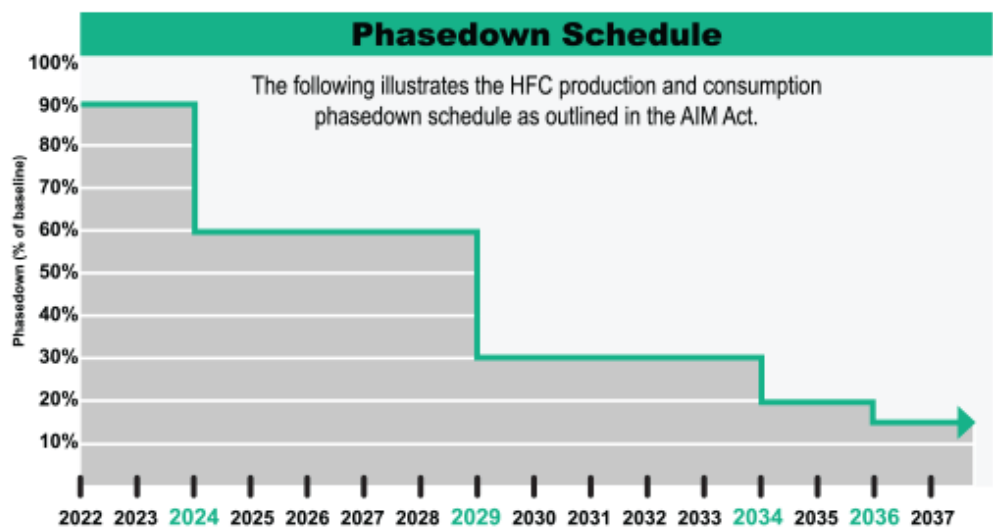
El 27 de diciembre de 2020, se promulgó la American Innovación and Manufacturing (AIM), legislación que busca la regulación de los hidrofluorocarbonos ó HFCs. Con ello se reducirá gradualmente la producción de algunos HFCs listados.

Esta nueva legislación afectará directamente al FM200 y Ecaro25, dos de los Agentes Limpios más comunes en el mercado, utilizados en un gran número de Centros de Datos, instalaciones eléctricas y otras instalaciones críticas.

La reducción gradual en la producción de estos de gases comenzó el 1 de enero de 2022 (grafico 1-3), y afectará principalmente a FM-200 (HFC-227ea) y ECARO-25 (HFC-125). Es importante saber que esto es una reducción gradual y no una eliminación gradual. No es una

eliminación completa de los productos químicos HFC, pero afectará la disponibilidad y el precio de los gases HFC.

La normativa comenzó con una reducción inicial del 10% . Por lo que la industria de la extinción de incendios ya se ha estado moviendo activamente hacia ese objetivo, lo que resulta en un aumento de costos del FM-200 (HFC-227ea) del 500-800%. También se espera que los precios del ICARO-25 (HFC-125) aumenten casi un 50%.



Fuente: orrprotection.com

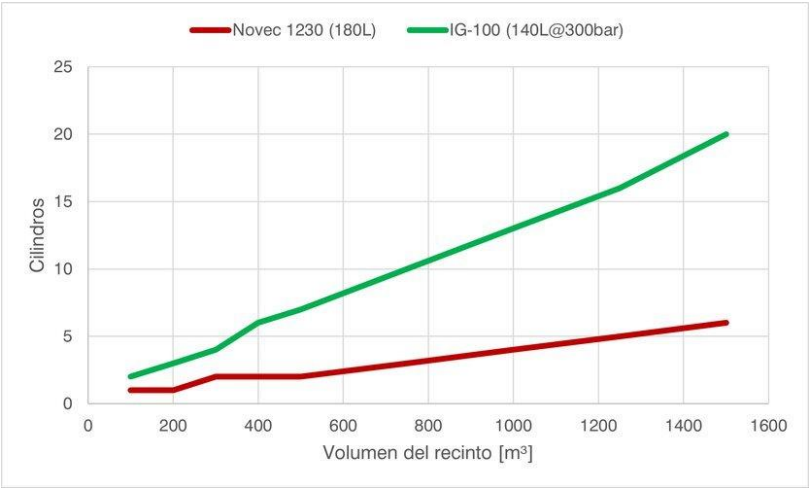
Gráfico 1-3. Reducción gradual de la producción de los agentes Fm-200 y Ecaro-25 hasta el año 2037

1.5.5. Comparación entre agente extintor gaseoso Inergen y Novec 1230

Son agentes con formas de actuar y de ser instalados muy diferentes entre sí. Una de sus pocas similitudes es que ambos son agentes limpios considerados por la NFPA 2001. Por lo tanto, ni dejan residuos luego de ser aplicados, ni son dañinos para el ser humano en las concentraciones empleadas. El Novec 1230 no daña la capa de ozono, y tiene un potencial de calentamiento global

prácticamente idéntico al del CO2 (casi cero). Por lo tanto, es apenas un poco menos inocuo que los gases inertes.

Las instalaciones de Novec 1230 presentan varias diferencias con respecto a las realizadas con cualquier gas inerte. En primer lugar, el espacio requerido para la instalación de cilindros de Novec 1230 es sensiblemente menor que con el inerte (grafico 1-4). La NFPA 2001 hace pequeñas, pero reiteradas diferenciaciones entre los agentes halocarbonados y los gases inertes. Entre otras, para los inertes se pide verificar que la cantidad de oxígeno remanente sea suficiente para la sobrevivencia de personas. Este problema no existe en el Novec 1230, porque no extingue por dilución de la concentración de O2. Por el otro lado, el Novec 1230 está sujeto a descomposición térmica, efecto inexistente en los inertes.



Fuente: zensitec.com

Gráfico 1-4. Comparación de cantidad de cilindros de Inergen v/s Novec

1.6. **NORMA NFPA 12**

Esta norma (figura 1-16) detalla la información para la compra, diseño, instalación, prueba, inspección, aprobación, listado, operación o mantenimiento de los sistemas de extinción de incendios con dióxido de carbono. Además, aborda los riesgos para el personal de los sistemas de extinción de incendios por Co2, estipulando que se debe considerar la posibilidad de que el dióxido

de carbono se desplace y se instale en espacios adyacentes fuera de un espacio protegido, así como preocupaciones adicionales. El mecanismo del extintor CO₂ funciona a través del dióxido de carbono almacenado a alta presión que ahoga la llama bajando la temperatura y eliminando el oxígeno existente en el fuego.



Fuente: catalog.nfpa.org

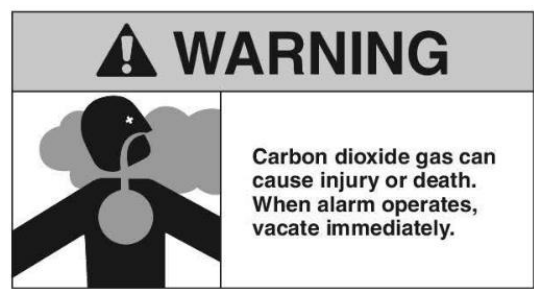
Figura 1-16. Manual NFPA 12, edición 2011

1.6.1. Los peligros del dióxido de carbono (Co₂)

El Co₂ consiste en un gas tóxico (figura 1-17) para el ser humano, una concentración mayor al 9% de Co₂ en el aire puede provocar inconsciencia. En un incendio hay tener en cuenta que el fuego consume oxígeno y se puede dar lugar a una rápida asfixia. Así lo demuestra un informe de 2003, patrocinado por la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos, que reveló que, entre 1975 y 1999, se produjeron más de 100 muertes y 150 lesiones a causa de los sistemas de extinción de incendios por Co₂, la mayoría de las cuales fueron consecuencia de alarmas accidentales o falsas (fuente: 3mchile.cl).

Según NFPA 12, numeral 4.1.1 edición 2018 “una persona expuesta a grandes concentraciones de CO₂ puede sufrir las siguientes consecuencias”:

- Incremento en la frecuencia respiratoria.
- Taquicardia.
- Arritmias cardíacas.
- Pérdida de la conciencia.
- Convulsiones.



Fuente: FPPA 12, edición 2018

Figura 1-17. Cartel informativo de NFPA 12 en áreas protegidas con Co2

1.7. **COMPARACIÓN CUALITATIVA ENTRE POSIBLES AGENTES EXTINTORES DISPONIBLES**

La siguiente tabla (1-2) muestra una comparación cualitativa entre los agentes extintores gaseosos más factibles de encontrar en el mercado chileno.

Tabla 1-2. Comparativa entre agentes extintores gaseosos

COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS DE AGENTES DE EXTINCION GASEOSOS				
Características	Inergen	CO2	Novec	FM-200
Descripción	El Inergen es un agente extintor natural, compuesto por una mezcla de gases atmosféricos, (52% de Nitrógeno, 42% de Argón y 8% de CO2)	Es un agente natural de origen nacional, existente en la atmósfera y sub producto de reacciones metabólicas y químicas.	Producto químico sintético de origen importado tipo fluoroketona	Producto químico sintético fluoro-carbonado
	Es un agente limpio que no deja residuos.	Es un agente limpio que no deja residuos.	Es un agente limpio que no deja residuos.	Es un agente limpio que no deja residuos.
	Por ser gas, penetra y se esparce por toda el área a proteger.	Por ser gas, penetra y se esparce por toda el área a proteger.	Por ser gas, penetra y se esparce por toda el área a proteger.	Por ser gas, penetra y se esparce por toda el área a proteger.
	No conduce la electricidad y se utiliza en equipo eléctrico conectado.	No conduce la electricidad y se utiliza en equipo eléctrico conectado.	No conduce la electricidad y se utiliza en equipo eléctrico conectado.	No conduce la electricidad y se utiliza en equipo eléctrico conectado.
	Puede utilizarse efectivamente con muchos materiales combustibles.	Puede utilizarse efectivamente con muchos materiales combustibles	Puede utilizarse efectivamente con muchos materiales combustibles	Puede utilizarse efectivamente con muchos materiales combustibles
Efectos Adversos sobre Personas	No produce efectos adversos en personas a concentraciones de diseño	Cualquier uso de CO2 en un área ocupada debe contemplar la rápida evacuación del personal y la aplicación de técnicas de resucitación a cualquier persona que haya sido atrapada en el área. Retardos de tiempo en la descarga, entrenamiento, señalización y aparatos de respiración deben ser provistos.	No produce efectos adversos en personas a concentraciones de diseño	No produce efectos adversos en personas a concentraciones de diseño
Choque Térmico	Por ser un producto que se almacena en forma gaseosa, al descargarse no hay paso del estado líquido al gaseoso y por tanto, la absorción de calor es pequeña	Se trata de un producto que se almacena licuado, por lo que al descargarse, pasa del estado líquido al gaseoso, produciendo gran cantidad de absorción de calor, lo cual no es bueno para los equipos electrónicos.	Se trata de un producto que se almacena licuado, por lo que al descargarse, pasa del estado líquido al gaseoso, produciendo gran cantidad de absorción de calor, lo cual no es bueno para los equipos electrónicos.	Se trata de un producto que se almacena licuado, por lo que al descargarse, pasa del estado líquido al gaseoso, produciendo gran cantidad de absorción de calor, lo cual no es bueno para los equipos electrónicos.
Sub Productos de Descomposición	No genera ni productos tóxicos ni corrosivos al descomponerse por el calor	No genera ni productos tóxicos ni corrosivos al descomponerse por el calor	Genera productos corrosivos y tóxicos al descomponerse por el calor, tales como HF	Genera productos corrosivos y tóxicos al descomponerse por el calor, tales como HF

Impacto Ambiental.	No daña la capa de Ozono. No produce ningún tipo de impacto ambiental. Al descargarse el agente, sus componentes reasumen su papel en la atmósfera.	No daña la capa de Ozono. Es un gas de efecto Invernadero. Sin embargo, si se toma en cuenta la cantidad de CO2 que se descarga de Sistemas contra Incendio, su efecto es despreciable.	No daña la capa de Ozono. Hasta ahora se desconoce si es capaz de producir algún otro efecto en la atmósfera. Su vida atmosférica es muy corta. 5 días aproximadamente, con lo cual, el potencial de daño ambiental, de producirlo, sería muy pequeño	No daña la capa de Ozono. Hasta ahora se desconoce si es capaz de producir algún otro efecto en la atmósfera. Su vida atmosférica es de 35 años aproximadamente, con lo cual, el potencial de daño ambiental, de producirlo, pudeiera ser extenso.
Uso y Aplicación	Los sistemas de extinción con Inergen, son la alternativa mas confiable. Si se utilizan particularmente para la extinción de fuegos en riesgos donde un medio eléctricamente no conductivo, es esencial o deseable; donde el área esté normalmente ocupada por personal y donde se requiera un agente limpio, que no deje residuos luego de ser liberado.	Los sistemas de extinción con CO2 se utilizan particularmente para la extinción de fuegos en riesgos donde un medio eléctricamente no conductivo, es esencial o deseable; o donde el área no está normalmente ocupada por personal. donde el área esté normalmente ocupada por personal y donde se requiera un agente limpio, que no deje residuos luego de ser liberado.	Los sistemas de extinción con Sapphire (Novec 1230), pueden utilizarse para la extinción de fuegos en riesgos donde un medio eléctricamente no conductivo, es esencial o deseable; donde el área esté normalmente ocupada por personal y donde se requiera un agente limpio, que no deje residuos luego de ser liberado.	Los sistemas de extinción con FM-200, pueden utilizarse para la extinción de fuegos en riesgos donde un medio eléctricamente no conductivo, es esencial o deseable; donde el área esté normalmente ocupada por personal y donde se requiera un agente limpio, que no deje residuos luego de ser liberado.
Sitios de Aplicación	Salas de Computación,Pisos Falsos, Cintotecas. Equipos de Telecomunicaciones. Bóvedas. Salas Eléctricas. Equipos de Proceso. Toda Area Normalmente Ocupada o con Equipos Electrónicos Sensibles.	Prensas tipográficas, Bóvedas, Fosas abiertas y cerradas, Tanques de inmersión en químicos inflamables, Cabinas de pintura, Salas eléctricas, Hornos, Salas de motores, Equipos de proceso, Campanas y ductos, Areas de almacenamiento de gases y líquidos combustibles, Generadores eléctricos	Salas de Computación,Pisos Falsos, Cintotecas. Equipos de Telecomunicaciones. Bóvedas. Salas Eléctricas. Equipos de Proceso. Toda Area con Equipos Electrónicos Sensibles.	Salas de Computación,Pisos Falsos, Cintotecas. Equipos de Telecomunicaciones. Bóvedas. Salas Eléctricas. Equipos de Proceso. Toda Area con Equipos Electrónicos Sensibles.
	Toda Area Normalmente Ocupada o con Equipos Electrónicos Sensibles.	Toda Area No Ocupable o con Equipos Eléctricos Sensibles. Si el área es Ocupable, se deben disponer de consideraciones de Seguridad para el personal.	Toda Area Normalmente Ocupada o con Equipos Electrónicos Sensibles.	Toda Area Normalmente Ocupada o con Equipos Electrónicos Sensibles.

Fuente: Elaboración Propia (Curso Co2 y agentes limpios, Invertec 2021)

1.8. CONCLUSIONES Y DETERMINACIÓN DEL AGENTE EXTINTOR A UTILIZAR EN NUESTRA CASA DE CONTROL

Primero, dados los riesgos que presenta para la vida de los seres humanos el agente extintor basado en dióxido de carbono (NFPA 12) y las características particulares de ocupación de la casa de control de apilador radial, donde se esperara que ingrese personal de operaciones o mantenimiento de forma recurrente, no sería seguro emplear este tipo de agente gaseoso.

Por este motivo el diseño del sistema de protección contra incendios se debe basar únicamente en los requerimientos prescriptivos del estándar NFPA 2001 la cual contiene los requisitos mínimos para los sistemas de extinción por inundación total que utilizan agentes limpios.

Por último, dado el análisis realizado a toda la información presentada de los diferentes agentes limpios posibles contenidos en el estándar NFPA 2001, se determina que el agente extintor más adecuado para ser utilizado en el sistema que se desea implementar es el agente gaseoso Novec -1230. Dado que cumple con las características principales necesarias para protección contra incendios en la casa de control de nuestro caso, tales como:

- No es toxico para los seres humanos.
- No es conductor de electricidad.
- No deja residuos.
- Es compatible con el medio ambiente.
- Requiere menos espacio y cilindros en comparación con el agente gaseoso Inergen.
- Posee un potencial nulo de destrucción de la capa de ozono.
- Posee un potencial de calentamiento global de menos de 1.
- Se encuentra disponible en el mercado nacional.
- Es fácilmente recargable por un proveedor nacional.
- No se encuentra dentro de la nueva ley de reducción de agentes tipo HFC.

