

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**Investigación y creación de un manual de diseño para sistemas de
supresión por agente limpio «Novec» 1230**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA**

AUTOR: JÉREMY ELLIS CHAVARRÍA

TUTOR: ING. OMAR ZÚÑIGA MORA

LECTOR:

**SEDE ARANJUEZ
AGOSTO, 2019**

TABLAS.....	7
FIGURAS.....	8
I. DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO.....	13
II. RESUMEN.....	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
OBJETIVOS.....	18
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>18</i>
JUSTIFICACIÓN.....	18
ANTECEDENTES.....	20
<i>Antecedentes Nacionales.....</i>	<i>20</i>
<i>Antecedentes Internacionales.....</i>	<i>26</i>
PROYECCIÓN.....	29
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	30
COMBUSTIÓN (FUEGO).....	33
<i>Calor.....</i>	<i>35</i>
<i>Combustible.....</i>	<i>35</i>
<i>Combustión.....</i>	<i>35</i>
CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FUEGOS.....	36
<i>Tipo "A".....</i>	<i>36</i>
<i>Tipo "B".....</i>	<i>36</i>
<i>Tipo "C".....</i>	<i>36</i>

	2
<i>Tipo "D".</i>	36
<i>Tipo "K".</i>	37
CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS CONTRA INCENDIO	37
CLASIFICACIÓN DE RIESGO	37
<i>Riesgos ligeros.</i>	37
<i>Riesgos ordinarios.</i>	37
<i>Riesgos extraordinarios.</i>	38
CLASIFICACIÓN DE MERCANCÍAS.....	38
<i>Clase 1.</i>	39
<i>Clase 2.</i>	39
<i>Clase 3.</i>	39
<i>Clase 4.</i>	40
SELECCIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	40
MÉTODOS DE PROTECCIÓN AUTOMÁTICA DE INCENDIOS.....	40
<i>Sistemas de alarma de incendio.</i>	40
<i>Sistemas de Extinción de Incendios.</i>	44
AGENTES LIMPIOS.....	58
<i>Agentes químicos.</i>	66
<i>Agentes físicos.</i>	66
<i>Perfluorocarbonos.</i>	66
<i>Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs).</i>	67
<i>Hidrofluorocarbonos (HFCs).</i>	67
<i>Gases inertes.</i>	67
<i>Perfluorocetonas.</i>	67
NOAEL Y LOAEL.....	70

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	73
ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	73
MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	73
<i>Retrospectivos.</i>	73
<i>Descriptiva.</i>	74
<i>Prospectiva.</i>	74
<i>Experimental.</i>	74
<i>Evaluativo.</i>	74
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	75
VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS.....	75
<i>Cuantitativas.</i>	75
<i>Cualitativas.</i>	76
INSTRUMENTOS.....	78
PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	78
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	79
CUESTIONARIO PLANTEADO	79
1. <i>¿Ha escuchado usted de la N.F.P.A?</i>	79
2. <i>¿Qué significado tienen las siglas N.F.P.A? *</i>	79
3. <i>¿Conoce usted acerca de que trata la norma NFPA 72?</i>	80
4. <i>¿Cuáles dispositivos son comúnmente utilizados en el diseño de un sistema de detección de incendios?</i>	80
5. <i>¿Conoce usted acerca de la norma NFPA 2001?</i>	80
6. <i>¿Sabe usted en qué consiste un sistema de supresión de incendios?</i>	80
7. <i>¿Sabe que es un agente limpio?</i>	80

8.	<i>¿Conoce usted el agente limpio «Novec» 1230?.....</i>	81
9.	<i>¿Conoce usted algún agente limpio?</i>	81
10.	<i>¿Qué aplicación se les da a los sistemas basados en agente limpio?</i>	81
11.	<i>¿Sabe que significa NOAEL y LOAEL?</i>	81
12.	<i>¿Sabe usted cuales son las consecuencias de una descarga de agente limpio en la atmósfera? ...</i>	81
13.	<i>¿Considera usted que la universidad debería de incluir más sobre estos sistemas en el plan de estudio?</i>	82
14.	<i>¿Se consideraría usted más preparado para el mercado laboral si tuviera más conocimiento sobre sistemas de detección y supresión de incendios?.....</i>	82
15.	<i>¿Esta encuesta lo incentiva a investigar sobre sistemas basados en agentes limpios?</i>	82
	DETALLE DE GRÁFICOS APLICADOS A LA ENCUESTA	83
	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	90
	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
	CONCLUSIONES	95
	CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE UN MANUAL DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE SUPRESIÓN DE FUEGO POR MEDIO DE AGENTE LIMPIO «NOVEC» 1230	97
	INTRODUCCIÓN	97
	ALCANCE DE LA NORMA NFPA 72	98
	ALCANCE DE LA NORMA NFPA 2001	99
	DEFINICIONES	100
	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.....	103
	<i>Panel de control de alarma.....</i>	<i>103</i>
	<i>Notificadores de alarma.</i>	<i>104</i>
	<i>Dispositivos iniciadores de alarma.</i>	<i>104</i>

<i>Dispositivos de accionamiento automático</i>	106
<i>Notificadores de alarma</i>	112
COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUPRESIÓN DE INCENDIOS POR MEDIO DE AGENTE LIMPIO «NOVEC»	1230
.....	115
<i>Tanque de agente limpio</i>	116
<i>Actuador eléctrico</i>	117
<i>Panel de control de liberación</i>	117
<i>Conjunto de agarradera y montaje</i>	119
<i>Manguera flexible de descarga</i>	120
<i>Adaptador rígido de descarga</i>	121
<i>Válvula de retención del colector (Manifold)</i>	122
<i>Boquillas de descarga</i>	123
<i>Actuador local manual</i>	125
<i>«Switch» de presión DPST</i>	126
<i>«Switch» de baja presión</i>	127
<i>Señales de advertencia</i>	127
<i>Indicador de nivel de líquido</i>	129
CRITERIOS DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIO	130
<i>Ubicación de detectores térmicos en techos planos</i>	130
<i>Ubicación y espaciamiento de sensores puntuales de calor</i>	131
<i>Ubicación de detectores de humo puntuales</i>	132
<i>Diseño utilizando sistemas de muestreo de aire</i>	138
<i>Montaje y ubicación de estaciones manuales</i>	144
<i>Ubicación de equipos notificadores de alarma</i>	145
<i>Criterios para definir y ubicar el panel central y anunciadores remotos</i>	152
<i>Tipos de cableado circuitos de inicialización (SLC)</i>	155