CAPÍTULO 2: ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMA DE DETECCIÓN Y
SUPRESIÓN DE INCENDIOS

2. ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMA DE DETECCIÓN Y SUPRESIÓN DE INCENDIOS

2.1. TEORÍA DEL FUEGO

El fuego es un fenómeno químico resultado de la interacción de cuatro componentes fundamentales que integran el denominado tetraedro del fuego, figura 2-1. Estos son:

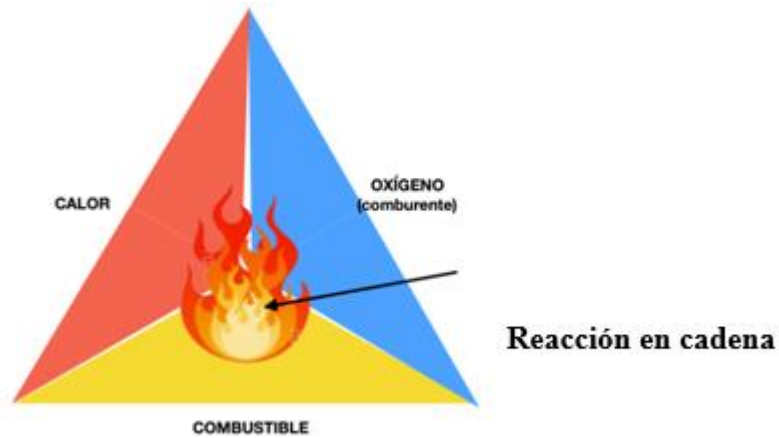
- a) El combustible.
- b) El comburente (O₂).
- c) Alta temperatura.
- d) Reacción en cadena.

a) Combustible se denomina al objeto que se quema, es decir, aquél que como resultado del fenómeno del fuego transforma su estructura molecular y, por lo tanto, sus características químicas originales.

b) Comburente es el oxígeno (O₂) presente en la atmósfera para su crecimiento. Esto debido a que el proceso químico de transformación molecular y de generación de energía (luz y calor) precisa la oxidación de los elementos que integran al combustible.

c) La alta Temperatura está presente antes del inicio de la combustión, es decir, es el detonante, al proveer la atmósfera ideal para su origen y, además, ser junto con la luz el resultado del fenómeno del fuego.

d) Reacción en Cadena se denomina a la interacción de los componentes antes descritos que da como resultado el inicio de la combustión y el potencial origen del fuego sin control.



Fuente: Manual los agentes extintores 2ª edición. Abril 2020

Figura 2-1. Reacción en cadena del fuego

2.1.1. Clasificación del fuego

Como se muestra en la figura 2-2, en general, el fuego se clasifica de acuerdo al elemento combustible que los alimenta, como se menciona a continuación:

- CLASE A: Telas, maderas, fibras, papel, cartón, plásticos, etc.
- CLASE B: Líquidos inflamables como gasolina, petróleo, diésel, etc.
- CLASE C: De origen eléctrico como sobrecargas eléctricas, cortos circuitos.
- CLASE D: Cuando durante la combustión el elemento combustible es capaz de generar su propio oxígeno para continuar con el fenómeno del fuego, como, ácidos, alcoholes, gases, etc.
- CLASE K: Grasas vegetales y animales resultado de la cocción de alimentos.

MATERIALES SÓLIDOS	LIQUIDOS COMBUSTIBLE INFLAMABLE Y GRASAS	MATERIAL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	METAL COMBUSTIBLES	GRASAS Y ACEITES VEGETALES
Son los fuegos que surgen en materiales combustibles ordinarios o materiales fibrosos, cuya combustión presenta la formación de brasas como: madera, papel, derivado de celulosa, telas, fibras, hule, gomas y plásticos similares.	Son los fuegos que surgen en materiales combustibles derivados de los hidrocarburos, líquidos y gases inflamables como son: aceites, grasas, gasolina, pinturas, ceras, lacas, alquitrón, butano, propano e hidrogeno, entre otros.	Son fuegos que surgen de equipos eléctricos energizados, como son: interruptores, caja de fusibles, aparatos electrodomésticos, entre otros.	Son los tipos de incendio que se declaran en los metales combustibles tales como magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio, etc. A este tipo de incendio no debe arrojarse agua, ya que provoca explosiones.	Son los tipos de incendio que se declaran en los metales combustibles tales como magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio, etc. A este tipo de incendio no debe arrojarse agua, ya que provoca explosiones.
				

Fuente: Manual los agentes extintores 2ª edición. Abril 2020

Figura 2-2. Clasificación del fuego según materiales

2.1.2. Teoría de la extinción del fuego

Como muestra la figura 2-3 los agentes extintores tienen como objetivo atacar uno o más de los cuatro componentes del tetraedro del fuego, por lo tanto, la falta o eliminación de uno de los elementos que intervienen en la combustión (combustible, comburente, energía de activación y reacción en cadena), daría lugar a la extinción del fuego. Por lo tanto, según el elemento que se elimine, aparecerán distintos mecanismos de extinción, tales como:

2.1.2.1. Sofocación o inertización

Se llama así al hecho de eliminar el oxígeno de la combustión o, más técnicamente, "impedir" que los vapores que se desprenden a una determinada temperatura para cada materia, se pongan en contacto con el oxígeno del aire. Este efecto se consigue desplazando el oxígeno por medio de una determinada concentración de gas inerte, o bien cubriendo la superficie en llamas con alguna sustancia o elemento incombustible.

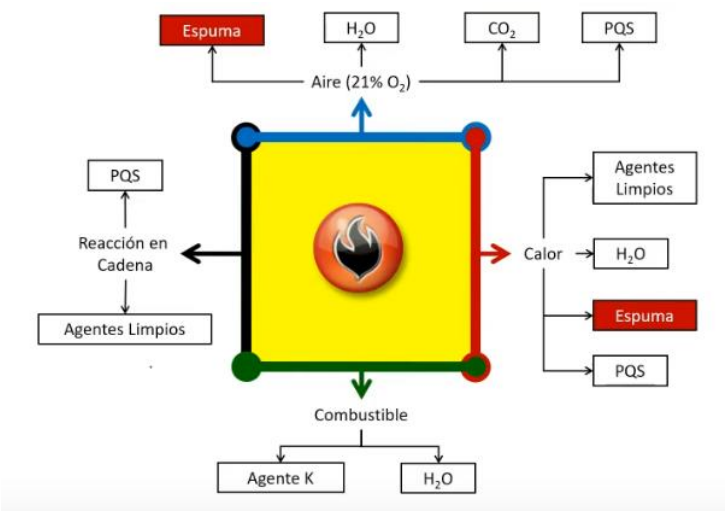
2.1.2.2. Enfriamiento

Este mecanismo consiste en reducir la temperatura del combustible. El fuego se apagará cuando la superficie del material incendiado se enfríe a un punto en que no deje escapar suficientes vapores para mantener una mezcla o rango de combustión en la zona del fuego. Por lo tanto, para apagar un fuego por enfriamiento, se necesita un agente extintor que tenga una gran capacidad para absorber el calor.

2.1.2.3. Dilución o desalimentación: Es la retirada o eliminación del elemento combustible.

2.1.2.4. Inhibición o rotura de la reacción en cadena

Consiste en impedir la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, interponiendo elementos catalizadores entre ellas. como ejemplo tenemos la utilización de compuestos químicos que reaccionan con los distintos componentes de los vapores combustibles neutralizándolos, como por ejemplo polvos químicos y halones.



Fuente: Manual los agentes extintores 2ª edición. Abril 2020

Figura 2-3. Extinción del fuego según el agente extintor

2.2. AGENTE EXTINTOR GASEOSO NOVEC-1230

Según el análisis realizado en el capítulo 1 donde se determinó que el agente extintor más apropiado para nuestro caso será el Novec 1230 (FK-5-1-12), que es un agente de supresión de incendios por vía gaseosa, que, diseñado e instalado adecuadamente (según normas), puede extinguir incendios de riesgo de clase A, B y C.

El fluido Novec 1230 está incluido en la NFPA 2001, norma sobre sistemas de extinción de incendios con agentes limpios, y en la ISO 14520, sistemas de extinción de incendios con medios gaseosos. En cada norma, se hace referencia a él con la nomenclatura FK-5-1-12 de ASHRAE.

Novec 1230 extingue principalmente eliminando el calor del fuego. Al descargarse, el fluido crea una mezcla gaseosa con el aire. Esta mezcla de agente y aire tiene una capacidad calorífica mucho mayor que la del aire solo. Una mayor capacidad térmica significa que esta mezcla gaseosa absorberá más energía (calor) por cada grado de cambio de temperatura que experimente. La concentración de diseño del sistema, la mezcla de agente/aire absorbe suficiente calor para alterar las condiciones necesarias para que se produzca la combustión.

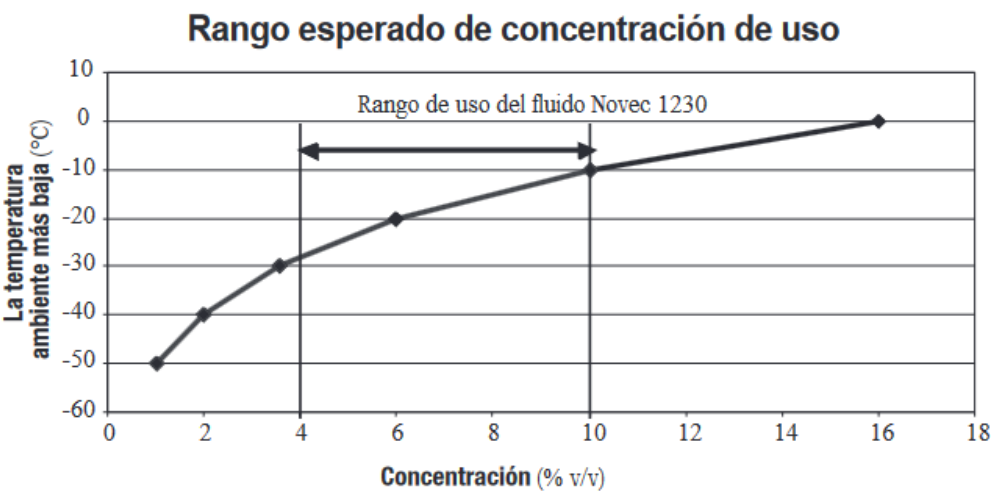
La cantidad de calor que el fuego pierde hacia el entorno se ve incrementada por la presencia del agente. Esto hace que la zona de combustión se enfríe hasta el punto en que el fuego se extinga. El fluido Novec 1230 tiene la mayor capacidad calorífica de las alternativas de halón disponibles en el mercado, lo que da lugar a las menores concentraciones de extinción para un determinado combustible.

En estado natural el NOVEC 1230 se encuentra en estado líquido, pero al ser descargado por las boquillas de descarga cambia su estado a gas, se debe principalmente a que se evapora 50 veces más rápido que el agua.

2.2.1. Limitaciones del sistema con agente limpio Novec 1230

- Temperatura de operación: 0 C a 54 C
- Tiempo de descarga: máximo 10 segundos, mínimo 6 segundos
- Mínima presión en boquilla: 73 psi
- La máxima altura de instalación para boquillas es de 4.3 metros del nivel del piso, por encima de esta altura se debe colocar filas adicionales de boquillas.
- Las boquillas deben ser instaladas a una distancia de máximo 0.3 metros por debajo del nivel del techo, posicionadas verticalmente.

Como se muestra en el grafico 2-1 el fluido Novec 1230 es capaz de vaporizar eficazmente sobre el rango esperado de concentraciones de diseño a muy bajas temperaturas ambiente.



Fuente: Hoja de datos técnicos 3M.

Gráfico 2-1. Gráfica de vaporización de Novec 1230

2.3. ANÁLISIS DE RIESGO DE INCENDIO EN SALA DE CONTROL DE APILADOR RADIAL

En este tipo de salas el riesgo de incendio es alto debido a la gran concentración de energía. El riesgo en estas instalaciones es el tipo de fuego de combustión lenta por cortocircuitos o defectos técnicos que se detecta una vez se ha producido el daño.

La sala de control, caso de estudio de este trabajo, contiene mayoritariamente tableros con equipo eléctricos y equipos de control, canalizaciones y bandejas porta conductores, entre otros; por lo que los tipos de fuegos esperados ante un evento de un incendio será en su mayoría de clase C y clase A, el cual producirá grandes cantidades de partículas de humo con poco desprendimiento de calor.

Las posibles causas de incendios son:

- Corto circuito
- Sobre carga
- Sobre tensiones
- Arco eléctrico
- Descarga electroestática
- Impacto directo de rayo
- Fuentes caloríficas
- Falta de ventilación
- Fallo de aislamiento
- Daño mecánico
- Incendios producidos por descuidos

Como podemos observar, los incendios en una sala eléctrica de control tienen diferentes causas. Debido a esto, el sistema de protección activo contra incendios estará enfocado en la

detección y supresión temprana del fuego con el propósito de evitar daños a los activos, como así también minimizar los tiempos de detención del servicio.

2.4. **CRITERIOS DE DISEÑO PARA SUPRESIÓN DE INCENDIOS POR NOVEC 1230**
SEGÚN NFPA 2001

2.4.1. Concentración mínima de diseño

La concentración mínima de diseño (tabla 2-1) definida por la NFPA2001, estará de acuerdo con el tipo de fuego esperado (A, B o C) y el tipo de agente extintor gaseoso utilizado. Para nuestro caso, en el cual se identificó un fuego clase C, y un agente extintor FK-5-1-12, la concentración de diseño será de 4.5 %.

Tabla 2-1. A.7.2.2.3 (b) concentración de Novec 1230 según clase de fuego

Table A.7.2.2.3(b) Class A Flame Extinguishing and Minimum Design Concentrations Tested to UL 2166 and UL 2127			
Agent	Class A MEC	Class A Minimum Design Concentration	Class C Minimum Design Concentration
FK-5-1-12	3.3	4.5	4.5
HFC-125	6.7	8.7	9.0
HFC-227ea	5.2	6.7	7.0
HFC-23	15.0	18.0	20.3
IG-541	28.5	34.2	38.5
IG-55	31.6	37.9	42.7
IG-100	31.0	37.2	41.9

Fuente: NFPA 2001 edición 2022

2.4.2. Determinación de la mínima cantidad de agente NOVEC 1230 requerida

La cantidad de agente halocarbonados necesaria para lograr la concentración de diseño se calculará a partir de la siguiente ecuación (figura 2-4) dispuesta por NFPA 2001.

$$W = \frac{V}{s} \left(\frac{C}{100 - C} \right)$$

where:
 W = quantity of clean agent [lb (kg)]
 V = net volume of hazard, calculated as the gross volume minus the volume of fixed structures impervious to clean agent vapor [ft³ (m³)]
 C = agent design concentration (vol %)
 s = specific volume of the superheated agent vapor at 1 atm and the minimum anticipated temperature [°F (°C)] of the protected volume [ft³/lb (m³/kg)]

Fuente: NFPA 2001 edición 2022

Figura 2-4. Ecuación 7.3.1 para cálculo de agente halocarbonados

2.4.3. Determinación de la cantidad de agente Novec 1230

Datos:

- Volumen de sala de control = 180 m³
- Concentración mínima de diseño = 4,5%
- Temperatura mínima esperada = 17 °C
- Volumen específico del vapor sobrecalentado a 1 atmósfera y a la temperatura mínima prevista del volumen protegido) = 0,0664 + (0.0002741 * t °C) = 0,0664 + (0.0002741 * 17) = 0,0710597 m³/kg

Peso de agente = (180 m³ / 0,0710597 m³/kg) * (4,5% / (100 - 4,5%)) = **119,359 kg.**

2.4.4. Determinación de la cantidad de agente Novec 1230 corregido por altura

NFPA 2001 establece que la cantidad del agente limpio se ajustará de acuerdo con Tabla 7.3.3.3 (tabla 2-2) para compensar presiones ambientales que varían más del 11 por ciento equivalente a aproximadamente 915 m de cambio de elevación de las presiones estándar al nivel del mar.

Tabla 2-2. Factor de corrección atmosférica para cálculo de agente halocarbonados

Table 7.3.3.3 Atmospheric Correction Factors				
Equivalent Altitude		Enclosure Pressure (Absolute)		Atmospheric Correction Factor
ft	km	psi	mm Hg	
-3,000	-0.92	16.25	840	1.11
-2,000	-0.61	15.71	812	1.07
-1,000	-0.30	15.23	787	1.04
0	0.00	14.70	760	1.00
1,000	0.30	14.18	733	0.96
2,000	0.61	13.64	705	0.93
3,000	0.91	13.12	678	0.89
4,000	1.22	12.58	650	0.86
5,000	1.52	12.04	622	0.82
6,000	1.83	11.53	596	0.78
7,000	2.13	11.03	570	0.75
8,000	2.45	10.64	550	0.72
9,000	2.74	10.22	528	0.69
10,000	3.05	9.77	505	0.66

Fuente: NFPA 2001 edición 2022

La altura sobre el nivel del mar de Puchuncavi (ubicación de nuestra sala de control) es de 32 metros sobre el nivel del mar, por lo tanto, el factor de corrección por altitud es de 1,00.