<i>Circuitos de aparatos de notificación (NAC)</i>	158
<i>Cableado en general de los sistemas de incendios</i>	159
<i>Fuentes de alimentación y cálculo de baterías</i>	159
CRITERIOS DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPRESIÓN DE INCENDIO POR MEDIO DE AGENTE LIMPIO «NOVEC» 1230	
.....	160
<i>Introducción</i>	160
<i>Descripción del producto</i>	161
<i>Beneficios</i>	161
<i>Planeamiento del diseño</i>	162
<i>Diseño del sistema y aplicación de métodos</i>	165
REFERENCIAS	189
APÉNDICES	191
BROCHUR TÉCNICO SISTEMA SAPPHIRE DE ANSUL	191
FICHA TÉCNICA «NOVEC» 1230	192
TABLAS DE APOYO LABOR DE DISEÑO	201
CORRIDA DE EJEMPLO SOFTWARE SAPPHIRE DE ANSUL	205

Tablas

Tabla 1: Lista de normas NFPA en Costa Rica.....	32
Tabla 2 Continuación lista de normas NFPA en Costa Rica	33
Tabla 3 Agentes considerados en NFPA 2001	56
Tabla 4 Comparativa margen de seguridad agentes limpios	71
Tabla 5 Propiedades físicas típicas.....	71
Tabla 6 Propiedades ambientales.....	72
Tabla 7. Dimensión de abrazadera según capacidad del tanque.....	119
Tabla 8. Factores de corrección de cobertura de sensores térmicos según altura.	131
Tabla 9. Condiciones que afectan a los detectores de humo.....	133
Tabla 10. Niveles típicos de ruido para distintos ambientes.....	146
Tabla 11. Comparación de especificaciones de paneles de diferentes fabricantes. ...	154
Tabla 12. Mínimos niveles de concentración por clasificación de combustibles.	168
Tabla 13. Factor de inundación, sistema inglés.	170
Tabla 14. Factor de inundación, sistema internacional.	171
Tabla 15. Factores de corrección por altitud.	173
Tabla 16. Capacidades nominales de los tanques y su rango de llenado.....	174
Tabla 17. Cobertura compatible con las boquillas de 360°.	179
Tabla 18. Cobertura compatible con las boquillas de 180°.	180
Tabla 19. Equipos mínimos necesarios.....	182
Tabla 20. Presupuesto de referencia 1.	186
Tabla 21. Presupuesto de referencia 2.	187
Tabla 22. Presupuesto de referencia 3.	188

Figuras

Figura 1 Triángulo del fuego	34
Figura 2 Almacenamiento de mercadería en estantes	39
Figura 3 Diagrama típico de un sistema de rociadores	47
Figura 4 Sistema de rociadores tubería húmeda. Fuente: (Bracho, 2012).....	48
Figura 5 Sistema de rociadores tubería seca.....	48
Figura 6 Sistema de rociadores de diluvio (b) y acción previa (a).....	49
Figura 7 Ejemplo de un sistema de agua pulverizada. Descarga en una subestación eléctrica.....	50
Figura 8 Ejemplo de una descarga de espuma para extinción de fuegos	51
Figura 9 Ejemplo de un sistema de fijo de mangueras para supresión de incendios....	53
Figura 10 Comparativa entre un sistema de rociadores de agua y uno de gases limpios.	59
Figura 11 Retracción de la capa de ozono.....	63
Figura 12 Tetraedro del fuego.....	66
Figura 13 Representación dimensionamiento de cilindros por agente	72
Figura 14. Gráfica de la pregunta número 1 de la encuesta	83
Figura 15. Gráfica de la pregunta número 2 de la encuesta	83
Figura 16. Gráfica de la pregunta número 3 de la encuesta	84
Figura 17. Gráfica de la pregunta número 4 de la encuesta	84
Figura 18. Gráfica de la pregunta número 5 de la encuesta	85
Figura 19. Gráfica de la pregunta número 6 de la encuesta	85

Figura 20. Gráfica de la pregunta número 7 de la encuesta	86
Figura 21 Gráfica de la pregunta número 8 de la encuesta.	86
Figura 22. Gráfica de la pregunta número 9 de la encuesta.	87
Figura 23. Gráfica de la pregunta número 10 de la encuesta.	87
Figura 24. Gráfica de la pregunta número 11 de la encuesta.	88
Figura 25. Gráfica de la pregunta número 12 de la encuesta	88
Figura 26. Gráfica de la pregunta número 13 de la encuesta	89
Figura 27. Gráfica de la pregunta número 14 de la encuesta	89
Figura 28. Gráfica de la pregunta número 14 de la encuesta	90
Figura 29 Panel principal de un sistema de detección de incendios	103
Figura 30 Anunciador remoto.....	104
Figura 31 Estación manual acción simple	105
Figura 32 Estación manual de doble acción.....	105
Figura 33 Elementos de un detector de calor combinado	107
Figura 34 Elementos de un detector de calor de rango compensando	107
Figura 35 Funcionamiento de un detector de humo por Ionización.....	108
Figura 36 Ejemplo de funcionamiento de un detector de humo por medio de haz de luz	110
Figura 37. Respuesta de sensibilidad sensor de humo óptico puntual	111
Figura 38. Elementos de un sistema de detección temprana de humo.....	112
Figura 39. Dispositivos de notificación de incendios	113
Figura 40. Dispositivo de notificación audible (sirena)	113
Figura 41. Campana de notificación.....	114
Figura 42. Parlante para notificación por voz	114

Figura 43. Luz estroboscópica	115
Figura 44. Tanques de agente limpio «Novec» 1230 sistema Sapphire de Ansul.	116
Figura 45. Actuador eléctrico sistema Sapphire de Ansul.	117
Figura 46. Diagrama de dispositivos del panel de control de descarga.	118
Figura 47. Abrazadera de tanques de agente limpio.....	119
Figura 48. Manguera flexible de descarga y sus dimensiones.....	120
Figura 49. Adaptador rígido de tanque y sus dimensiones	121
Figura 50. Válvula de retención de agente en el colector.....	122
Figura 51. Boquilla de descarga 180°	123
Figura 52. Patrón de Descarga, boquilla de 180°.....	123
Figura 53. Boquilla de Descarga 360°.....	124
Figura 54. Patrón de descarga, boquilla de 360°	124
Figura 55. Actuador local manual.....	125
Figura 56. «Switch» de presión.....	126
Figura 57. «Switch» de baja presión.	127
Figura 58. Rótulo de advertencia sobre no ingresar al recinto luego de una descarga de agente.....	128
Figura 59. Rótulo de advertencia sobre salir del sitio cuando suena la sirena de activación.	128
Figura 60. Medidor de nivel de agente en el tanque.	129
Figura 61. Espaciamiento entre sensores y paredes	130
Figura 62. Cobertura de detector según NFPA 72.....	132
Figura 63. Cálculo de detectores según área.....	134