Peso Novec 1230 = 119,359 kg. * 1,00 = **119,359 kg. = 263.141 lb.**

2.4.5. Determinación de la cantidad y capacidad de los tanques requeridos de Novec 1230

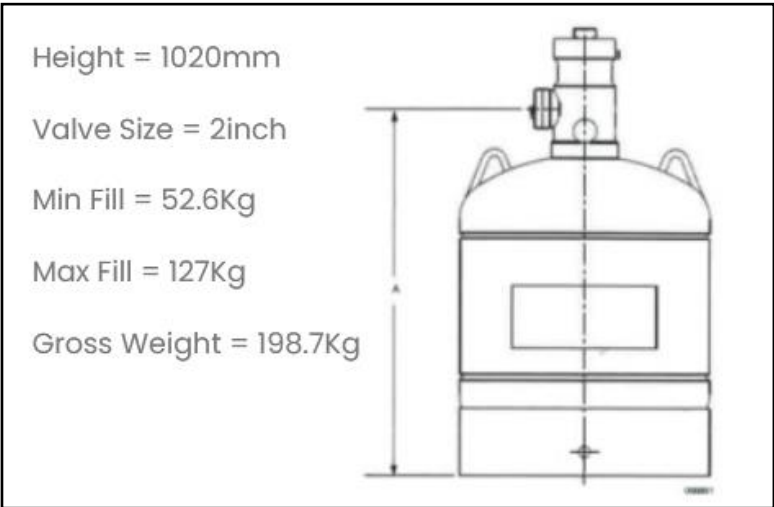
Como en nuestra casa de control sólo existe un área a proteger, la cual no cuenta con piso técnico y tampoco cuenta con cielo falso, y la cantidad mínima requerida es de 263.141 lb. según la tabla 2-3 y la figura 2-5 un sólo tanque es requerido.

Tabla 2-3. Tamaños estandarizados para Novec 1230

Nominal Tank Size	Min.-Max. Fill Weight
20 lb	9-12 lb
50 lb	18-42 lb
90 lb	36-84 lb
140 lb	58-137 lb
280 lb	117-280 lb
390 lb	163-388 lb
450 lb	199-459 lb
850 lb	379-851 lb

Fuente: Manual Johnson Controls

Peso Novec 1230 requerido = 263.141 lb. requiere un cilindro de 280 lb



Fuente: Manual Johnson Controls.

Figura 2-5. Típico cilindro de Novec 1230

2.4.6. Determinación de la concentración de diseño a temperatura máxima en el área

NFPA 2001 establece que la concentración de agentes limpios basados en halocarbonados que se obtendrá en el recinto protegido, deberá calcularse a las temperaturas de diseño máximas y mínimas a partir de la ecuación mostrada en la figura 2-6, con el fin de asegurar que no existirá una sobre concentración en el área causada por el incremento de la temperatura según su NOAEL y LOAEL.

$$C = 100 \frac{\left(\frac{W \times s}{V} \right)}{\left(\frac{W \times s}{V} \right) + 1}$$

where:
C = agent concentration [vol %]
W = installed quantity of agent [lb (kg)]
s = specific volume of the gaseous agent at the minimum/
maximum design temperature of the hazard [ft³/lb
(m³/kg)]
V = volume of the as-built enclosure [ft³ (m³)]

Fuente: NFPA 2001 edición 2022.

Figura 2-6. Cálculo de concentración de agente halocarbonados

Datos:

- Volumen de sala de control = 180 m³
- Temperatura máxima esperada = 30 °C
- Volumen específico del vapor sobrecalentado a 1 atmosfera y a la temperatura mínima prevista del volumen protegido) =0,0664+(0.0002741*t °C)=0,0664+(0.0002741*30) = 0,074623 m³/kg
- Peso de agente = 119,359 kg.

Concentración de diseño a 30 °C = $100 * (((119,359 \text{ kg} * 0,074623 \text{ m}^3/\text{kg}) / 180 \text{ m}^3)) / (((119,359 \text{ kg} * 0,074623 \text{ m}^3/\text{kg}) / 180 \text{ m}^3)+1) = 4,715\%$

2.4.7. Ajuste de cantidad de agente de acuerdo a factor de corrección por Altitud a 30 °C

Concentración de agente corregido por altura = $4,715 \% / 1,00 = 4,715 \%$

2.4.8. Seguridad para el personal debido al uso de agente Novec 1230 (FK-5-1-12)

NFPA 2001 establece que debe evitarse cualquier exposición innecesaria a los agentes halocarbonados limpios y sus productos de descomposición, incluso en concentraciones inferiores al límite de efectos adversos no observables (NOAEL) tabla 2-4.

Tabla 2-4. Porcentajes máximos de exposición de agentes halocarbonados

Table 4.3.2.3(a) Information for Halocarbon Clean Agents		
Agent	NOAEL (vol %)	LOAEL (vol %)
FK-5-1-12	10.0	>10.0
HCFC Blend A	10.0	>10.0
HCFC-124	1.0	2.5
HFC-125	7.5	10.0
HFC-227ea	9.0	10.5
HFC-23	30	>30
HFC-236fa	10	15
HFC Blend B*	5.0*	7.5*
HB-55	8.7%	>8.7%

*These values are for the largest component of the blend (HFC 134A).

Fuente: NFPA 2001 edición 2022.

Las concentraciones de diseño mayores a la concentración mínima a la cual se ha observado un efecto adverso (LOAEL) de carácter fisiológico o toxicológico deberán permitirse siempre que cualquier persona pueda escapar en menos de 30 segundos.

Según los porcentajes de concentración determinados en el punto 2.4.7 para nuestra sala de control, la máxima concentración de diseño esta entre 4,7 % y 10%, por lo tanto, el diseño del sistema de supresión es aceptable.

2.4.9. Selección de boquillas de descarga

NFPA 2001 establece que las boquillas de descarga para agentes halocarbonados deberán estar listadas para el uso previsto. Los criterios de listado incluirán características de flujo, cobertura de área, límites de altura y presiones mínimas. Por lo tanto, la cantidad de boquillas se determinará por factores tales como, forma y tamaño del área, altura del recinto, rata de flujo a través de las boquillas, etc.

2.4.9.1. Requerimientos para boquillas de 360° (figura 2-7)

- Máxima área de cobertura por boquilla = 167.2 m²
- Máxima distancia radial por boquilla = 9.1 metros
- Las boquillas deben ser colocadas al centro del recinto como sea posible, en sistemas con varias boquillas se debe espaciar simétricamente como sea posible.
- Máxima altura el recinto = 4.3 metros
- Para alturas del recinto mayor a 4.3 metros, se requiere la instalación de filas con boquillas adicionales.
- Las boquillas instaladas en el techo deben estar a no más de 0.3 metros de distancia del mismo.



Fuente: diprofire.cl

Figura 2-7. Boquilla 360°, listada para uso con agente Novec 1230

2.4.9.2. Determinación de cantidad de boquillas de descarga

Para nuestro caso (sala de control de apilador) vamos a usar boquillas de 360, por lo tanto, utilizando la tabla 2-5 seleccionaremos la boquilla adecuada.

Datos sala de control:

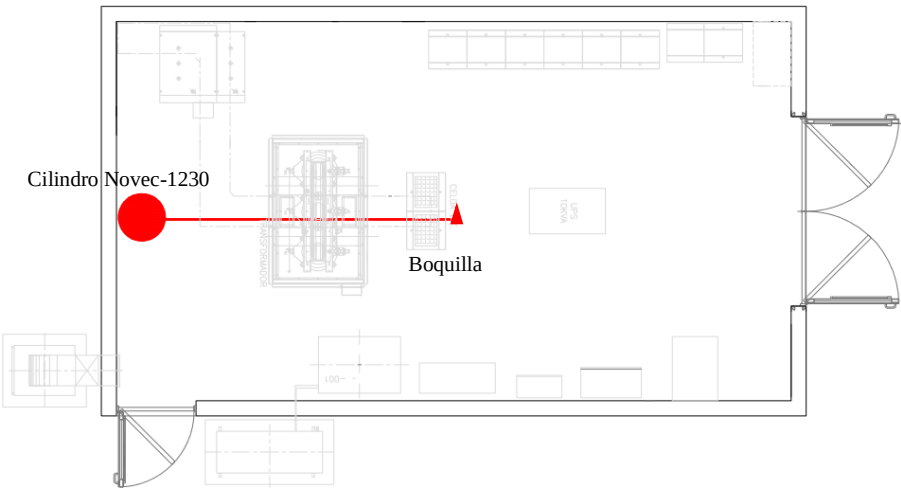
- Área= 9 m (29.52 ft) x 5 m (16.40 ft) = 45 m² = 147.638 ft
- Longitud 30 ft / 30 = 1 = 1 boquilla
- Ancho 17 ft / 52 = 0.32 = 1 boquilla
- 1 boquilla x 1 boquilla = **1 boquilla requerida**

Tabla 2-5. Medidas listadas para boquillas de Novec 1230

360° Nozzle Coverage Capability					
Length ft	Width ft	Length ft	Width ft	Length ft	Width ft
6	60	24	55	42	43
7	60	25	55	43	42
8	59	26	54	44	41
9	59	27	54	45	40
10	59	28	53	46	39
11	59	29	53	47	37
12	59	30	52	48	36
13	59	31	51	49	35
14	58	32	51	50	33
15	58	33	50	51	32
16	58	34	49	52	30
17	58	35	49	53	28
18	57	36	48	54	26
19	57	37	47	55	24
20	57	38	46	56	22
21	56	39	46	57	19
22	56	40	45	58	15
23	55	41	44	59	11

Fuente: Manual Johnson Controls

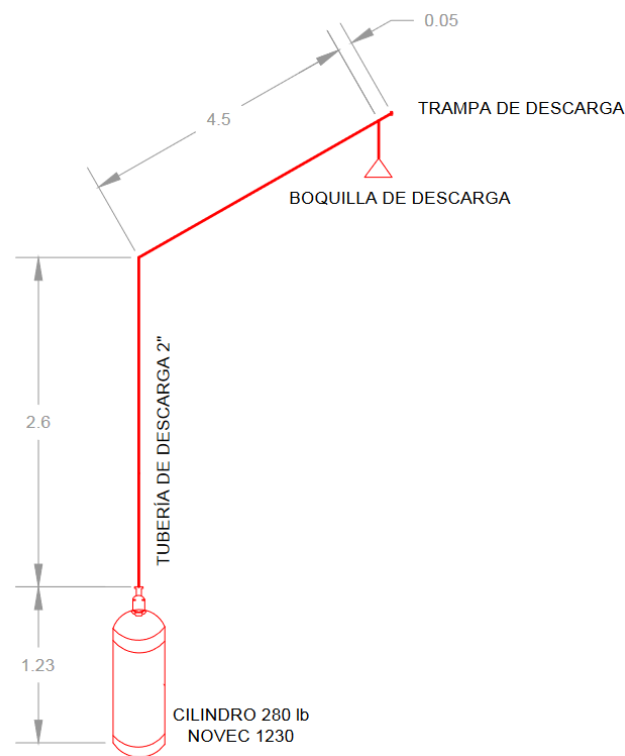
2.4.10. Localización de la boquilla y el diseño de la interconexión de tuberías



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-8. Localización boquilla descarga

2.4.11. Esquema Isométrico del sistema de supresión de incendios propuesto



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-9. Layout b Isométricos sistema supresión

2.4.12. Determinación del diámetro de tuberías y boquilla para una descarga en 10 segundos

NFPA 2001 establece en su numeral 7.5.1.1 que para agentes halocarbonados, el tiempo de descarga no deberá exceder los 10 segundos. Por lo tanto, se debe seleccionar el tamaño de la boquilla según el tiempo máximo permitido para extinguir un incendio y la tasa de descarga del sistema (la suma de las tasas individuales de todas las boquillas).

Para nuestro caso usaremos la tabla 2-6 como guía para determinar los diámetros de tuberías adecuados según nuestro cálculo de cantidad de agente que debe ser descargado en la sala eléctrica antes de los 10 segundos: $119,359 \text{ kg} / 10 \text{ segundos} = \mathbf{11,936 \text{ kg/seg.} = 26,30 \text{ lb/seg}}$

La tubería propuesta deberá ser capaz de permitir un flujo másico no menor a 26,30 lb/seg.

Tabla 2-6. Guía de tuberías para NOVEC 1230

Pipe Size Nominal	Schedule 40 Pipe			
	Minimum Flow Rate for All Sections Leading to a Tee		60% of Flow Rates for All Sections Ending With a Nozzle	
	lb./sec.	kg/sec.	lb./sec.	kg/sec.
1/4 in. (9 mm)	0.68	0.31	0.41	0.19
3/8 in. (10 mm)	1.55	0.70	0.93	0.42
1/2 in. (15 mm)	2.58	1.17	1.55	0.70
3/4 in. (20 mm)	4.53	2.05	2.72	1.23
1 in. (25 mm)	7.29	3.31	4.37	1.98
1¼ in. (32 mm)	12.67	5.75	7.60	3.45
1½ in. (40 mm)	17.46	7.92	10.48	4.75
2 in. (50 mm)	29.82	13.53	17.89	8.12
2½ in. (65 mm)	44.06	19.99	26.44	11.99
3 in. (80 mm)	71.34	32.36	42.80	19.42
3½ in. (90 mm)	98.32	44.60	58.99	26.76
4 in. (100 mm)	129.28	58.64	77.57	35.18
5 in. (125 mm)	205.71	93.31	123.43	55.99
6 in. (150 mm)	286.54	129.97	171.92	77.98

Fuente: Manual Kidde

La tubería adecuada para nuestro diseño deberá ser la de un diámetro de 2 in (50mm) que permite un flujo másico no menor a 29,82 lb/seg..

Nota: Las boquillas están diseñadas para controlar el flujo del agente y distribuir el agente por toda el área protegida, en un patrón uniforme y predeterminado de concentración.

El área del orificio de la boquilla se determina realizando un cálculo hidráulico (programa de cálculo). No se deben pedir boquillas hasta que se instale la red de tuberías del sistema de agente limpio y se realice el cálculo hidráulico "Conforme a construcción". La perforación del orificio de la boquilla debe realizarse en la fábrica o en una estación de perforación con boquilla certificada por UL.

2.4.13. Generalidades de instalación del sistema de supresión de incendios propuesto

2.4.13.1. Soporte de tuberías

Según NFPA 2001 los soportes se diseñarán e instalarán de acuerdo con prácticas reconocidas de la industria y las instrucciones del fabricante:

- Soportes deben colocarse dentro de 0.3 metros de la boquilla de descarga (Figura 2-10)
- Al final debe instalarse un niple con tapón de 5 centímetros de longitud (Figura 2-10)
- Deben colocarse soportes entre codos separados por más de 0.6 metros. (Figura 2-10)
- Los soportes deben ser espaciados acordes al tamaño de la tubería. (tabla 2-7)



Fuente: Mnaual Kidde

Figura 2-10. Soportes y tapón para tuberías NOVEC 1230

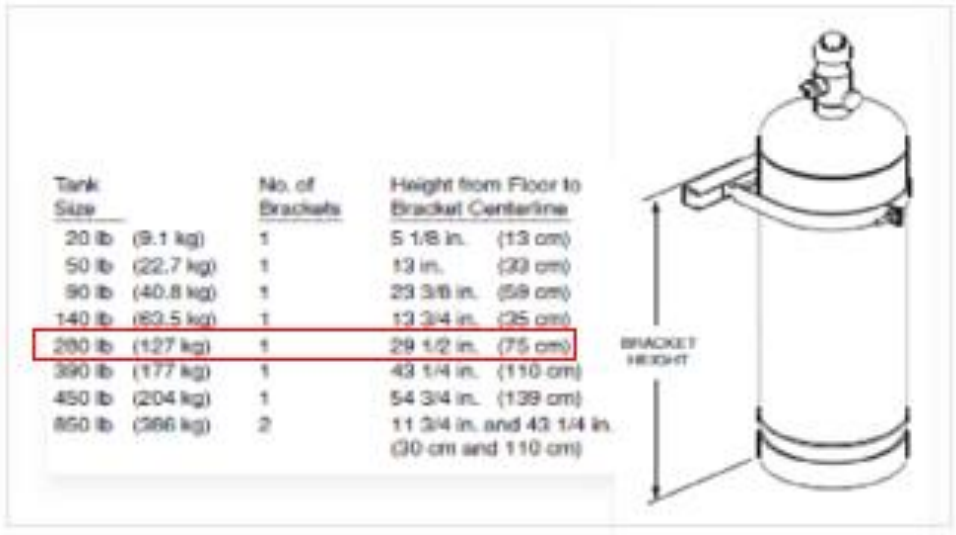
Tabla 2-7. Espaciamiento para soportes de tuberías NOVEC 1230

Pipe Size		Maximum Spacing	
mm	(in.)	m	(ft)
15	(1/2)	1.5	(5.0)
20	(3/4)	1.8	(6.0)
25	(1)	2.1	(7.0)
32	(1 1/4)	2.4	(8.0)
40	(1 1/2)	2.7	(9.0)
50	(2)	3.4	(11.0)
65	(2 1/2)	3.5	(11.5)
80	(3)	3.7	(12.0)
100	(4)	4.3	(14.0)
150	(6)	5.2	(17.0)

Fuente: Mnaual Kidde

2.4.13.2. Soportes de cilindro

Según el manual Kidde para sistemas de extinción con agente limpio Novec 1230 los soportes para la fijación del cilindro deben estar de acuerdo con la tabla mostrada en la figura 2-11 que en nuestro caso es de 280 lb.