Figura 64. Ejemplo de espaciamiento de detectores puntuales en techos con pendiente.	134
Figura 65. Ejemplo de la disminución del espaciamiento.....	135
Figura 66. Ejemplo de profundidad de viga inferior al 10%.....	136
Figura 67. Ejemplo de profundidad de viga superior al 10% y al 40% de la altura del cielorraso.....	136
Figura 68. Gráfico corrección de cobertura de sensores VS cambios de aire por hora.	137
Figura 69. Ejemplo de colocación de sensores cerca de rejillas de A/C.....	137
Figura 70. Diseño con detectores puntuales.....	139
Figura 71. Distribución de red de tuberías de muestreo de aire.....	139
Figura 72. Aplicación en centros de datos, sistemas de detección temprana.....	140
Figura 73. Tipos de configuraciones de tuberías.....	140
Figura 74. Ejemplo 1 diseño de tuberías.....	141
Figura 75. Ejemplo 2 diseño de tuberías.....	142
Figura 76. Aplicación con manejadoras de aire.....	142
Figura 77. Aplicación en cielos y pisos falsos.....	143
Figura 78. Aplicación en bodegas de almacenamiento alto.....	143
Figura 79. Altura de montaje de estaciones manuales.....	145
Figura 80. Colocación de un dispositivo notificador.....	148
Figura 81. Pérdidas del sonido con el aumento de la distancia nominal.....	149
Figura 82. Distribución de sirenas en áreas cerradas.....	149
Figura 83. Espaciamiento de la luz según UL 1971.....	151
Figura 84. Distribución polar de la luz según UL 1971.....	152

Figura 85. Alambrado tipo convencional.	155
Figura 86. Alambrado direccionable.	156
Figura 87. Cableado clase A.	157
Figura 88. Cableado clase B.	158
Figura 89. Figura de ejemplo para cálculo de volúmenes.	166
Figura 90. Posibles coberturas de la boquilla de 360°	178
Figura 91. Posibles coberturas de la boquilla de 180°	179
Figura 92. Máxima distancia de tubería de línea de actuadores.	182
Figura 93. Cantidad máxima de tanques en fila.	183
Figura 94. Recomendaciones para la figuración de tuberías.	184
Figura 95. Figuración de tubería respecto a la ubicación del cilindro.	185

I. Dedicatoria y Agradecimiento

Dedico esta tesis:

A mis padres Gerardo Ellis y Nora Chavarría quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han impulsado siempre a cumplir mis sueños y a llegar hasta donde yo mismo me lo proponga, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi esposa Mariana Arrieta y mi hermosa hija Marissa Ellis, porque ellas son mi motor, son las personas que me impulsan a luchar por mis sueños a querer ser mejor cada vez, porque me han enseñado que una persona sola no tiene un motivo real de existir.

A mis hermanos Yormel Ellis y Douglas Ellis por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

A todas aquellas personas que con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Agradecimiento:

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presente.

Mi profundo agradecimiento a todas y todos los profesores de la Universidad Internacional de las Américas que me ayudaron a cumplir con esta meta tan valiosa y permitirme poder extraer el mayor conocimiento de cada curso.

II. Resumen

El propósito de este proyecto fue investigar mediante diferentes herramientas, como lo es la encuesta, sobre el conocimiento que tienen los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica de la Universidad Internacional de las Américas acerca de los sistemas de detección y supresión de incendios por medio de agente limpio FK 5-1-12 y las normas NFPA 72 y NFPA 2001.

Para la propuesta según los resultados de este estudio, se planteó como solución crear un manual de diseño de estos sistemas que permita ser la base de criterios técnicos para la inclusión de este tema en la carrera.

Se pretende con este trabajo obtener un indicador de las carencias que enfrentan los egresados de la Universidad Internacional de las Américas, específicamente de la carrera de ingeniería en electromecánica, al enfrentarse con el mercado laboral.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Actualmente, la mayoría de empresas o compañías generan sus ganancias mediante el procesamiento o almacenamiento de datos, por ellos la mayor parte de sus inversiones se direccionan la infraestructura de centros de datos donde se encuentran muchos equipos de alto valor para el almacenamiento y procesamiento de datos, sin embargo ninguno de estos equipos ni la infraestructura que los contiene, se encuentra exento a fallas eléctricas, sobrecalentamientos o malas prácticas que puedan ocasionar un incendio. Cuando un incendio se inicia en un centro de datos o un cuarto de tecnología, las pérdidas siempre son millonarias, por esta razón las grandes compañías de sistemas contra incendio, han buscado diseñar varias medidas para combatir este punto; y para ello han generado nuevas soluciones como los son los agentes limpios.

Planteamiento del problema

Los sistemas de protección contra incendios son parte muy importante de los diseños de sistemas eléctricos y mecánicos, en edificios comerciales, industriales y residenciales.

Al ser parte integral de estos sistemas como tal, en una edificación surgen diseños que tienen defectos en cuanto a la aplicación de las normas que rigen los sistemas electrónicos y mecánicos de seguridad. Estas normas son las normativas de incendio N.F.P.A 72 y la N.F.P.A 2001. La N.F.P.A 72 es la norma que rige en los sistemas de alarma y detección de incendios y la N.F.P.A 2001 da lineamientos para los sistemas de extintores de incendio mediante agentes limpios.

Las leyes costarricenses, específicamente el I.N.S (Instituto Nacional de Seguros), requieren de diseños en sistemas de alarma y detección de incendios como requisito mínimo para la aprobación de planos de edificios comerciales e industriales, con esto se pretende establecer una seguridad de prevención temprana ante una emergencia de incendio.

Al desarrollar esta investigación uno de los propósitos principales es incentivar el diseño en sistemas enfocados a detección y supresión de incendios, pero principalmente que se haga énfasis en los sistemas extintores basados en agentes limpios, y tener conciencia de que son sistemas de alerta temprana en caso de una emergencia por fuego o sistemas de supresión para riesgos específicos.

Al finalizar esta indagación se tendrán conceptos más exactos en cuanto al diseño de sistemas de detección y supresión de incendios por medio de agente limpio y reconocer la importancia de que este tipo de sistemas, sean integrados en el desarrollo de un proyecto nuevo o existente, ya que la seguridad es un aspecto muy importante en nuestras vidas.

Los sistemas de supresión de incendios por medio de agente limpio han evolucionado conforme se van desarrollando nuevas tecnologías y los usuarios exigen mejores soluciones a sus problemas, con un menor tiempo de respuesta, con mayor eficiencia y con un mínimo de fallas. Los sistemas se dividen en diferentes tipos con diferentes eficiencias y es parte de esta investigación el objetivo de profundizar y explicar a cerca de estos sistemas.

La razón o la formulación del problema surge a raíz de que, durante todos los cursos tomados en la Universidad Internacional de las Américas, no se estudia nada acerca de las normas N.F.P.A 72 ni la N.F.P.A 2001, las cuales son de suma importancia para diseñar e instalar sistemas de detección y supresión de incendios por medio de agente limpio.

Con todo lo expuesto, surgen las siguientes preguntas de esta investigación: ¿están capacitados los estudiantes de la Universidad Internacional de las Américas en la carrera de ingeniería electromecánica, con respecto a los sistemas de detección y supresión de incendios? y ¿qué criterios se deben considerar para elaborar un manual que permita diseñar sistemas de

detección y supresión de incendios basado en la N.F.P.A 72 y 2001, aplicables a la carrera de ingeniería electromecánica que se imparte en la Universidad Internacional de las Américas?

En la actualidad la universidad no cuenta con algún aporte hacia el estudiantado a nivel teórico para elaborar el diseño de un sistema de detección y supresión de incendios por medio de agente limpio, pero es de suma importancia contar con herramientas básicas para poder implementar un sistema de este tipo. Además de una necesidad, es requisito de un diseño electromecánico de cualquier proyecto comercial e industrial. Por esta razón se desea implementar un manual con principios básicos basados en las normas NFPA 72 y 2001, para desarrollar un sistema de detección y supresión de incendio por medio de agente limpio y aplicable a la carrera de ingeniería electromecánica.

Esto permitirá que los estudiantes se formen un concepto claro y abierto de este tema, hasta hoy desconocido para los egresados de la universidad de las carreras de ingeniería eléctrica y electromecánica.

Objetivos

Proponer un documento de consulta de criterios de diseño de sistemas de supresión de incendios por medio del agente limpio FK 5-1-12, para los estudiantes de ingeniería electromecánica.

Objetivos específicos.

- Diagnosticar el conocimiento de las normas NFPA 72, NFPA 2001 y sistemas de supresión, por medio de agente limpio que poseen los estudiantes de la carrera ingeniería en electromecánica de la Universidad Internacional de las Américas.
- Elaborar un cuestionario con preguntas básicas sobre sistemas de supresión, detección de incendios y las normas NFPA 72 y 2001.
- Crear un manual o documento con criterios de diseño, especificación e instalación de sistemas de supresión de incendios, por medio de agente limpio «Novec» 1230 (FK 5-1-12), basados en las normas NFPA aplicables.
- Elaborar cuadros comparativos entre tecnologías y marcas existentes en el mercado de sistemas de detección de incendios.

Justificación

Todo trabajo de investigación debe hacerse pensando en que tendrá una finalidad de valor o que puede ser tomado como base para otro trabajo similar o complemento de este, por esta razón el tema escogido y el tipo de trabajo, va enfocado a que sea un documento de suma utilidad tomando en consideración que será aprovechado como base para diseños de sistemas de supresión especializados en extinción de fuegos en áreas, donde se desea proteger su contenido sin dañar más bienes que los involucrados en el siniestro.

Los antecedentes y los hechos marcados acompañados de las constantes búsquedas generadas por las grandes compañías, tratando de implementar opciones y sistemas que les permita proteger sus activos e inversiones en infraestructura de una manera más efectiva, menos invasiva y a la vez contribuyendo con el medio ambiente, han obligado a los distintos fabricantes de sistemas y equipos de protección contra incendios a crear alternativas más limpias y más eficientes en este ámbito.

Por otra parte, la tendencia del mercado en general, va migrando hacia sistemas que actúen de forma automática, es decir, que operen de manera tal que no ocupen la presencia de un humano, y así evitar poner en peligro vidas.

Todo lo anterior, despierta la inquietud si los ingenieros actuales y los futuros a desarrollarse, se encuentran en plena capacidad de diseñar o implementar soluciones que ataquen puntos en específicos como los expuestos anteriormente, por ello, la importancia de generar un trabajo enfocado en sistemas tan específicos como lo son los gases utilizados en la extinción de fuegos.

Otra gran razón que impulsa y motiva el desarrollo de este trabajo, es que los sistemas de supresión de fuegos por medio de agentes limpios, involucran todas o al menos en su mayoría las áreas de la carrera de ingeniería en electromecánica, ya que, es un sistema mecánico activado, controlado y monitoreado por sistemas eléctricos.

Antecedentes

Antecedentes Nacionales.

Título: El Teatro Nacional corre para protegerse contra incendios

Autor: Natalia Díaz Zeledón

Institución: Periódico La Nación

Fecha: 13 febrero, 2016

En Costa Rica el Instituto Nacional de Seguros a partir del 24 de abril del 2002, fecha en que se publicó en la Gaceta la Ley N° 8228 “Ley del Cuerpo de Bomberos del Instituto Nacional de Seguros”, solicita como requisito que las edificaciones que se desean incluir dentro de una póliza de seguros, deberán contar con un sistema de protección contra incendios. Lo anterior muestra un antecedente importante en Costa Rica del porqué los sistemas de detección contra incendios, dejaron de ser un sistema opcional y pasa a ser obligatorio desde el punto de vista de seguros y pólizas contra incendios.

En el 2017 el Teatro Nacional cumplió 120 años sin contar con una póliza contra incendios, en el siguiente artículo publicado en el Periódico La Nación, se expone la urgencia de incorporar un sistema de detección de incendios en esa edificación.

“La ausencia de un sistema adecuado de protección contra siniestros ha sido la principal restricción para poder adquirir una póliza que asegure el edificio y las obras artísticas que alberga, según confirmó la jefa de la Dirección técnica de suscripción del Instituto Nacional de Seguros (INS), Giselle Hernández.

La última vez que el Teatro habló de un sistema contra incendios fue en el 2006, durante la dirección de Samuel Rovinski, y hasta ahora, el tema se postergó durante tres administraciones diferentes. Históricamente, el presupuesto ordinario del teatro ha resultado insuficiente para acometer la intervención completa que requiere el inmueble.