Fuente: Mnaual Kidde

Figura 2-11. Guía de soportes para cilindros NOVEC 1230

2.4.14. Modos de activación de descarga de agente Novec 1230

2.4.14.1. Activación automática de descarga

El cilindro se descargará por medio de un actuador eléctrico conectado al sistema automático principal de detección y alarma de incendios, el actuador tipo solenoide irá instalado sobre la válvula del cilindro (figura 2-12).

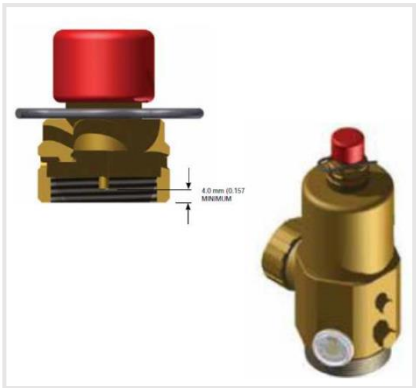


Fuente: Mnaual Kidde

Figura 2-12. Actuador solenoide para cilindros NOVEC 1230

2.4.14.2. Activación manual de descarga

Además, el cilindro tendrá la posibilidad de ser descargado de forma manual por medio de un actuador manual que iría instalado sobre el actuador eléctrico o sobre la válvula del cilindro (figura 2-13).



Fuente: Mnaual Kidde

Figura 2-13. Actuador manual para cilindros NOVEC 1230

2.5. **CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS**

2.5.1. Requerimientos de NFPA 2001

NFPA 2001 señala los siguientes requisitos para sistemas de detección, actuación, alarma y control para aplicaciones de liberación de agentes limpios.

- El panel de control para liberación de agente extintor, la detección, actuación de los sistemas de control, alarma y control se diseñarán, instalarán, probarán y mantendrán de acuerdo con NFPA 72.
- La detección automática se realizará mediante cualquier método listado o dispositivo capaz de detectar e indicar calor, llamas, humo, vapores combustibles o una condición anormal en el peligro, como problemas en el proceso, que probablemente produzcan un incendio.
- Debe proveerse un medio de liberación manual.
- Se deberá proveer de una notificación audible y visual previa a la descarga, dentro del área protegida de espacios ocupables, para dar advertencia positiva de descarga inminente.
- Se permitirá que los interruptores de aborto sean instalados para sistemas de liberación de agentes limpios, y estarán ubicados dentro del área protegida y cerca de los medios de salida del área.
- Se deberá proporcionar una alarma previa a la descarga y un retardo de tiempo suficiente para permitir la evacuación del personal antes de la descarga del agente extintor.

2.5.2. Requerimientos de NFPA 72

NFPA 72 señala los siguientes requisitos para espacios protegidos por un sistema automático de supresión de incendios, activado por el sistema de alarmas de incendio.

- Debe contar con uno o más detectores automáticos de incendio instalados conforme a lo establecido en este capítulo.
- Los sistemas o grupos de sistemas de supresión deben ser controlados por una única unidad de control de alarmas de incendios del servicio de descarga que monitoree los dispositivos iniciadores asociados, que active los dispositivos de descarga asociados y que controle los aparatos de notificación de descarga de agentes asociados.
- Todos los aparatos instalados conforme a lo establecido en presente código deben estar listados para el propósito por el cual se utilizan. El equipamiento construido e instalado conforme al presente código debe estar listado.
- Deben proveerse como mínimo dos suministros de energía independientes y confiables, uno primario y uno secundario para las unidades de control y sus dispositivos asociados.
- Los detectores de humo de tipo puntual deben ser ubicados sobre el cielorraso.
- Los detectores de humo no deben instalarse si cualquiera de las siguientes condiciones existiese, salvo que estuviesen específicamente diseñados y certificados para estas condiciones esperadas:
 - 1) Temperaturas por debajo de los 32°F (0°C)
 - 2) Temperaturas por encima de los 100°F (38°C)
 - 3) Humedad relativa por encima del 93 por ciento
 - 4) Velocidad del aire superior al 300 pie/min. (1.5 m/s)
- El espaciamiento entre detectores de humo debe reducirse cuando el flujo de aire en un espacio definido exceda de 8 minutos por cambio de aire (volumen total del espacio) (equivalente a 7.5 cambios de aire por hora).
- Todos los puntos sobre el cielorraso deben tener un detector dentro de una distancia equivalente a o menor de 0.7 veces el espaciamiento de 9.1 metros nominal.

- Cada puerto de muestreo de un detector de humo de tipo muestreo de aire, debe tratarse como detector de tipo puntual con el propósito de ubicación y espaciamiento.
- El tiempo máximo de transporte de muestra de aire desde el puerto más lejano de muestreo hasta el detector, no debe exceder los 120 segundos.
- Los detalles del diseño de la red de tuberías de muestreo deben incluir los cálculos que reflejen las características del flujo de la red de tuberías y cada uno de los puertos de muestreo.
- Las estaciones manuales de alarma de incendio deben estar ubicadas dentro de los 1.5 metros de cada vano de puerta de salida de cada uno de los pisos.
- Los aparatos de notificación de alarma audible para un sistema de alarma de incendio deben emitir señales que se distingan de las de otros aparatos similares que se utilicen con otros fines en la misma área y que no sean parte del sistema de alarma de incendio.
- Con el fin de garantizar que las señales audibles en modo público se escuchen con claridad, excepto cuando estuviera permitido de otra manera, deben tener un nivel sonoro de al menos 15 dB sobre el nivel sonoro ambiental promedio o de 5 dB sobre el nivel sonoro máximo con una duración de al menos 60 segundos, el que fuera mayor.
- Los aparatos de notificación visible deben instalarse de acuerdo con las tablas para espaciamiento para aparatos de notificación visible montados sobre cielo o paredes según corresponda.
- Los circuitos ramales (cableado) y las conexiones deben estar protegidos contra daños físicos.

2.5.3. Determinación del tipo de detección de incendios apropiado

Dado que en nuestro análisis de riesgo de incendios realizado en el punto 2.3, en el cual concluyo que los eventos de incendios esperados para la sala de control serán en su mayoría del tipo A y C, y donde además se espera que en un principio exista una gran cantidad de humo y poca energía calorífica. Los métodos de detección de incendios más adecuados serán los sistemas

detectores de humo. Para lo cual desarrollaremos dos sistemas que dispuestos en un arreglo de compuerta lógica (AND) activaran el sistema de supresión por agente Novec 1230:

Sistemas de detección de humo propuestos:

- Sistema de detección temprana de humo tipo muestreo de aire (figura 2-14 a).
- Sistema de detección de humo tipo puntual óptico (figura 2-14 b).

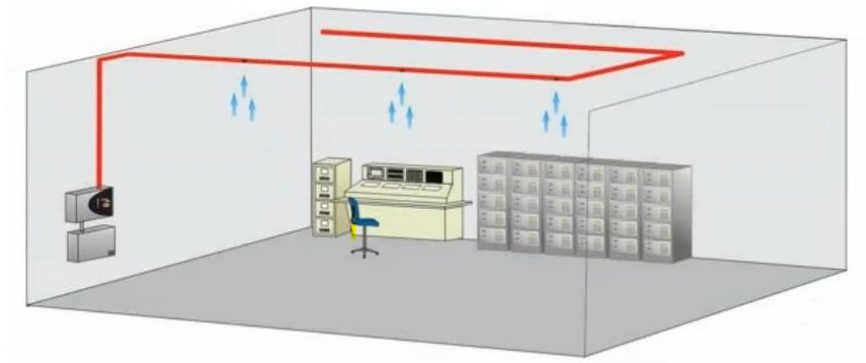


Fuente: Manual sistema de aspiración ASD SAFE

Figura 2-14. Curva del humo en un incendio

2.6. DISEÑO DE SISTEMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DE HUMO TIPO MUESTREO DE AIRE

El sistema de detección de humo por muestreo de aire permitirá obtener alertas más tempranas en respuesta al humo proveniente de un posible incendio en el interior de la sala de control, esta respuesta es posible ya que se trata de un sistema que utiliza un aspirador para traer el aire de muestreo desde el ambiente de la sala hasta un sensor de alta sensibilidad, por medio de una red de tuberías como lo muestra la figura 2-15.



Fuente: Manual sistema de aspiración ASD SAFE

Figura 2-15. Ejemplo de sistema de detección por aspiración

2.6.1. Requerimientos según NFPA

- Cada puerto de muestreo de un detector de humo de tipo muestreo de aire debe tratarse como detector de tipo puntual con el propósito de ubicación y espaciamiento.
- Todos los puntos sobre el cielorraso deben tener un detector dentro de una distancia equivalente a o menor de 0.7 veces el espaciamiento de 9.1 metros nominales.
- El tiempo máximo de transporte de muestra de aire desde el puerto más lejano de muestreo hasta el detector no debe exceder los 120 segundos.
- Los detalles del diseño de la red de tuberías de muestreo deben incluir los cálculos que reflejen las características del flujo de la red de tuberías y cada uno de los puertos de muestreo.
- La sensibilidad en el puerto de muestreo no debe ser en ningún caso superior a 4% obscurecimiento por pie.
- El sistema debe calcularse y el tiempo de transporte determinarse (software del fabricante)

2.6.2. Requerimientos según fabricante

Según la disposición de equipos y bandejas porta cable ya instalados en el interior de la sala de control, el espaciamento de los puertos de muestro se realizará en un arreglo de tubería única tipo U (figura 2-16). el cual tiene los siguientes requerimientos del fabricante:

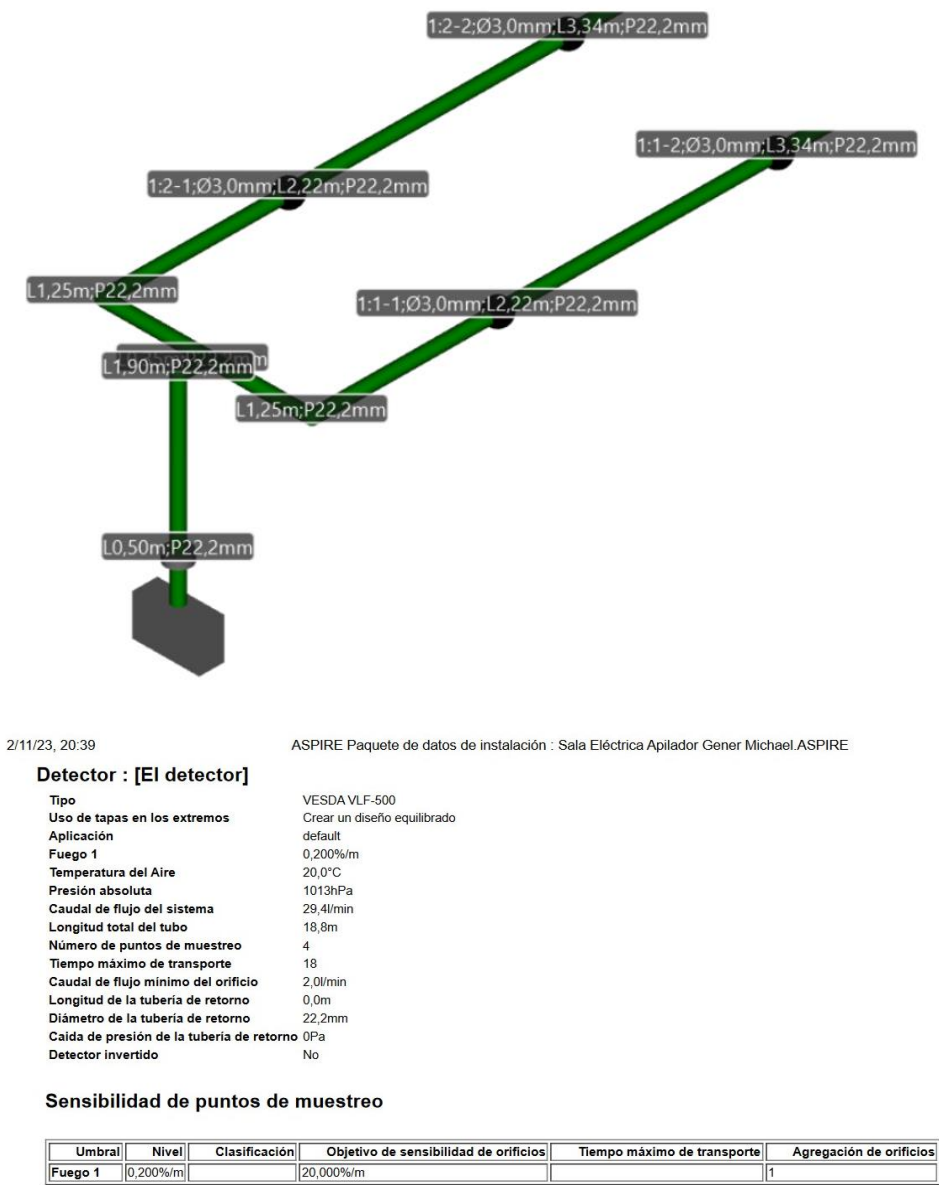
- La red de tubería no debe exceder un total de 82,3 metros La tubería debe ser SCH-40 de 25 milímetros.
- Todos los puntos de muestreo serán de 3 milímetros.
- Los soportes de tuberías serán cada 1,5 metros
- Las tuberías pueden ser en PVC, ABS, CPVC o equivalente.
- Puede tener un mínimo de 2 y un máximo de 8 puertos de muestreo.
- El espaciamento máximo entre puntos no debe ser mayor a 9 metros



Fuente: Manual sistema de aspiración ASD SAFE

Figura 2-16. Arreglo de tubería única tipo U

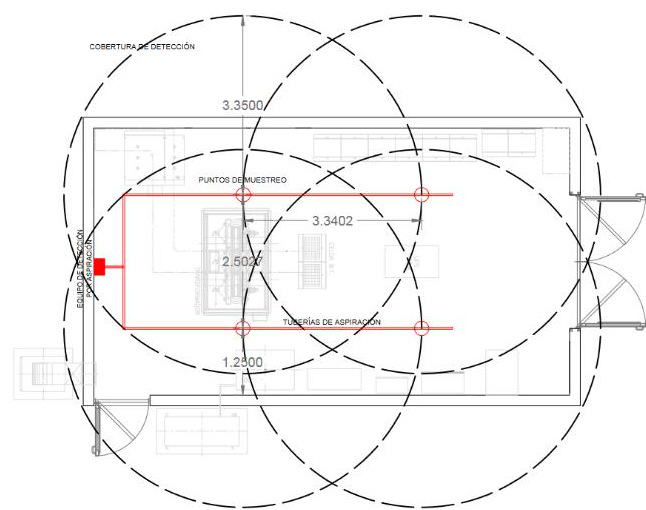
2.6.3. Validación de sistema de muestreo por software Aspire de Xtralis



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-17. Layout c: Validación sistema de detección por aspiración

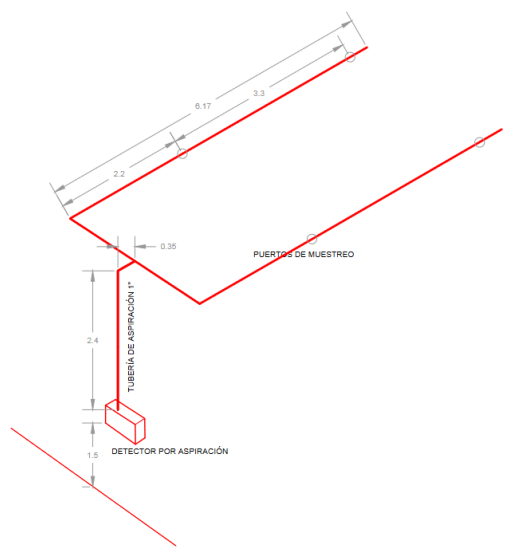
2.6.4. Espaciamiento de los 4 puntos de muestreo del sistema de detección de humo por muestreo de aire



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-18. Layout d: Espaciamiento de detección por muestreo

2.6.5. Isométrico de sistema de detección de humo por muestreo de aire



Fuente: Elaboración propia

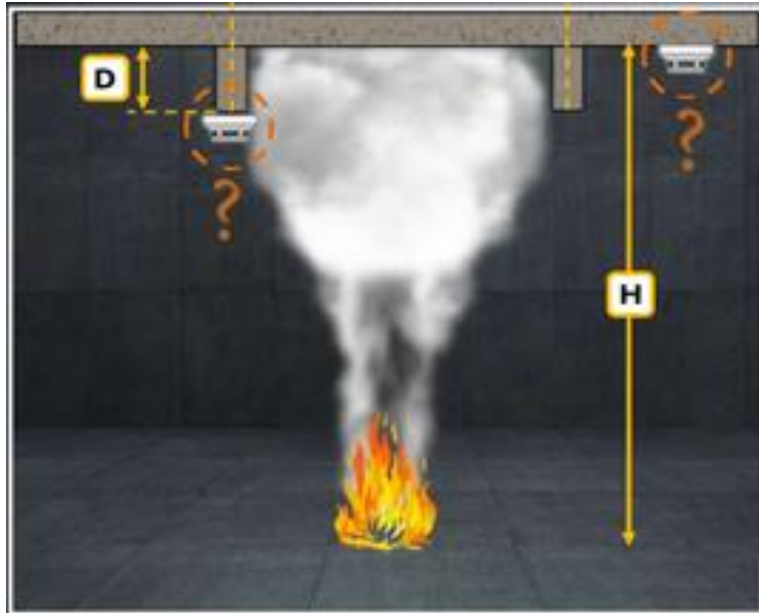
Figura 2-19. Layout e: Isométrico sistema de detección por muestreo

2.7. DISEÑO DE SISTEMA DE DETECCIÓN DE HUMO TIPO PUNTUAL

Teniendo en consideración los requisitos prescriptivos de NFPA 72 y conocidas las dimensiones de la sala de control de apilador radial (9mts x5mts). La cantidad y disposición de los detectores de humo tipo puntual (Figura: 2-20) se determinará usando el área de cobertura establecido por NFPA en ausencia de criterios específicos de diseño basados en el desempeño.