Seis meses después de asumir el cargo de director del Teatro, Fred Herrera valora, que para ejecutar la tarea necesita un “plan maestro de ingeniería” que ate todos los cabos que han quedado sueltos con el tiempo, pero que estará listo para ejecutarse a partir del 2018.

“El primer punto crucial es que no tenemos sistema contra incendios y somos de pura madera. El segundo punto es que las normas eléctricas no están en el estándar actual y es hora de quitar las alfombras, levantar los pisos de madera y meter la nariz para ver el estado de las instalaciones”, asegura Herrera.

El nuevo plan ya fue adjudicado a la firma Gestión y Consultoría Integrada (GCI).

Herrera planea invitar a la Junta Directiva del INS para valorar una futura póliza con un valor convenido entre las partes para proteger al inmueble.

Durante la administración de Rovinski, se anunció un plan con un costo total de ¢300 millones y que estaba dividido en dos fases.

La primera de ellas consistió en la construcción de un tanque con capacidad para 300.000 litros de agua; la segunda proyectaba la instalación de una bomba con motor y, luego, un sistema supresivo (606 aspersores de agua y 44 detectores de humo). La primera parte se cumplió exitosamente; de la segunda solo se completó la instalación de la bomba.

Durante la dirección de Jody Steiger, en el 2008, el Teatro Nacional obtuvo brevemente una póliza de riesgo para “edificaciones, maquinaria, equipo y la obra artística” que albergaba.

El valor asegurado se estimó en casi \$30 millones, pero se canceló en el 2009 cuando, tanto Ministerio de Hacienda como el de Cultura, estimaron que la situación fiscal del momento no permitía costearlo.

“No era negligencia de las autoridades, es un cálculo matemático muy razonable”, explicó William Monge, quien trabajó hasta el año pasado como arquitecto del Teatro y ahora dirige el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural. “¿De qué nos sirve que nos den una millonada si ya se quemó? Más que preocuparse por las pólizas, hay que prevenir”, añadió.

Sin embargo, prevenir supone trabajos muy complejos que afectarían el inmueble y su programación regular por largos periodos. De hecho, el rezago en los sistemas de protección contra incendios del Teatro Nacional no es una excepción, sino parte de una compleja tendencia.

De los edificios patrimoniales, Monge asegura que solo la Casona de Santa Rosa cuenta con pólizas. Después de que el inmueble perdió 80% de su estructura en un incendio (2001), el Centro de Patrimonio intervino en la reconstrucción del inmueble y modernizó sus sistemas.

Monge detalla como otro ejemplo de protección limitada al Teatro Popular Melico Salazar, que tiene cubierta la parte preventiva (los detectores y alarmas), pero no la supresiva (las bombas y difusores de agua).

“Pueden intervenir en lo inmediato y reducir los factores de peligro, es muy difícil intervenir en lo pasivo (los materiales antiguos). Posiblemente, pueden intervenir en la situación de los extintores, la capacitación de brigadas y, a mediano plazo, un sistema de supresión de incendios con rociadores que pueden adosar a la estructura principal sin alterar su diseño original”, explicó el jefe de la Unidad de Prevención de Incendios del Cuerpo de Bomberos, Alexander Solís.

Después de que se ejecutaron las primeras obras del sistema de protección contra incendios en el teatro, el proyecto se frenó antes de instalar el sistema supresivo, porque entraron en consideración, necesidades en otras áreas del teatro: la renovación del piso del escenario, la mecanización de la tramoya; y, además, la planificación de una concha acústica para mejorar la calidad del sonido de las presentaciones.

“Estuvo como en pausa porque, con Adriana Collado (directora del 2010 al 2014), comenzamos a hacer la mecánica teatral. También había que hacer el piso porque estaba dañado; era urgente para que el teatro siguiera funcionando”, detalló Monge.

Con la dirección de Collado, el teatro resolvió el deterioro acumulado en el piso del escenario y en la cúpula. En esos años, tuvo que frenar la presentación de espectáculos en distintos periodos.

“Ahora con (Herrera) se armó todo junto en un solo paquete; de lo contrario, cada administración llega con diferentes objetivos y haciendo cosas puntuales, pero sin seguir un plan racional”, destacó Monge.

Ruta al 2018. El plan maestro para que, por primera vez, el Teatro Nacional obtenga completa protección activa contra incendios, y su estructura y obras de arte que alberga sean indemnizadas en caso de siniestro, obliga a la institución a ejecutar un plan de conservación ambicioso y, por lo mismo, costoso.

Tanto el director del Teatro Nacional, Fred Herrera, como el director de Administración de Proyectos de GCI, Carlos Brenes, coinciden en que, en el escenario más favorable, las obras de construcción comenzarían en el 2018.

El plan reunirá el diseño y la ejecución de ocho proyectos. La mitad de ellos están directamente relacionados con la protección del edificio contra incendios; la otra mitad es la renovación de diversas estructuras”. (Nación, 2016)

La protección contra incendios de edificios históricos requiere la intervención costosa y profunda de su infraestructura histórica. Los puntos de riesgo en estas construcciones provienen de las características que los hacen invaluable: todos están contruidos con dimensiones y materiales que no cumplen con las normativas actuales.

Título: Incendio Hospital Calderón Guardia

Autor: Carlos Arguedas

Institución: Periódico La Nación

Fecha: 12 julio, 2005

El 12 de julio del año 2005, a las 2: 30 am, el Hospital Calderón Guardia sufrió un incendio que causó grandes daños materiales e incluso pérdidas humanas. Esto fue una tragedia nacional.

El Hospital Calderón Guardia fue fundado en 1943 y está determinado como un hospital nacional Clase A, se le da atención a más de un millón de habitantes, posee 522 camas censables y brinda aproximadamente 360 consultas en el servicio de emergencias por día.

El incendio fue declarado a las 02:30 am del 12 de julio del 2005, originalmente el cuerpo de bomberos indicó que el incendio fue ocasionado por una pantalla para examinar radiografías ubicada en un anexo de Neurología, en el quinto piso, sin embargo, el 13 de julio del 2006, un año y un día después de la tragedia, la fiscalía de delitos contra la vida acusó a un falso enfermero como el presunto responsable.

El reporte de ingeniería de bomberos indica que el fuego se propagó rápidamente y alcanzó los salones donde los pacientes dormían en los niveles 4 y 3, los pacientes al verse atrapados en llamas optaron por hacer cuerdas con sábanas y escapar por las ventanas del edificio.

La publicación del periódico La Nación, del 12 de julio del 2005, en un artículo creado por el periodista Amando Mayorga, afirmó que cuando el fuego comenzó, los pacientes que tenían capacidad para caminar por sus propios medios buscaron las salidas de emergencia más cercanas, pero los pacientes con mayor dificultad quedaron atrapados en los departamentos del edificio y lograron salir al final por las ventanas y bajar luego por las escaleras verticales que colocaron los bomberos. Otros enfermos se refugiaron en una cornisa mientras lograban el auxilio de los bomberos.

El jefe del cuerpo de bomberos “Héctor Chaves” indicó que el hospital carecía de un sistema de alarma contra incendios, así como un sistema de supresión, también indicó que el edificio no contaba con escaleras de emergencia con condiciones adecuadas ni mucho menos rampas para desalojar pacientes en camillas.

Una de las principales problemáticas de las edificaciones antiguas, son las distribuciones arquitectónicas con las que cuentan y que en su mayoría están construidas con materiales fáciles de incendiar.

En el caso específico del incendio del Hospital Calderón Guardia, existieron muchos factores que contribuyeron a que la tragedia fuera más grave aún, por ejemplo:

- No existían salidas de emergencia en algunas áreas específicas y las existentes no tenían las condiciones necesarias para evacuar a las personas que estaban dentro del edificio.

- No existían un plan de emergencias divulgado y probado, así como tampoco se habían realizado simulacros previos.

- El hospital no contaba con una brigada entrenadas para este tipo de eventos, por lo que las personas que intentaron colaborar para la evacuación de pacientes se vieron afectadas y/o perdieron su vida.

Para esta emergencia se desplegaron bastantes recursos, aproximadamente 15 unidades del cuerpo de bomberos, dos plataformas, 35 ambulancias, 150 bomberos, 29 cruz rojistas y varias unidades policiacas y ambulancias del sector privado. Pese al gran despliegue que se dio para cubrir las emergencias, las pérdidas humanas y materiales fueron muy elevadas y dolorosas.

Los conteos finales y recuento de perdidas dieron como resultado a 19 pacientes y tres enfermeras con pérdida de vida, más de \$17 millones directas más el costo de demolición y reconstrucción de la torre siniestrada, además se le suma todas las suspensiones de cirugías y atenciones.

El caso del Hospital Calderón Guardia, es un hecho muy lamentable, sin embargo, pese a esto, existen muchas otras edificaciones vulnerables ante siniestros como los incendios, donde es preciso la implementación de sistemas que ayuden a detectar, notificar y suprimir fuegos.

Antecedentes Internacionales.

Título: «Diseño de un sistema contra incendios de extinción y detección»

Autor: Jeison Alejandro Molano Pinzón

Institución: Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Fecha: 2017

En Colombia, durante la última década las compañías y diferentes entidades ya no solamente se preocupan por salvaguardar la integridad de los individuos que residen en una edificación, sino también de la protección de los objetos materiales (en especial los de alto valor) que se almacenan allí. No obstante, a pesar de las medidas preventivas que se toman en caso de una emergencia, no solamente basta con un buen sistema de prevención o de la inclusión de brigadistas o encargados de la seguridad en prevención de desastres, es por ello, que las entidades tanto públicas como estatales se han visto en la necesidad de implementar redes de protección contra incendio tanto de extinción como de detección las cuales mitigan o evitan la propagación de un eventual incendio y con ello la pérdida o afectación de vidas y objetos materiales.

Ahora bien, llegados a este punto no solamente las empresas han implementado este tipo de sistemas sino también las universidades, entidades públicas y privadas en general ya que en ellas también se congregan gran cantidad de personas.

Para el desarrollo de esta investigación, se han explorado algunos diseños efectuados en el pasado y con implementaciones en diferentes ubicaciones y edificaciones principalmente universidades y organizaciones dentro del territorio de Colombia.

Este proyecto fue realizado desde la aplicación de la normatividad de la NFPA. Específicamente se empleó la norma *NFPA 909 «Code for the Protection of Cultural Resources»*, ya que aplica para edificaciones como bibliotecas o museos. El diseño constó de un sistema de supresión de incendios que utiliza rociadores automáticos y gabinetes contra incendios. Este sistema fue realizado con los requisitos expuestos en la norma *NFPA 13 «Standard for the Installation of Sprinkler Systems»*; además cuenta con el sistema de detección automática de incendios, sistema que incluye detectores, pulsadores manuales y sirenas, asimismo se contempló un panel de control para la supervisión de los componentes anteriores. Este sistema fue diseñado

utilizando las premisas consignadas en la norma *NFPA 72 «National Fire Alarm Code»*. (PINZÓN, 2017)

El diseño conceptual del sistema hidráulico de protección contra incendios para la Universidad Católica de Colombia, sede el Claustro, se definieron los criterios de diseño y la capacidad mínima requerida de la bomba contra incendios y el tanque de almacenamiento de agua. Con base en estos criterios de diseño la Universidad puede continuar con un diseño detallado e implementación del sistema contra incendios requeridos de acuerdo a la normativa nacional e internacional vigente y las condiciones de uso y ocupación.

En el siguiente trabajo de pasantía se describe un proyecto que se desarrolló durante 20 semanas y consistió primordialmente en el diseño del Sistema Contra Incendio (SCI) de la Estación Principal de Sincor. La metodología estuvo enfocada en los criterios de diseño enunciados por normas nacionales como la PDVSA (Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima) y normas internacionales como la NFPA (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego). Una vez analizado dicho criterio se procedió a calcular la zona con mayor demanda en toda la planta, para luego simular el sistema en el «software» «WaterCad» (versión V8i), por medio del cual se obtuvo el dimensionamiento de las tuberías de la red principal y el cuerpo de bombeo para el abastecimiento del sistema contra incendio.

Otra de las simulaciones llevada a cabo fue la del sistema de agua pulverizada para el tanque de almacenamiento de crudo (T-3002) en el «software» «HidCal» 5. Para ambas simulaciones se obtuvo resultados que cumplieran con los requerimientos del sistema y con lo establecido en el criterio de diseño, así como también lo establecido según el catálogo «Tyco» para las boquillas del sistema de agua pulverizada. Adicional al diseño antes mencionado se recolectaron los

requerimientos necesarios para el diseño de un sistema contra incendio en Colombia, en donde se pudo concluir que de igual manera a Venezuela se utilizan las normas NFPA como guía principal.