2.7.1. Requerimientos según NFPA

- Los detectores de humo de tipo puntual deben ser ubicados sobre el cielorraso.
- Los detectores de humo no deben instalarse si cualquiera de las siguientes condiciones existiese, salvo que estuviesen específicamente diseñados y certificados para estas condiciones esperadas:
 - 1) Temperaturas por debajo de los 32°F (0°C)
 - 2) Temperaturas por encima de los 100°F (38°C)
 - 3) Humedad relativa por encima del 93 por ciento
 - 4) Velocidad del aire superior al 300 pie/min. (1.5 m/s)
- El espaciamiento entre detectores de humo debe reducirse cuando el flujo de aire en un espacio definido exceda de 8 minutos por cambio de aire (volumen total del espacio) (equivalente a 7.5 cambios de aire por hora).
- Todos los puntos sobre el cielorraso deben tener un detector dentro de una distancia equivalente a o menor de 0.7 veces el espaciamiento de 9.1 metros nominales.



Fuente: Curso detección de humo avanzado de OPCI 2022

Figura 2-20. Ejemplo de sistema de detección tipo puntual

2.7.2. Determinación de cantidad de detectores de humo puntuales

Todos los puntos de la sala deben tener detección dentro de una distancia de 0,7 del espaciado nominal de 9,1 metros.

Espaciado nominal = $9,1 \text{ m} * 9,1 \text{ m} = 81 \text{ m}^2$

Datos conocidos de sala control:

- Temperatura mínima: 14 °C
- Temperatura máxima: 30 °C
- Tipo de cielo: Liso
- Humedad relativa: 60%
- Cambios de aire por hora: 30

2.7.3. Reducción de espaciamiento según movimientos de aire de la sala (figura 2.24)

Tabla 2-8. Reducción de espaciamiento por cambios de aire

Tabla 17.7.6.3.3.2 Espaciamiento de los detectores de humo según el movimiento del aire (no para aplicarse a espacios debajo de pisos ni encima de techos falsos)

Minutos por cambio de aire	Cambios de aire por hora	Espaciamiento por detector	
		pies²	m²
1	60	125	12
2	30	250	23
3	20	375	35
4	15	500	46
5	12	625	58
6	10	750	70
7	8,6	875	81
8	7,5	900	84
9	6,7	900	84
10	6	900	84

Fuente: Manual NFPA 72, 2022

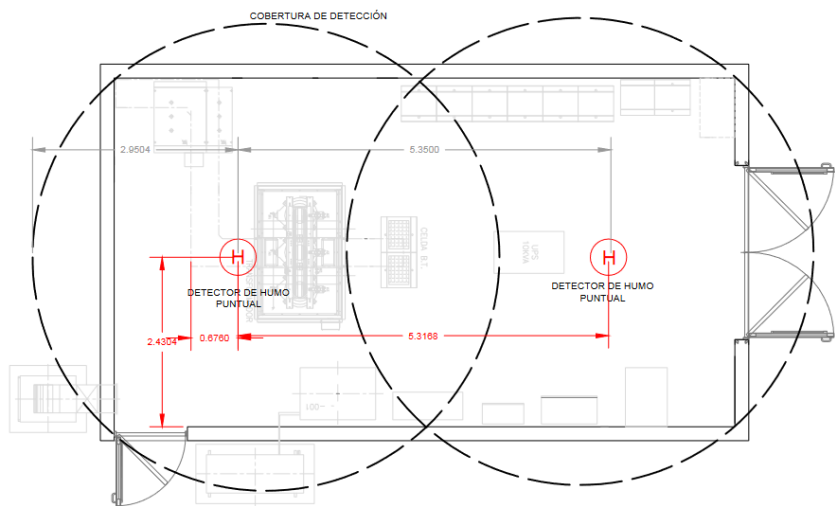
Espaciamiento sin corrección por cambios de aire = 9,1 m * 0,7 = 6,3 m

Corrección por cambios de aire (30) = 23 m² = $\sqrt{23}$ = 4,795 m * 4,795 m

Espaciamiento corregido = 4,795 * 07 = 3,35 m

En conclusión, todos los puntos de nuestra sala de control deben tener cobertura de detección dentro de una distancia no mayor a 3,35 metros.

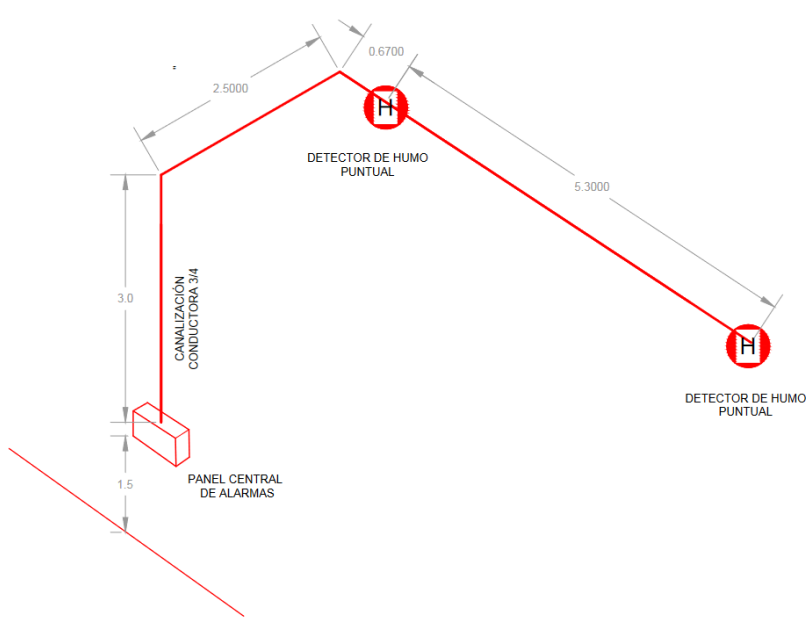
2.7.4. Cobertura de detectores de humo tipo puntual



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-21. Layout f: Espaciamiento de detección puntual

2.7.5. Isométrico de sistema de detección tipo puntual



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-22. Layout g: Isométrico sistema de detección puntual

2.8. DISEÑO DE SISTEMA DE NOTIFICACIÓN DE ALARMA

Teniendo en consideración los requisitos prescriptivos de NFPA 72 y conocidas las dimensiones de la sala de control de apilador radial (9mts x5mts). La cantidad y disposición de los aparatos de notificación se determinará usando el área de cobertura establecido por NFPA para montaje en pared y el nivel de ruido ambiental promedio esperado.

Nivel de ruido ambiental máximo esperado: La sala de control no cuenta en su interior con equipos que generen ruidos mayores a 40 dB, pero tomando en cuenta que esta sala se encuentra ubicada en un sector industrial, tomaremos como un nivel de ruido ambiental promedio esperado de 80 dB (Tabla 2-9).

2.8.1. Requerimientos según NFPA

- Los aparatos de notificación de alarma audible para un sistema de alarma de incendio deben emitir señales que se distingan de las de otros aparatos similares que se utilicen con otros fines en la misma área y que no sean parte del sistema de alarma de incendio.
- Con el fin de garantizar que las señales audibles en modo público se escuchen con claridad, excepto cuando estuviera permitido de otra manera, deben tener un nivel sonoro de al menos 15 dB sobre el nivel sonoro ambiental promedio o de 5 dB sobre el nivel sonoro máximo con una duración de al menos 60 segundos, el que fuera mayor.
- Los aparatos de notificación visible deben instalarse de acuerdo con las tablas para espaciamiento para aparatos de notificación visible montados sobre cielo o paredes según corresponda.

Tabla 2-9. Nivel sonoro según su fuente

Tabla A.18.4.3 Nivel sonoro ambiental promedio de acuerdo con la ubicación

Ubicación	Nivel sonoro ambiental promedio (en dBA)
Ocupaciones de negocios	55
Ocupaciones educacionales	45
Ocupaciones industriales	80
Ocupaciones institucionales	50
Ocupaciones mercantiles	40
Salas de mecánica	85
Muelles y estructuras rodeadas por agua	40
Lugares de reunión	55
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 72, 2022

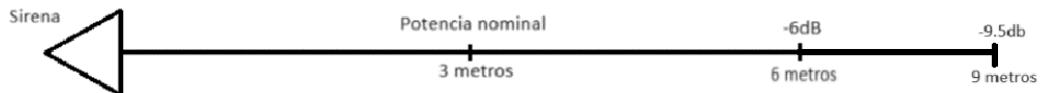
2.8.2. Determinación de cantidad de aparatos de notificación audible y visibles

Datos:

- Largo sala: 9 mts.
- Ancho sala: 5 mts.
- Nivel de ruido ambiental promedio: 80dB.
- Selección de modo: Público

2.8.3. Cálculo de pérdida de potencia en sirenas

La sala tiene 9 mts. de largo, por lo cual una sirena montada en la pared proporcionara su potencia nominal a 3 mts. de distancia, y perderá 6db cada vez que se duplique la distancia. Por lo cual a los 9 mts. de distancia perderá 6dB (figura 2-23).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-23. Pérdida de potencia (dB) por distancia

Perdida dB por distancia = 9,5 dB

2.8.4. Cálculo de potencia de sirena requerida

Potencia sirena = Nivel de ruido ambiental promedio + 15 dB Norma (NFPA 72) + Perdidas por distancia desde la fuente.

Potencia sirena= 80dB+15dB+9,5 dB = **104,5 dB.**

En conclusión, la instalación de 1 aparato de notificación audible en el interior de nuestra sala de control con una potencia sónica superior a 105 dB cumpliría con el requerimiento normativo de modo público.

2.8.5. Cálculo de potencia lumínica requerida

Los aparatos de notificación visible deben instalarse de acuerdo con las tablas 2-10 de NFPA para espaciamiento de aparatos de notificación visible montados sobre paredes.

Tabla 2-10. Espaciamiento para aparatos de notificación

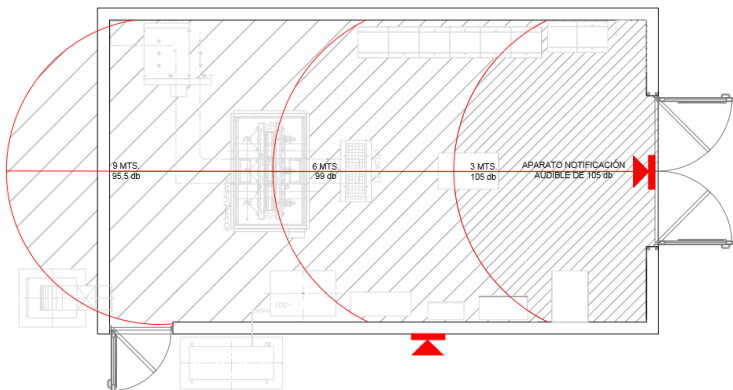
Tabla 18.5.5.4.1(a) Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visible montados sobre paredes

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

Fuente: Manual NFPA 72, 2022

En conclusión, la instalación de 1 aparato de notificación visible en nuestra sala de control con una potencia lumínica de 34 candelas cumpliría con el requerimiento normativo.

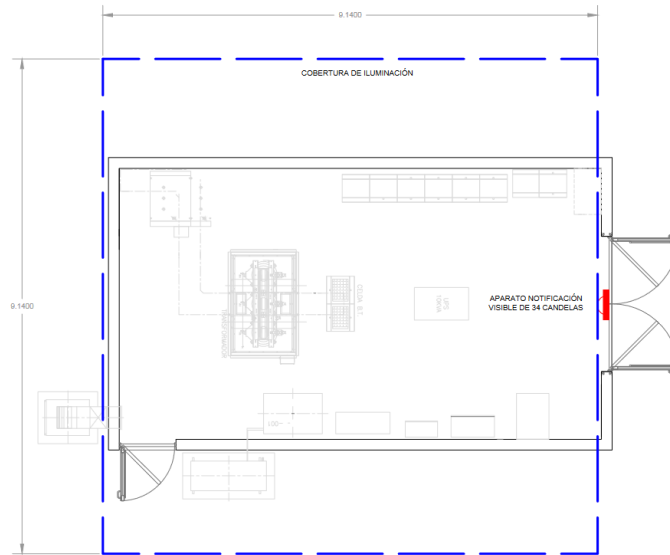
2.8.6. Cobertura de aparato de notificación audible



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-24. Layout h: cobertura aparato de notificación audible

2.8.7. Cobertura de aparato de notificación visible



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-25. Layout i: Cobertura aparato de notificación visible

2.9. DETERMINACIÓN DE CANTIDAD Y UBICACIÓN DE ESTACIONES MANUALES DE ALARMA

Teniendo en consideración los requisitos de NFPA 72 y conocidas las dimensiones de la sala de control de apilador radial (9mts x5mts). La cantidad y disposición de las estaciones manuales de alarma requeridas se determinarán usando el espaciamiento de cobertura prescriptivos, establecido por NFPA 72 (figura 2.-26).

Datos:

- Largo sala: 9 mts.
- Ancho sala: 5 mts.
- Cantidad de salidas: 2
- Distancia entre salidas: 9 mts.

2.9.1. Requerimientos según NFPA

- Las estaciones manuales de alarma de incendio deben ser ubicadas dentro de los 1.5 metros de cada vano de puerta de salida de cada piso.
- Las estaciones manuales de alarma deben ser instaladas tal que la parte operable del pulsador este entre 1,07 y 1,22 m respecto del piso.
- El recorrido entre estaciones manuales de alarma en el mismo piso no debe ser mayor a 61 metros.

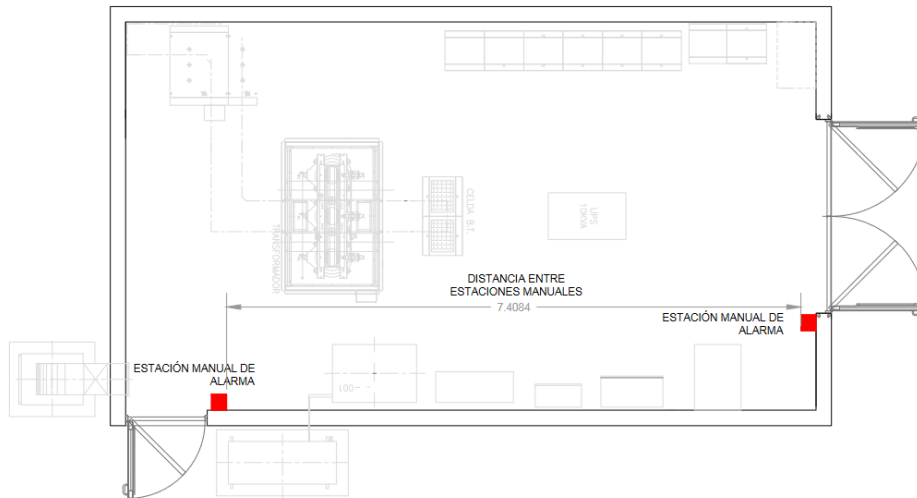


Fuente: Curso detección de humo avanzado de OPCI 2022

Figura 2-26. Medidas exigidas por NFPA 72

En conclusión, la instalación de 2 estaciones manuales de alarma en nuestra sala de control (una en cada salida) cumplirá con el requerimiento normativo.

2.9.2. Distribución de estaciones manuales de alarma



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-27. Layout j: Espaciamiento de estaciones manuales de alarma

2.10. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CABLE PARA EL SISTEMA DE ALARMA

Teniendo en consideración los requisitos de NFPA 72 y conocidas las dimensiones de la sala de control de apilador radial (9mts x5mts), el tipo de cable estará de acuerdo con el estándar NFPA 70 capítulo 760.

2.10.1. Requerimientos según NFPA

- La instalación de todo el cableado de la vía, cables y equipos debe hacerse de acuerdo con NFPA 70 y con los requisitos aplicables. Los cables que se instalen dentro de los edificios deben estar listados como no propagadores del fuego.
- Los conductores deben ser de un material de cobre macizo o trenzado.
- Los conductores individuales macizo no deben ser de sección menor a no. AWG 18 (1 mm²)

- Los cables deben tener una tensión nominal no inferior a 300 voltios.
- Los cables de Tipo FPL (tabla 2-11) deben estar listados como adecuados para uso general excepto en montantes, cámaras de aire, conductos y otros espacios utilizados para ventilación y además deben ser resistentes a la propagación del fuego.

Tabla 2-11. Tipos de cables según NFPA 760

Cuadro 760-71. Marcas en los cables FPL

Marca	Tipo de cable	Referencias
FPLP	Cable de alarma contra incendios de baja potencia para cámaras de aire	Sección 760-71(d) y (h)
FPLR	Cable de alarma contra incendios de baja potencia para montantes	Sección 760-71(e) y (h)
FPL	Cable de alarma contra incendios de baja potencia	Sección 760-71(f) y (h)

Nota. Los cables están listados en orden descendente en cuanto a su clasificación de resistencia al fuego.

Fuente: Curso detección de humo avanzado de OPCI 2022

En conclusión, el tipo de cableado requerido para el sistema propuesto será tipo FPL calibre 18 AWG, el cual cumplirá con el requerimiento normativo.

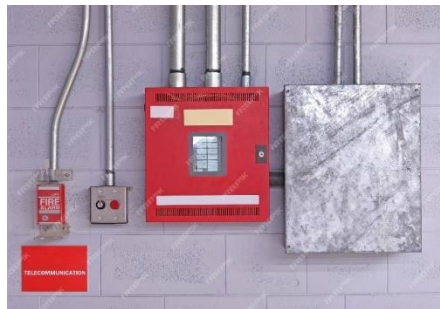
2.11. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE PROTECCIÓN MECÁNICA PARA E CABLEADO

Teniendo en consideración los requisitos de NFPA 72 y el tipo de instalación industrial de nuestra sala de control, el tipo protección mecánica para el cableado estará de acuerdo con el estándar NFPA 70 capítulo 760 y los estándares más utilizados en la industria.

2.11.1. Requerimientos según NFPA

- Los circuitos ramales (cableado) y las conexiones deben estar protegidos contra daños físicos (figura 2-28)

- Los circuitos de alarma contra incendios con limitación de energía deben instalarse de acuerdo con el artículo 760.46 del NEC
- Los cables de alarma contra incendios con energía limitada y sin energía limitada deben instalarse en conductos metálicos o conductos rígidos no metálicos donde atraviesen un piso o una pared hasta una altura de 7 pies sobre el piso, a menos que la construcción del edificio brinde la protección adecuada.



Fuente: Google.com

Figura 2-28. Ejemplo de protección mecánica para cableado

En conclusión, dado que la normativa no establece un tipo de protección mecánica específico para el cableado de sistemas de alarma contra incendios, el tipo de protección propuesta será el estándar utilizado en la industria. Tipo conduit galvanizado bajo la norma IEC 61386-21/22 NCH 4, el cual cumplirá con el requerimiento normativo.

2.12. LÓGICA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE DETECCIÓN Y SUPRESIÓN DE INCENDIOS PROPUESTO

Según NFPA 72 se debe suministrarse una reseña detallada o una matriz de operaciones de entrada/salida (figura 2-12) para describir la secuencia de funcionamiento del sistema.

Taba 2-12. Matriz de entradas/salidas del sistema

	SALIDAS DEL SISTEMA										
	ANUNCIO EN UNIDAD DE CONTROL	NOTIFICACION SIRENA INTERIOR	NOTIFICACION SIRENA EXTERIOR	NOTIFICACION SALA CONTROL REMOTA	PRE-DESCARGA (RETARDO 60 SEGUNDOS ANTES DE LA DESCARGA)	DETIENE SISTEMA DE VENILACION FORZADA	NOTIFICACION CAMPANA DE DESCARGA EXTERIOR	NOTIFICACION CAMPANA DE DESCARGA INTERIOR	ACTIVA SISTEMA EXTINCION (DESCARGA DE NOVEC-1230)	REINICIA TIEMPO DE PRE-DESCRAGA	DESACTIVA TODAS LAS SOLENOIDES DE DESCARGA CO2
ENTRADAS DEL SISTEMA											
DETECTORES PUNTUALES DE HUMO (A)	■	■	■	■							
DETECTOR PUNTUAL DE HUMO POR MUESTREO DE AIRE (B)	■	■	■	■							
AMBOS DETECTORES DE HUMO (A + B)	■	■	■	■	■	■					
FIN DE RETARDO (A + B)		■	■				■	■	■		
ESTACIONES MANUALES DE ALARMA Y DESCARGA	■	■	■	■		■	■	■	■		
BOTON DE ABORTO DE DESCARGA DE NOVEC-1230										■	
SWITCH DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO											■

Fuente: Elaboración propia

2.13. **PRUEBA DE HERMETICIDAD DE LA SALA SEGÚN NFPA 2001**

NFPA 2001 requiere que, para evitar la pérdida de agente a través de las aberturas hacia los peligros o áreas de trabajo adyacentes, las aberturas deben estar permanentemente selladas o equipadas con cierres automáticos. Para lo cual se deben obtener y registrar resultados cuantitativos para indicar que la concentración de agente especificada para la duración especificada de la protección cumple con la Sección 7, usando una unidad de ventilador aprobada u otros medios aprobados por la autoridad competente.

2.13.1. Door Fan Test

El objetivo de esta prueba de ventilador de puerta es determinar por medio de un equipo especializado (figura 2.29) las aberturas existentes y asegurarse de que se mantendrá la concentración del agente extintor dentro del área bajo prueba durante al menos diez (10) minutos a valores de la concentración mínima de diseño requeridos para la extinción.



Fuente: Retrotec.com

Figura 2-29. Equipo para prueba de hermeticidad

2.14. **PLAN DE INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO**

Tomando en consideración lo que establece la normativa NFPA 2001, donde señala que el sistema completo debe ser revisado y probado por personal que tenga conocimiento y experiencia

de los requisitos contenidos en esta norma, del equipo instalado y del manual de diseño, instalación y mantenimiento del fabricante. A continuación, se presenta un programa propuesto de mantenimiento según frecuencia de actividad establecidas por la norma y el fabricante.

Tabla 2-13 Tareas de mantenimiento

Item	Actividad de mantenimiento	Frecuencia			
		Mensual	Semestral	Anual	Quinquenal
1	Revisión del estado general del sistema	*			
2	Revisión de tapas de boquillas	*			
3	Revisión de la existencia de cambios en dimensiones del riesgo protegido	*			
4	Revisión del estado del sistema de detección y alarma de incendios.	*			
5	Revisión del estado de los cilindros contenedores de agentes limpios.		*		
6	Comprobar la presión del recipiente de agente extintor (anotar valor)		*		
7	Pesaje de los cilindros de agente extintor (anotar valor)		*		
8	Revisión del estado físico de las mangueras y flexibles.			*	
9	Prueba integral de funcionamiento del sistema de detección y alarma, Sin descarga de agente extintor			*	
	Verificación de estanquidad del recinto o sala			*	
11	Prueba hidrostática de sistema de mangueras				*
12	Inspección visual del recipiente de agente limpio de acuerdo con Compressed Gas Asociación (CGA) C-6.				*

Fuente: Elaboración propia

2.15. OTROS REQUERIMIENTOS GENERALES ESTABLECIDOS POR NFPA 2001

- Los planos de trabajo y los cálculos deberán presentarse para su aprobación a la autoridad competente antes de que comience la instalación o remodelación del sistema.
- Los planos de trabajo y los cálculos deben ser preparados únicamente por personas totalmente experimentadas y calificadas en el diseño de sistemas de extinción de incendios de agentes limpios de inundación total y de aplicación local.

- El sistema debe probarse de acuerdo con los requisitos de esta norma y el manual de diseño, instalación y mantenimiento del fabricante. Las pruebas de aceptación requeridas deben documentarse en un informe de prueba (ver anexos).
- Cuando lo exijan las especificaciones del proyecto, las pruebas del sistema integrado de protección contra incendios y seguridad humana deben estar de acuerdo con NFPA 4.

CAPÍTULO 3: JUSTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN ECONOMICA DE LA
PROPUESTA DE PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS

3. JUSTIFICACION Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS

3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La propuesta presentada en este trabajo ha sido desarrollada primeramente considerando las exigencias de protección contra incendios establecidas por la normativa chilena vigente, y tomando como referencia las normativas internacionales como National Fire Protection Association (NFPA).

Así mismo, organizaciones internacionales, como la National Fire Protection Association (NFPA) y la Society Of Fire Protection Engineers (SFPE), recomiendan que debe realizarse un análisis de riesgo de incendio para identificar los riesgos y determinar qué medidas de protección contra incendios se debería implementar, con el propósito de proteger la vida y la propiedad. El análisis de riesgo de incendio se puede desarrollar con diferentes métodos tales como; un método cualitativo, un método cuantitativo o un método semicuantitativo. Por tal razón a continuación se presenta un análisis por el método cualitativo de riesgo de incendio (tabla 3-1) con el fin de establecer un criterio técnico de justificación.

3.1.1. Matriz general de evaluación de riesgo de incendio en sala de control

Tabla 3-1. Matriz general de evaluación de riesgo de incendio

RIESGO A EVALUAR		INCENDIO	MOTIVO	SOBRECARGA		FUENTE	INSTALACIÓN ELÉCTRICA INTERNA			
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial o permanente	Daños mayores. Salida de operación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad tempral (1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestias funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Fuente: Elaboración Propia

También es importante señalar que, para obtener un análisis de riesgo de incendios con resultados más completos, se debe usar métodos de análisis cualitativos de mayor complejidad; tales como; método Gretener, método Frame o método de Meseri, los cuales permitirían una estimación en detalle de la consecuencia de este tipo de evento.

Por otra parte, el estudio presentado por el departamento de Consultoría de Riesgo – DCR Willis Towers Watson Chile (“Incendio en Chile 2010-2020”), donde establece que el 49% de los focos de incendios eléctricos, se originan principalmente en los conductores eléctricos y que el 34% de los accidentes eléctricos son de origen laboral, también ha realizado una recopilación de 18 recomendaciones (tabla 3-2), en base a su experiencia y su apreciación general de las recomendaciones a la industria, realizadas por las compañías aseguradoras, donde podemos destacar las número 9 y 17, por estar dentro de las recomendaciones con alta incidencia, las cuales

apuntan a la mitigación de una fuente de riesgo directa, causante de numerosos siniestros de incendios en el sector analizado.

Tabla 3-2. Recomendaciones de protección y mitigación de incendios

Incidencia de Recomendaciones de Riesgo sobre Segmentos en análisis, según causas probables de incendios.

Causas Probables de Incendios		Recomendaciones más frecuentes del Mercado Asegurador		Incidencia		
				Industrial	Comercio	Almacén
I	Ejecución de Trabajos en Caliente	1	Permisos de Trabajos en Caliente conforme a la NFPA 51b			
		2	Reubicar áreas de trabajo con llamas abiertas			
II	Desperfectos Eléctricos en Circuitos, Equipos y/o Artefactos Eléctricos	3	Realizar Mantenimiento Preventivo en Base a Termografías Eléctricas Infrarrojas			
		4	Desenergizar las instalaciones en horarios no operativos			
		5	Prohibir el uso de artefactos eléctricos personales			
		6	No sobrecargar líneas de fuerza con "zapatillas eléctricas"			
		7	Reubicar equipos eléctricos como cargadores de baterías			
III	Desperfectos en Equipos y Maquinarias	8	Realizar Mantenimiento Preventivo y Predictivo en equipos de alto riesgo			
		9	Sistemas de extinción automática en equipos y maquinarias de alto riesgo			
		10	Habilitar Corte de Emergencia de suministro de combustibles			
IV	Negligencias Operacionales y/o Humanas	11	Creación y chequeo activo de Procedimientos Operacionales de alto riesgo			
		12	Prohibición de Fumar y/o Reforzamiento Activo de dicha Normativa			
		13	Capacitación y Entrenamiento del Personal (Procesos de Riesgo / Brigadas)			
V	Propagación de incendios exteriores o de terceros	14	Construcción de Muros Cortafuegos - Compartimentación - Espaciamientos			
		15	Programas de limpieza y desmalezado exterior			
		16	Mantener distanciamientos mínimos entre acopios exteriores y edificios			
VI	Intencionalidad de terceros	17	Sistemas de Detección y Alarma de Incendios conforme a NFPA 72			
		18	Reforzamiento de Sistemas de Seguridad (Alarmas, CCTV, Guardias, etc)			

Fuente: Estudio “Incendio en Chile 2010-2020”

Conclusión de la justificación técnica:

Dadas las exigencias en protección contra incendios exigida por la normativa chilena vigente y el riesgo que presentaría un evento de incendios en la casa de control de nuestro caso de estudio para los ocupantes, los activos y la continuidad del negocio, se hace necesario implementar las medidas de seguridad por medio del sistema automático de supresión de incendios por agente limpio gaseoso.

3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DE PROPUESTA

El siguiente análisis de costo permite a la dirección gerencial de la empresa conocer la envergadura de la inversión que se requiere, y en consecuencia evaluar y gestionar los recursos económicos necesarios para la implementación del sistema de protección activo contra incendios propuesto para la casa de control del apilador radial.

Al ser esta propuesta una medida necesaria para minimizar la consecuencia de un evento de incendio, lo que se pretende con la estimación económica, es determinar cuál será el beneficio de esta inversión frente al costo del proyecto.

3.2.1. Cuantificación de materiales

3.2.2. Cuantificación de materiales para el sistema de supresión de incendios

Tabla 3-3 Equipos y materiales necesarios sistema de supresión.

Item.	Material.	Descripción.	Cantidad.
1	Cilindro Novec-1230	Capacidad 280 lbs.	1 und.
2	Soporte de cilindro (Brackets)	29,5 in. (75 cms.)	2 und.
3	Tubería galvanizada	Diámetro 2 in. clase 300	8 mts.
4	Curva 90° galvanizada	Diámetro 2 in. clase 300	1 und.
5	Tapón final de línea, HI	Diámetro 2 in. clase 300	1 und.
6	Flexible HI/HI	Conexión 2 in. x 50 cms.	1 und.
7	Soporte tubería descarga	Para tubería de 2 in.	3 und.
8	Boquilla de descarga	Diámetro 2 in. 360 grados	1 und.
9	Actuador manual de disparo	Certificado.	1 und.
10	Varios	Tarugos, teflón, etc.	gl.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Cuantificación de materiales para el sistema de detección y alarma de incendios

Tabla 3-4. Equipos y materiales necesarios sistema de detección y alarma.

Item.	Material.	Descripción.	Cantidad.
1	Panel central de alarmas y extinción de incendios	Certificado para extinción con agentes gaseosos	1 und.
2	Batería de respaldo	12 vdc, 12 amp, VRLA	4 und.

Tabla 3-4. (Continuación)

3	Estación manual de alarma y descarga	Convencional, certificadas	2 und.
4	Actuador eléctrico de disparo	Válvula solenoide 24 vdc, certificado	1 und.
5	Estación de mantenimiento.	Certificado para extinción con agentes gaseosos	1 und.
6	Botón de aborto de descarga	Certificado para extinción con agentes gaseosos	1 und.
7	Detector de humo puntual.	Fotoelétrico convencional, 2 hilos, certificados	2 und.
8	Sirena de alarma.	105 dB, IP67, certificada	2 und.
9	Luz estroboscópica de alarma.	34 cd, IP67, certificada	2 und.
10	Detector de humo por muestreo de aire.	100 mts2, 24 vdc, certificado	1 und.
11	Fuente poder auxiliar.	24 vdc, 6 amp, certificada.	1 und.
12	Adaptador de tubería	Pvc, 1 in	1 und.
13	Etiqueta para punto de muestreo.	Papel adhesivo	4 und.
14	Copla tubería	Pvc, 1 in	6 und.
15	Tapón tubería	Pvc, 1 in.	2 und.
16	Codo de 90° tubería.	Pvc, 1 in	4 und.
17	Tubería PVC, SCH-40 2.40 MTS C/U (UL)	Pvc, 1 in.	8 und.
18	Tee tubería	Pvc, 1 in	1 und.
19	Tuerca union americana	Pvc, 1 in.	2 und.
20	Abrazadera tipo cady	1 in.	16 und.