Título: «Diseño de un sistema contra incendios de extinción y detección»

Autor: Jeison Alejandro Molano Pinzón

Institución: Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Fecha: 2017

El proyecto se enfoca en el alcance que tiene la norma en la vida cotidiana, más específicamente en el país, como la normatividad consignada en cada una de las versiones y especialidades de la reglamentación contra incendios. Se evidencia para cualquier área de la sociedad, bien sea industrial o residencial, siempre hay un campo en donde este tipo de sistemas y lineamientos debe ser incluido como un factor importante, en este caso, un sistema diseñado en una compañía de telecomunicaciones que deberá contener y satisfacer las necesidades, la reglamentación y sobre todo, la preservación de las vidas expuestas, de los bienes almacenados y de las intereses con el cual se desarrolla e implementa este tipo de sistemas contra incendios.

Proyección

- Se entregará un dispositivo de almacenamiento electrónico que contenga los siguientes documentos:
 - Manual digital de diseño de un sistema de supresión de incendios por medio del agente limpio FK 5-1-12.
 - Plantilla electrónica de cálculo, que permita estimar la cantidad de agente requerida según las dimensiones de un recinto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El fuego ha existido desde tiempos remotos, este ha sido un elemento importante en el desarrollo de la especie humana. Sin embargo, también ha sido la causa de muchas desgracias durante el transcurso de las civilizaciones. Los incendios, tanto los accidentales como los provocados a propósito han dado pie a la pérdida de muchas vidas. Los primeros intentos de mitigar la propagación de un incendio no ocurrieron hasta alrededor del año 1189 en el que el primer alcalde de Londres estableció ordenanzas para la construcción de edificaciones con materiales retardantes al fuego.

Posteriormente, se fueron desarrollando avances en revestimientos y considerando métodos de protección pasiva, es decir para retardar la propagación del fuego. Sin embargo, no fue sino hasta la década de 1830-1840 cuando se comenzaron a instalar los primeros hidrantes y posteriormente sistemas de protección activa que buscaran la extinción del incendio en caso de iniciarse. Hacia el 1896 se fundó en E.E.U.U. la «*National Fire Protection Association*» (NFPA por sus siglas) que se formó como una de las primeras entidades con la función de crear y mantener los requisitos de diseño e instalación de estos sistemas en una síntesis de normas que se han venido actualizando hasta el día de hoy. Muchos países adoptaron esta norma mientras que, en otros, como los que hacen parte de la Unión Europea crearon su propia normativa, regulada por el Comité Europeo de Normalización. (Extintores, 2017)

Con respecto a América Latina, el crecimiento en la inversión de los sistemas contra incendio ha sido tristemente impulsado por la ocurrencia de eventos trágicos que finalmente son los que motivan a las entidades a tomar acciones frente a los incendios. La protección contra estos eventos, al menos en la región en palabras de María Isabel Barrios, gerente de «Engin Zone» para la NFPA «*Journal Latinoamericano*»: “se mueve en base a reacciones más que en prevenciones” aduciendo

que hasta que no ocurra un incendio las personas no se preocupan por hacerle frente. (Senecal, 2013)

“En Costa Rica la Unidad de Ingeniería de Bomberos del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, es el ente encargado de inspeccionar las construcciones nuevas para corroborar que exista un sistema de detección o supresión de incendios y que este se apegue a la norma NFPA vigente y aplicable para el escenario en revisión. En el decreto N° 37615-MP, Gaceta N° 66 del 05 de abril del 2013, el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica adopta e incorpora las normas NFPA.”

CODIGO	LISTA DE MANUALES
NFPA 10	Norma para Extintores Portatiles contra Incendios Edicion 2002
NFPA 10	Norma para Extintores Portatiles contra Incendios Edicion 2007
NFPA 11	Norma para espumas de baja, media y alta expansión 2005
NFPA 12	Sistemas extintores de dióxido de carbono edición 2000
NFPA 13	Norma para la Instalacion de Sistemas de Rociadores Edición 2007
NFPA 13	Standard for the installation of sprinkler systems edition 2013
NFPA 13	Automatic sprinkler systems handbook electronic edition CD
NFPA 13HBO	Automatic Sprinkler Systems Handbook Edition 2010
NFPA 16	Norma para la instalación de sistemas de rociadores de agua - espuma y pulverizadores de agua - espuma edición 2007
NFPA 20	Stationary Pumps for Fire protection Edition 2010
NFPA 20	Standard for the installation of starionary pumps for fires protection edition 2013
NFPA 20	Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios edición 2010
NFPA 25	Water-Based Fire Protection Systems Edition 2002
NFPA 25	Norma para la inspección prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicas de protección contra incendios edición 2011
NFPA 30A	Codigo de estaciones de servicio automotrices y maritimas Edicion 1996
NFPA 30A	Code for motor fuel dispensing facilities and repair garages Edition 2003
NFPA 30	Flammable and Combustible Liquids Code Edition 2003
NFPA 33	Estandar para operaciones de pulverización con productos inflamables o combustibles 2007
NFPA 51B	Estandar para la prevención de incendios durante operaciones de soldadura corte y otros trabajos en caliente Edición 2009
NFPA 53	Recommended practice on materials equipment and systems used in oxygen-enriched atmospheres Edition 2004
NFPA 54	National Fuel Gas Code Handbook Edition 2006
NFPA 54	National Fuel Gas Code Edition 2006
NFPA 54	National Fuel Gas Code Handbook Edition 2009
NFPA 54	National Fuel Gas Code Edition 2009
NFPA 54	National Fuel Gas Code Edition 2012
NFPA 58	Liquefied Petroleum Gas Code LP, Edition 2014
NFPA 59	Utility LP-Gas Plant Code, Edition 2012
NFPA 69	Estandar sobre sistemas de prevención de explosiones Edición 2008
NESC69	National Electrical Safety Code Edition 2007
NFPA 70	Codigo Electrico Nacional 2008 (español)
NFPA 70	National Electrical Code NEC 2014 Ingles
NFPA 70HBO	National Electrical Code Handbook Edition 2014
NFPA 70B	Recommended practice for electrical equipment maintenance Edición 2010
NFPA70E	Standard for Electrical Safety in the Workplace 2004
NFPA 70E	Norma para la seguridad eléctrica en lugares de trabajo 2009
NFPA 70E	Standard for Electrical Safety in the Workplace Edition 2012
NFPA 704	Sistema Normativo para la identificacion de los riesgos de materiales para respuestas a emergencias Edicion 2001
NFPA 72	Codigo Nacional de Alarmas de Incendios Edición 2007
NFPA 72	National Fire Alarm an Signaling Code 2010
NFPA 72	National Fire Alarm an Signaling Code 2013
NFPA 73	Standard for Electrical Inspections for Existing Dwellings 2011
NFPA 75	Standard for the Protection of Information Technology Equipment Edition 2003
NFPA 780	Standard for the installation of lightning protection systems Edition 2008
NFPA 780	Standard for the installation of lightning protection systems Edition 2011
NFPA 780	Standard for the installation of lightning protection systems Edition 2014