21	Cable de alarma contra incendios	FPL, 2x16 AWG, certificado.	305 mts.
22	Conduit eléctrico galvanizado	3/4 in, norma IEC 61386-21/22 NCH 4	100 mts.
23	Codo de 90° eléctrico galvanizado	3/4 in, norma IEC 61386-21/22 NCH 4	12 und.
24	Caja 100x100 eléctrica galvanizada	100x100 Norma IEC 61386-21/22 NCH	14 und.
25	Terminal de caja eléctrico galvanizado	3/4 in, norma IEC 61386-21/22 NCH 4	30 und.
26	Varios	Tarugos, tornillos, cinta aislante, etc.	gl.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4. Otros costos asociados por servicios para la implementación del sistema propuesto

Tabla 3-5. Servicios de ingeniería y mano de obra.

Item.	Servicio	Cantidad.
1	Servicio de ingeniería de detalle para el proyecto de protección contra incendios.	1 und.
2	Servicio de montaje del sistema de protección contra incendios.	1 und.
3	Servicio de prueba de hermeticidad de la sala de control protegida.	1 und.
4	Servicio de pruebas de aceptación del sistema de protección contra incendios.	1 und.
5	Servicio de inspección, prueba y mantenimiento del sistema de protección contra incendios	1 und.

Fuente: Elaboración Propia

3.3. PRESUPUESTOS REFERENCIALES

3.3.1. Presupuesto de materiales para el sistema de supresión de incendios

Tabla 3-6. Cotización sistema supresión de incendios

Cotización 001774					
Obra:		Valorización de equipos para sistema de supresión de incendios.			
Detalle					
Nº	Descripción	Unidad medida	Valor USD	Cantidad	V. Total USD
1	Cilindro Novec-1230 Capacidad 280 lbs.	unidad	\$ 12.911,6	1	\$ 12.911,6
2	Soporte de cilindro (Brackets) 29,5 in. (75 cms.)	unidad	\$ 247,0	2	\$ 494,0
3	Tubería galvanizada Diámetro 2 in. clase 300	mts.	\$ 5,2	8	\$ 41,6
4	Curva 90° galvanizada Diámetro 2 in. clase 300	unidad	\$ 8,8	1	\$ 8,8
5	Tapón final de línea, HI Diámetro 2 in. clase 300	unidad	\$ 2,8	1	\$ 2,8
6	Flexible HI/II Conexión 2 in. x 50 cms.	unidad	\$ 8,5	1	\$ 8,5
7	Soporte tubería descarga Para tubería de 2 in.	unidad	\$ 1,3	3	\$ 3,9
8	Boquilla de descarga	unidad	\$ 699,4	1	\$ 699,4
9	Actuador manual de disparo	unidad	\$ 559,0	1	\$ 559,0
10	Varios	unidad	\$ 722,2	1	\$ 722,2
NOTAS:					
Subtotal					\$ 15.451,7
IVA					\$ 2.935,8
Total con IVA					\$ 18.387,5

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. Presupuesto de materiales para el sistema de detección y alarma de incendios

Tabla 3-7. Cotización sistema de detección y alarma de incendios

Cotización 001773					
Obra:		Valorización de equipos para sistema de detección y alarma de incendios			
Detalle					
Nº	Descripción	Unidad medida	Valor USD	Cantidad	V. Total USD
1	Panel central de alarmas y extinción de incendios Certificado para extinción con agentes gaseosos	unidad	\$ 2.239,9	1	\$ 2.239,9
2	Batería de respaldo 12 vdc, 12 amp, VRLA	unidad	\$ 80,6	4	\$ 322,4
3	Estación manual de alarma y descarga Conveccional, certificadas	unidad	\$ 132,6	2	\$ 265,2
4	Actuador eléctrico de disparo Válvula solenoide 24 vdc, certificado	unidad	\$ 586,3	1	\$ 586,3
5	Estación de mantenimiento. Certificado para extinción con agentes gaseosos	unidad	\$ 546,0	1	\$ 546,0
6	Botón de aborto de descarga Certificado para extinción con agentes gaseosos	unidad	\$ 157,3	1	\$ 157,3
7	Detector de humo puntual Fotoeléctrico convencinal, 2 hilos, certificados	unidad	\$ 80,6	2	\$ 161,2
8	Sirena de alarma 105 dB, IP67, certificada	unidad	\$ 55,2	2	\$ 110,3
9	Luz estroboscópica de alarma 34 cd, IP67, certificada	unidad	\$ 52,6	2	\$ 105,1
10	Detector de humo por muestreo de aire 100 mts2, 24 vdc, certificado	unidad	\$ 3.931,0	1	\$ 3.931,0
11	Fuente poder auxiliar 24 vdc, 6 amp, certificada.	unidad	\$ 692,4	1	\$ 692,4
12	Adaptador de tubería Pvc, 1 in	unidad	\$ 6,5	1	\$ 6,5
13	Etiqueta para punto de muestreo Papel Adhesivo Pvc, 1 in	unidad	\$ 96,1	4	\$ 384,5
14	Copla tubería Pvc, 1 in Pvc, 1 in	unidad	\$ 3,3	6	\$ 19,7
15	Tapon tubería Pvc, 1 in Pvc, 1 in	unidad	\$ 2,8	2	\$ 5,5
16	Codo de 90° tubería Pvc, 1 in	unidad	\$ 8,8	4	\$ 35,2
17	Tubería PVC, SCH-40 2.40 MTS C/U (UL) Pvc, 1 in	unidad	\$ 27,3	8	\$ 218,2
18	Tee tubería Pvc, 1 in	unidad	\$ 5,3	1	\$ 5,3
19	Tuerca union americana Pvc, 1 in	unidad	\$ 14,6	2	\$ 29,3
20	Abrazadera tipo cady 1 in.	unidad	\$ 2,7	16	\$ 43,7
21	Cable de alarma contra incendios FPL, 2x16 AWG, certificado	mts	\$ 0,5	305	\$ 150,7
22	Conduit eléctrico galvanizado 3/4 in, norma IEC 61386-21/22 NCH 4	mts	\$ 5,2	100	\$ 520,0
23	Codo de 90° eléctrico galvanizado 3/4 in, norma IEC 61386-21/22 NCH 4	unidad	\$ 8,2	12	\$ 98,3
24	Caja 100x100 eléctrica galvanizada 100x100 Norma IEC 61386-21/22 NCH 4	unidad	\$ 2,2	14	\$ 30,2
25	Terminal de caja eléctrico galvanizado 3/4 in, norma IEC 61386-21/22 NCH 4	unidad	\$ 0,5	30	\$ 15,6
26	Varios	gl	\$ 436,9	1	\$ 436,9
NOTAS:					
Subtotal					\$ 11.116,7
IVA					\$ 2.112,2
Total con IVA					\$ 13.228,9

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3. Presupuesto por servicios para la implementación del sistema propuesto

Tabla 3-8. Cotización servicios de ingeniería y mano de obra

Cotización 001775					
Obra: Valorización por servicios para la implementación del sistema.					
Detalle					
Nº	Descripción	Unidad medida	Valor USD	Cantidad	V. Total USD
1	Servicio de ingeniería de detalle para el sistema de protección contra incendios.	gl	\$ 2.688,0	1	\$ 2.688,0
2	Servicio de montaje del sistema de protección contra incendios.	gl	\$ 5.950,0	1	\$ 5.950,0
3	Servicio de prueba de hermeticidad de la sala de control protegida.	gl	\$ 3.200,0	1	\$ 3.200,0
4	Servicio de pruebas de aceptación del sistema de protección contra incendios.	gl	\$ 1.290,0	1	\$ 1.290,0
5	Servicio de inspección, prueba y mantenimiento del sistema de protección contra incendios (semestral)	gl	\$ 1.290,0	2	\$ 2.580,0
NOTAS:					
Subtotal					\$ 15.708,0
IVA					\$ 2.984,5
Total con IVA					\$ 18.692,5

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4. Sobre los equipos cotizados

Por regla general los sistemas de protección contra incendios están destinados primeramente a la protección de la vida, en segundo lugar, la protección de la propiedad y finalmente mantener la continuidad del negocio. Es por esta razón, que los sistemas de protección automáticos contra incendios que se instalen deben cumplir el objetivo principal de ser confiables, es decir que garanticen la máxima probabilidad de un buen funcionamiento al momento de requerirse, manteniendo así su eficacia a lo largo del tiempo. Por lo tanto, es de crucial importancia que los productos y equipos usados en el sistema, como así también la mano de obra de instalación,

sean debidamente certificados y/o aprobados. Sólo de esa manera se puede garantizar el funcionamiento adecuado del sistema.

A continuación, se describirán los equipos que fueron cotizados y sus principales características:

3.3.5. Cilindro de agente gaseoso limpio Novec-1230

Los contenedores de agentes limpios de Fike son de acero pintado, disponibles en varios tamaños

Cada contenedor se llena de fábrica con fluido Novec 1230 en incrementos de 1 libra (0,5 kg) hasta alcanzar el nivel requerido y luego se sobre presuriza con nitrógeno a 500 psig a 70° F (34,5 bar a 21°C).

Sobre la confiabilidad: Cada contenedor se fabrica en estricta conformidad con el Departamento de Transporte de EE. UU. (DOT) regulaciones y ha superado con éxito las pruebas realizadas por:

Factory Mutual (FM) y Underwriters Laboratories, Inc. (UL). Cada contenedor es probado contra fugas y presión. probado a 1000 psi (69 bar) antes del envío.

Certificaciones para uso en sistemas de protección contra incendios:

- Laboratorios Underwriters (UL)
- Laboratorios Underwriters de Canadá (ULC)
- Mutua de fabricantes (FM)

Origen: Fabricado en los EE. UU

3.3.6. Actuador eléctrico de disparo

El operador de válvula de impulso (IVO) proporciona medios para activar eléctrica o manualmente el sistema Fike. La válvula de impulso proporciona la fuerza necesaria para extender un pistón que abra el disco de ruptura del cilindro, permitiendo que el agente se libere del recipiente. El IVO se puede activar eléctricamente mediante una señal del panel de control o manualmente mediante botón de golpe rojo.

Certificaciones para uso en sistemas de protección contra incendios:

- Laboratorios Underwriters (UL)
- Laboratorios Underwriters de Canadá (ULC)
- Mutua de fabricantes (FM)

Origen: Fabricado en los EE. UU

3.3.7. Unidad central de control de alarmas

Los paneles de control de alarma contra incendios inteligentes NFS-320 son parte de la serie ONYX de NOTIFIER, listada por UL. Está diseñado específicamente para aplicaciones pequeñas con características que minimizan el tiempo de instalación, permiten tiempos de respuesta más rápidos y simplifican el mantenimiento y la usabilidad.

Características y beneficios:

- Totalmente programable en campo.
- Diseño de chasis extraíble para una fácil instalación y servicio.

- Conexión directa al sistema de comunicaciones de emergencia NOTIFIER FirstCommand™
- Conectable en red con NOTI-FIRE-NET y ONYXWorks compatible con hasta 200 nodos para NFN
- Comunicador IP o GSM opcional

Certificaciones para uso en sistemas de protección contra incendios:

- Laboratorios Underwriters UL: S635.
- Aprobado por ULC: S635 (sólo NFS-320C, excluye IPDACT).
- Mutua de fabricantes FM.

Origen: Fabricado en los EE. UU.

3.3.8. Unidad detectora de humo por muestreo de aire

El VESDA VLF es un detector de humo, de temprana advertencia, diseñado para proteger importantes y pequeñas áreas, en su compañía. (inferiores a 250m²). El detector trabaja tomando continuamente muestras de aire del ambiente a través de orificios situados en una red de tuberías. El aire se filtra y pasa por una cámara de detección, donde la tecnología Láser de dispersión de la luz detecta la presencia de cantidades muy pequeñas de humo. La información sobre el estado del detector de humo puede ser transferida a la pantalla de este, a relés o tarjetas de interfaz opcionales.

Características y beneficios

- Instalación y puesta en servicio listas para usar.
- Detección ultrasónica del flujo de aire.
- Detección absoluta de humo basada en láser.
- Umbrales de alarma programables.

- Protección óptica de barrera de aire limpio.
- Flujo de AutoLearn™.
- Humo AutoLearn™.
- Registro de eventos: hasta 18000 eventos.

Certificaciones para uso en sistemas de protección contra incendios:

- Laboratorios Underwriters UL
- ULC
- Mutua de fabricantes FM
- Certificación de Prevención de Pérdidas Reino Unido LPCB
- VNIPO
- AFNOR
- ActivFire
- CE - EMC y CPD
- EN 54-20

Origen: Fabricado en los EE. UU.

3.3.9. Fuente poder auxiliar

La Serie PS es una línea de suministro de energía remota de NOTIFIER, es una fuente de alimentación remota de 6 amperios con cargador de batería que se puede conectar a cualquier panel de control de alarma contra incendios de 12 o 24 voltios. (FACP) o usarse como fuente de alimentación independiente. La serie PS proporciona alimentación de 24 VCC para NAC (circuitos de aparatos de notificación) con múltiples opciones de protocolo de sincronización. La serie PS también proporciona energía auxiliar, constante o reinicial, adecuada para detectores,

anunciadores y otros periféricos del sistema de alarma contra incendios. El gabinete de la serie PS puede contener dos baterías de 7 AH o 18 AH y puede cargar hasta 33 baterías AH en un gabinete separado. El PSE-6E es clasificado para funcionamiento a 240 V. Características y beneficios

- Óptimo para alimentar detectores de humo de cuatro cables, anunciadores y otros periféricos del sistema que requieren energía regulada.
- Capacidad de conectar en cascada hasta cuatro fuentes de alimentación.
- Modos de historial de problemas para soporte de diagnóstico.
- Valor de supervisión de fin de línea de amplio rango (normal: 2K-27K ohmios).
- Detección de falla a tierra seleccionable (activar o desactivar).
- Temporizador de retraso del informe de problemas de CA.
- Completamente configurable mediante interruptores DIP integrados, no se requiere software adicional.
- Autónomo en un gabinete compacto con cerradura construido de acero de gran calibre con una capa de pintura en polvo resistente a la corrosión y un acabado resistente a los rayones.
- Gabinete diseñado con diez orificios ciegos dobles y una puerta removible para facilitar la instalación y el cableado

Certificaciones para uso en sistemas de protección contra incendios:

- Laboratorios Underwriters UL: S635, S674
- ULC Listed: S635 (PSE-6/10C)
- CSFM Approved: 7315-0028:0513
- FDNY Approved
- Mutua de fabricantes FM

Origen: Fabricado en los EE. UU.

3.3.10. Detector de humo puntual fotoeléctrico

Los modelos FSP-951 y FSP-951-IV son sensores de humo de tipo enchufable que combinan una cámara de detección fotoelectrónica con comunicaciones analógicas direccionables.

La sensibilidad del detector de la serie FSP-951 se puede programar en el software del panel de control. La sensibilidad se monitorea continuamente y se informa al panel. La capacidad de identificación de puntos permite configurar la dirección de cada detector con interruptores de dirección decimal rotativos, lo que proporciona una ubicación exacta del detector para el mantenimiento selectivo cuando la contaminación de la cámara alcanza un nivel inaceptable.

Características y beneficios:

- Diseño elegante y de perfil bajo.
- Detección de humo fotoeléctrica.
- Comunicaciones analógicas.
- Corriente de espera baja.
- Interruptores de dirección giratorios.
- LED duales para visibilidad de 360°.

Certificaciones para uso en sistemas de protección contra incendios:

- Laboratorios Underwriters UL: S1115
- CSFM: 7272-0028: 0503

Origen: Fabricado en los EE. UU.

3.3.11. Estación manual de alarma y descarga de agente extintor

La serie Notifier NBG-12LRA es una serie rentable y repleta de funciones de estaciones manuales de alarma contra incendios no codificadas. Además, fue diseñado para satisfacer múltiples aplicaciones teniendo en cuenta al instalador y al usuario final.

Además, su diseño innovador, construcción duradera y múltiples opciones de montaje hacen que la serie NBG-12LRA sea sencilla de instalar, mantener y operar. Además, las estaciones manuales NBG-12LRA proporcionan un área texturizada para sujetar los dedos que incluye texto en Braille. Además, para EMPUJAR y HACER ABAJO el texto, hay flechas que indican cómo operar la estación, proporcionadas para personas que no hablan inglés.

Características y beneficios:

- Atractiva forma contorneada y acabado de textura ligera.
- Fácilmente operado
- La estación se puede abrir para inspección y mantenimiento sin iniciar una alarma.
- Los números de terminales vienen moldeados en la placa posterior, lo que elimina la necesidad de etiquetas.
- Los contactos del interruptor están normalmente abiertos.
- La cubierta, la placa posterior y la manija de operación están moldeadas con un material de policarbonato duradero.
- El bloqueo hexagonal patentado en EE. UU. solo necesita un cuarto de vuelta para bloquear/desbloquear.

Origen: Fabricado en los EE. UU

Certificaciones para uso en sistemas de protección contra incendios:

- Laboratorios Underwriters UL Listed: S692
- MEA Listed: 67-20-E

- Mutua de fabricantes FM
- CSFM: 7150-0028:0199

3.3.12. Sirena de alarma con luz estroboscópica

El sensor del sistema P2RL-SP es una bocina estroboscópica de dos cables roja para montaje en pared. La unidad presenta FUEGO impreso en blanco y una lente transparente.

Todos los dispositivos cuentan con diseños enchufables con una intrusión mínima en la caja posterior, lo que hace que las instalaciones sean rápidas e infalibles y, al mismo tiempo, elimina virtualmente las costosas y lentas fallas a tierra.

Para simplificar aún más la instalación y proteger los dispositivos contra daños en la construcción, la Serie L utiliza una placa de montaje universal para todos los modelos con un resorte de cortocircuito incorporado, de modo que los instaladores puedan probar la continuidad del cableado antes de instalar el dispositivo.

Características y beneficios:

- Dispositivos de perfil pequeño para bocinas y luces estroboscópicas de bocina
- Diseño enchufable con mínima intrusión en la caja posterior
- Construcción resistente a manipulaciones
- Selección automática de funcionamiento de 12 o 24 voltios a 15 y 30 candela
- Configuraciones de candela seleccionables en campo en unidades de pared: 15, 30, 75, 95, 110, 135 y 185
- Bocina con clasificación de 88+ dBA a 16 voltios
- Interruptor giratorio para tono de bocina y dos selecciones de volumen
- El resorte de cortocircuito de la placa de montaje verifica la continuidad del cableado antes instalación del dispositivo.

Origen: Fabricado en los EE. UU

3.4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Es importante señalar que el contrato celebrado entre la empresa AES Gener S.A. (mandante) y SK Industrial S.A (contratista) por los servicios de; Ingeniería, suministro, construcción, montaje, pruebas y puesta en servicio de apilador radial del complejo termoeléctrico Ventanas, en septiembre del año 2011. Ascendió a la suma de 195.987.64 UF :

“El precio del contrato será la suma única, total y definitiva de 195.987,64 UF (ciento noventa y cinco mil novecientos ochenta y siete, coma sesenta y cuatro Unidades de Fomento), más IVA cuyo detalle (itemizado de presupuesto) se adjunta en el Anexo B de este contrato” (Extracto del contrato del servicio AES Gener S.A.)

3.4.1. Tabla de análisis económico de costos totales

Tabla 3-9. Análisis económico de inversión.

COSTOS REALES DEL PROYECTO "APILADOR RADIAL"	
COSTO TOTAL REAL DEL PROYECTO (195.987,64 UF)	US\$ 7.899.855,27
PORCENTAJE DEL COSTO DE LA CASA DE CONTROL CON RESPECTO AL COSTO TOTAL REAL DEL PROYECTO.	20%
COSTO TOTAL REAL DE CASA DE CONTROL	US\$ 1.579.971,54
INVERSION NECESARIA PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.	
COSTO DE EQUIPOS PARA SISTEMA DE SUPRESION DE INCENDIOS	US\$ 15.451,7
COSTO DE EQUIPOS PARA SISTEMA DE DETECCION Y ALARMA DE INCENDIOS	US\$ 11.116,7

COSTOS POR SERVICIOS DE INGENIERIA E INSTALACION DEL SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS PROPUESTO	US\$ 15.708,0
---	---------------

Tabla 3-9. (Continuación)

TOTAL, DE LA INVERSION NECESARIA PARA PROPUESTA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS	US\$ 42.366,4
INVERSION NECESARIA EN % DEL COSTO REAL DEL PROYECTO	
PORCENTAJE DEL COSTO DE LA PROPUESTA CON RESPECTO AL COSTO TOTAL REAL DEL PROYECTO "APILADOR RADIAL"	0,54 %
PORCENTAJE DEL COSTO DE LA PROPUESTA CON RESPECTO AL COSTO TOTAL REAL DE LA CASA DE CONTROL.	2.70%

Fuente: Elaboración propia

Nota: Valores no incluyen IVA.

Conclusión del análisis económico: Dado los resultados mostrados en el análisis económico anterior, donde podemos observar que la inversión total necesaria para la implementación del sistema automático de protección contra incendios propuesto solo asciende al 0,54% del costo total real del proyecto “apilador radial” y tan solo el 2,70% de valor total real de la casa de control. Queda entonces demostrado que frente al gran valor económico que tiene como activo esta casa de control y los equipos albergados en su interior, el beneficio de protegerla versus el costo de implementación del sistema propuesto se deduce justificado.

CONCLUSIONES

Si bien es cierto, que para nuestro caso de estudio (casa de control de apilador radial) la ocurrencia de un incendio es poco probable, es importante destacar que las consecuencias de este tipo de eventos en este tipo de instalaciones pueden llegar a ser catastróficas, como así quedó demostrado en los eventos de incendios pasados que afectaron al Puerto Ventanas y Planta generadora eléctrica Colbún, el 22 de diciembre del 2022 y el 4 de agosto del 2023 respectivamente, ambas industrias que se vieron afectadas se encuentran directamente relacionadas con el ámbito de la generación eléctrica en la quinta región.

Finalmente, por todo lo expuesto con anterioridad, se concluye que la propuesta de protección contra incendios basada en un sistema de supresión con agente gaseoso limpio Novec-1230 y la implementación de un sistema de detección temprana de humo, ambos presentados en este trabajo, cumple con la normativa exigida y representa la mejor alternativa costo/beneficio para brindar protección a los activos alojados en la casa de control de apilador radial y permitir la continuidad de las operaciones.

BIBLIOGRAFÍA

SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Pliego técnico normativo: RPTD N° 08, protección contra incendios. [En línea]. Santiago de Chile. 10/09/2020. Disponible en <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2020/09/Pliego-T%C3%A9cnico-Normativo-RPTD-N%C2%B008-Proteccion-contra-incendios.pdf>

SEA: Servicio de evaluación ambiental. Estudio evaluación impacto ambiental: Central térmica RG generación. Ventanas, Puchuncaví. [En línea]. 2010-2011. Disponible en <https://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=71/89/d91860b10b3255be7e978b8e386b4e05a61f>.

SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Reglamento de seguridad de instalaciones, producción, transformación, transporte y distribución de energía eléctrica. Norma NSEG. Santiago de Chile. [En línea]. Septiembre 2020. Disponible en http://doc.ingenieros.cl/dia_ie_sec.pdf

VALDÉS GACITÚA, Patricio. Las técnicas y agentes dependerán de la estrategia seleccionada para la protección del equipamiento. Revista Electroindustria. Investigación y ciencia. [En línea]. Santiago de Chile. Noviembre 2018. Disponible en <https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3346&ni=patricio-valdes-gacitua-idiem-las-tecnicas-y-agentes-dependeran-de-la-estrategia-seleccionada-para-la-proteccion-del-equipamiento>.

MONCADA PEREZ, Jaime. Manual de protección contra incendios. 5ªed. Colombia. Marzo 2009. 1200 p. ISBN: 0-87765-851-x.

TEJEDA, Ricardo. Salas Eléctricas Prefabricadas – PEABB. [En línea]. Revista abb. 2015. Disponible en <https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/documentos-peru/presentaciones-primeras-jornadas-tecnicas-abb-peru/pa/soluciones-y-fabricaci%C3%B3n-de-salas-el%C3%A9ctricas-prefabricadas-ricardo-tejada.pdf?sfvrsn=2>.

VILLAFUERTE. Eduardo. Sistemas de prevención y protección contra incendios. [En línea]. Abril 2019. Disponible en <https://eduardovillafuerteblog.wordpress.com/2019/04/01/que-es-el-fm200-y-como-funciona/>

KAISER. Lee. ORR Protection. Coming Changes for FM-200 and ECARO-25 Fire Suppression Agents [En línea]. 2022. Disponible en <https://www.orrprotection.com/hubfs/Coming%20Changes%20for%20FM-200%20and%20ECARO-25%20Fire%20Suppression%20Agents.pdf>

CRUZ, Felipe. Diseño de sistemas de agente limpio bajo norma NFPA 2001. [En línea]. Revista Anraci. 2018. Disponible en <https://anraci.org/wp-content/uploads/2018/11/PRESENTACION-AGENTES-LIMPIOS-JCI-FACM.pdf>

AGENTES limpios. [videoconferencia]. Néstor Adolfo Botta. Argentina. Dic.2020. 71 min. Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=_DLpTnLrCJI&t=18s

NFPA 72. National fire protection association. National Fire Alarm and Signaling Code. 1º ed. 2016. Editorial: Delmar Cengage Learning. 369p. ISBN: 145591164X.

NFPA 2001. National fire protection association. Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems. 2º ed. 2012. Editorial: Delmar Cengage Learning. 116p. ISBN: 1455901288.

NFPA 12. National fire protection association. Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems. 8^o ed. 2018. Editorial: Delmar Cengage Learning. 63p. ISBN: 1455918725

ANEXOS

GLOSARIO

Agente extintor: Sustancia en estado sólido, líquido o gaseoso, que en contacto con el fuego y en la cantidad adecuada lo apaga.

Agente limpio: Los agentes limpios son aquellos agentes extintores gaseosos, no conductores eléctricamente y que se evaporan al ser aplicado sin dejar residuos, siendo mucho más amigables con el medio ambiente que otras opciones.

Automático: Que opera por sí mismo o por su propio mecanismo.

Casa de Control: Edificación que alberga el equipo de control, protección y medida en las subestaciones eléctricas.

Centro de control de motores: Es un tablero que tiene como funciones principales las de alimentar, controlar y proteger circuitos cuyas cargas, generalmente, son motores.

Concentración agente: Proporción de agente extintor en una mezcla agente - aire, expresada como porcentaje en volumen.

Detección: Proceso mediante el cual detectores automáticos de humo, llama, gas o calor que actúan por el estímulo detectan las variables según el método empleado.

Dióxido de Carbono CO₂: Compuesto de carbono y oxígeno que existe como gas incoloro en condiciones de temperatura y presión estándar usado como agente para supresión de incendios.

Enfriamiento: En la técnica de extinción, se entiende por enfriamiento, la pérdida de calor del cuerpo combustible debajo de su punto de inflamabilidad.

Estaciones manuales de alarma de incendio: Dispositivo iniciador de alarma manual que transmite una señal a una central de detección y alarma, centralizada y permanentemente vigilada.

Estructura: Todo aquello que puede ser construido o edificado.

FM-200, Heptafluoropropano, HFC-227ea O HFC-227 o: es un halocarbono gaseoso incoloro e inodoro que se usa comúnmente como agente de supresión de incendios.

Fuego incipiente: Se trata del fuego en su etapa inicial, cuando puede ser controlado o extinguido

Fuego: Es la oxidación rápida de un combustible con desprendimiento de energía en forma de luz, calor y humo.

Incendio: Es una combustión sin control, que se propaga principalmente por las llamas que produce, destruyendo todos los materiales combustibles que encuentra a su paso.

Listado: Se refiere básicamente a materiales y equipos que figuran en una lista publicada por laboratorios u organizaciones aceptables por la autoridad competente y luego que estos han superado protocolos de ensayo específicos.

LOAEL: Concentración mínima a la cual se ha observado un efecto adverso de carácter fisiológico o toxicológico.

Manual: Operado directamente por una persona

NFPA 12 Norma para sistemas extintores de dióxido de carbono.

NFPA 2001: Norma sobre sistemas de extinción de incendios con agentes limpios.

NFPA 72: Código nacional de señalización y alarmas contra incendios.

NFPA: Siglas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de Estados

NOAEL: Concentración máxima a la cual no se ha observado ningún efecto adverso de carácter fisiológico o toxicológico.

NSEG 5-71: Norma chilena de corrientes fuertes.

Panel central de Incendios: Unidad de control electrónica de detección y alarma de incendios que supervisan el estado operativo de los detectores de humo, temperatura, gas y otros.

Recinto o Espacio Normalmente Ocupable: Un recinto o espacio cuyas dimensiones y características físicas podrían permitir el acceso de una persona.

Riesgo de incendio: El término riesgo de incendio puede ser utilizado en un sentido específico para referirse a cosas materiales o condiciones dadas, susceptibles de originar directa o indirectamente un incendio o explosión.

Riesgo: Probabilidad de ocurrencia de un suceso que pueda causar un daño a las personas, o a las cosas.

RPTD N°08: Pliego técnico normativo chileno de protección contra incendios.

Sistema automático de supresión de incendios: Instalación que detecta los productos de la combustión de un fuego y activa un sistema para la supresión del fuego.

Sistema de detección de humo puntual: El detector óptico puntual de humo está destinado a detectar el humo visible que acompaña a la propagación del incendio

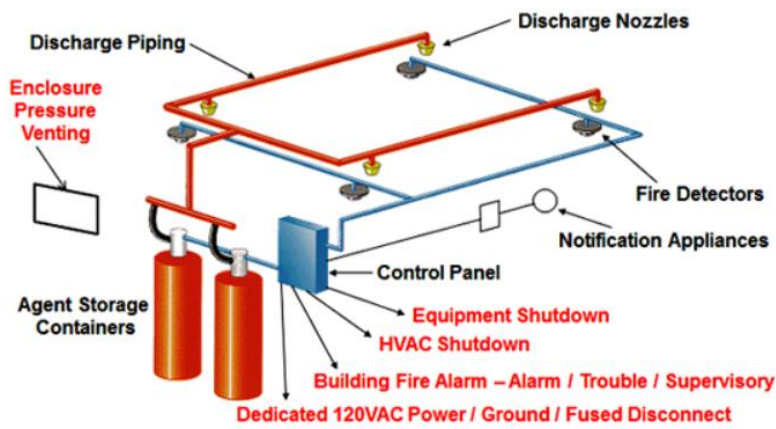
Sistema de detección temprana de humo por aspiración: Los sistemas de detección de humo por aspiración se basan en el análisis del aire aspirado de la zona protegida mediante una red de tuberías.

Sub estación eléctrica: Son instalaciones encargadas de realizar transformaciones de tensión, frecuencia, número de fases o conexiones de dos o más circuitos.

Unidos de Norteamérica

Artículo 10.- Los pliegos de normas técnicas que deberá dictar la Superintendencia, previa aprobación de la Comisión, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 10° de la ley, serán los siguientes:

1	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 01.	Tensiones y frecuencias nominales.
2	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 02.	Clasificación de instalaciones.
3	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 03.	Proyectos y estudios.
4	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 04.	Conductores.
5	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 05.	Aislación.
6	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 06.	Puesta a tierra.
7	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 07.	Franja y distancias de seguridad.
8	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 08.	Protección contra incendios.
9	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 09.	Señalización de seguridad de instalaciones.
10	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 10.	Centrales de producción y subestaciones.
11	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 11.	Líneas de alta y extra alta tensión.
12	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 12.	Líneas eléctricas de diferente tensión en estructura común (multitensión)
13	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 13.	Líneas eléctricas de media y baja tensión
14	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 14.	Apoyo en postes por terceros.
15	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 15.	Operación y mantenimiento.
16	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 16.	Puesta en servicio.
17	Pliego Técnico Normativo - RPTD N° 17.	Sistema de Gestión de Integridad de Instalaciones Eléctricas.



retrotec FanTestic Integrity		versión: 5.14.88	Licencia de: Teknica Chile
Fecha de prueba: 07-12-2023		por: David Pangue	Certificación:
Ubicación:		Edificio: Sala Servidores piso S01	
Testigo: David Pangue		Dpangue@tecnica.cl	
Condiciones del recinto antes de la descarga		Detalles del agente extintor	
Volumen neto protegido, V [m³]	113	Agente	Novec 1230 [FK-5-1-12]
Altura de desborde máx., H _o [m]	3,8	Cantidad [kg]	88,6
Altura de protección requerida, H _p [m]	2,0	Tipo	Halocarbon
Temperatura de diseño, T [C]	20,0	Tiempo de descarga, [s]	10
Límite de presión del recinto, [Pa]	500	tiempo de retención de la mezcla	No
Tiempo de retención específico, [min]	10	Concentración inicial, c _i	5,7947%
Elevación, [m]	709	Concentración de diseño, c	4,5%
Humedad de diseño mínima	30%	Sesgo durante retención, P _{bh} [Pa]	0
Humedad de diseño máxima	60%		
Equipo a evaluar		Resultados de tiempo de retención	
Marca/modelo ventilador	Retrotec 6000	Exponente de fuga, n	0,787
# serie ventilador		Constante de fuga, k ₁ [m³/h/Pa ⁿ]	180,0
Fecha de calibración de Ventilador		Área total de fuga, [cm²]	1.229
Marca/modelo medidor	DM32X	Tiempo de retención predicho, t [min]	7,1
# serie medidor	500807		
Fecha de calibración de medidor			

Cumplimiento de tiempo de retención basado en el Anexo C de NFPA 2001 (2012 Edición)

Los cálculos predicen que el recinto mantendrá la concentración mínima de 3,825% a la altura protegida requerida de 2,0 m durante **7,1 minutos**. El recinto **FALLA** este procedimiento de aceptación debido a que este tiempo de retención es menos que el mínimo especificado de 10 minutos.