Tabla 1: Lista de normas NFPA en Costa Rica

Fuente: (Colegio de Ingenieros Electricistas, 2018)

NFPA 101	Código de Seguridad Humana Edición 2006
NFPA 101	Código de Seguridad Humana Edición 2009
NFPA101HBO	Life Safety Code Handbook Edition 2012
NFPA 99	Health Care Facilities Edition 2005
NFPA 99	Health Care Facilities Code Edition 2012
FCS06	National Fire Codes Supplement Edition 2006
FCS08	National Fire Codes Supplement Edition 2008
FCS12	National Fire Codes Supplement Edition 2012
SFPEHD	Fire Protection Engineering Third Edition
NFPA 291	Recommended practice for fire flow testing and marking of hydrants Edition 2002
NFPA 654	Estandar para la prevención de incendios y explosiones de polvo en la fabricación, procesamiento y manipulación de partículas sólidas combustibles Edición 2006
NFPA 750	Estandar sobre sistemas de protección contra incendios con agua nebulizada Edición 2006
NFPA 921	Guía para la investigación de incendios y explosiones Edición 2001
NFPA 921	Guía para la investigación de incendios y explosiones Edición 2008
NFPA 921	Guide for fire and explosion investigations Second Edition
NFPA 1081	Norma para calificaciones profesionales para miembros de brigadas industriales de incendios Edición 2001
NFPA 1144	Standard for reducing structure ignition hazards from wildland fire Edición 2008

Tabla 2 Continuación lista de normas NFPA en Costa Rica

Fuente: (Colegio de Ingenieros Electricistas, 2018)

Combustión (Fuego)

Para poder comprender de manera adecuada los incendios, sus causales y las formas de prevenirlo, se debe entender cómo se ocasiona dicho accidente. Por tanto, el primer paso en el desarrollo del proyecto es analizar qué elementos deben estar presentes para que el fuego dé inicio.

Existen ciertos materiales que, al ser expuestos a ciertas condiciones, pueden ser atacados por un fenómeno llamado oxidación. Este fenómeno surge por la combinación del oxígeno y el material expuesto a este, produciendo una reacción química que cambia las propiedades de este último. Un ejemplo de este fenómeno se da cuando surge un fuego; el oxígeno del aire se combina con los materiales que arden, pero en forma rápida y violenta. A esta oxidación acelerada se le denomina combustión y para que un material entre en combustión necesita de tres elementos en particular: combustible, oxígeno y calor. (Extintores, 2017)

Como se muestra en la Figura 1, se necesita de suficiente oxígeno, que exista un material que sirva como combustible y, por último, que haya el suficiente calor para que la combustión inicie.



Figura 1 Triángulo del fuego

Fuente: (NFPA, «National Fire Protection Association», 2017, pág. 35)

La base sobre la cual se apoya la prevención del fuego y la lucha contra este es evitar o romper el triángulo del fuego. Si el triángulo no está completo no podrá producirse fuego. Por lo que debe haber presencia simultánea de todos los elementos mostrados en el triángulo del fuego de la figura 1. Se puede definir el concepto de reacción en cadena, ya que para que haya fuego debe generarse suficiente calor como para evaporizar parte del combustible e inflamar el vapor que se mezcla con el oxígeno. (Extintores, 2017)

Para que la combustión se mantenga, el fuego generado debe a su vez formar suficiente calor para vaporizar más combustible, que vuelva a mezclarse con el oxígeno y se inflame, generando más calor, y repitiendo el proceso. Es este fenómeno, el que se conoce como reacción en cadena, y de allí su nombre. (Extintores, 2017)

La posibilidad de que un material se queme depende de sus propiedades tanto físicas como químicas. Por regla general, los materiales son inflamables solamente en estado de vapor; son

pocos los sólidos o líquidos que arden directamente. La formación de vapor en sólidos y líquidos se controla fácilmente mediante la temperatura. El conocimiento de la capacidad de un material para generar vapores y de la temperatura para que estos se inflamen, es de suma importancia en la prevención de fuegos. (Extintores, 2017)

Dos propiedades químicas de las cuales se necesita la información adecuada para evitar la ignición de un material son:

- Temperatura a la cual el material se gasifica (temperatura de gasificación)
- Temperatura a la cual el material ya gasificado se enciende (temperatura de ignición).

Calor.

Es la energía requerida para elevar la temperatura del combustible hasta el punto en que despiden suficientes vapores que permiten que ocurra la ignición.

Combustible.

Cualquier material combustible, ya sea sólido, líquido o gas. La mayoría de los sólidos y líquidos se convierten en vapores o gases antes de ser parte de la combustión.

Combustión.

La combustión es una reacción exotérmica autoalimentada con la presencia del combustible. El proceso está generalmente ligado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico con emisión de luz y calor. Generalmente, los combustibles sólidos y líquidos se vaporizan antes de arder. En algunas ocasiones un sólido puede arder directamente en forma incandescente, en cambio, la combustión de una fase gaseosa generalmente produce una llama visible.

Clasificación de los tipos de fuegos

El «Manual del benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica» (2013) brinda una categorización para los diferentes tipos de incendios, según las características del material inflamable y el lugar de ignición del fuego.

Tipo “A”.

Se originan por materiales sólidos tales como maderas, papel, lana, cartón, textiles y en general combustibles ordinarios. En este tipo de incendios, el combustible deja residuos carbonosos y su propagación se presenta de afuera hacia adentro del material.

Tipo “B”.

Son aquellos producidos en líquidos o gases, inflamables o combustibles como aceites y grasas. Una característica de este tipo de fuego es que se produce en la superficie de los líquidos, por lo que la mejor forma de combatirlos es eliminar el oxígeno del medio con una acción sofocante, es decir, el agente extintor debe aislar el combustible y el fuego del aire.

Tipo “C”.

Inician en circuitos eléctricos vivos como interruptores, tableros, motores, etc. La conductividad eléctrica del medio de extinción es importante, se utiliza polvo químico seco y bióxido de carbono para apagarlo.

Tipo “D”.

Su origen se da en metales ligeros que al estar en ignición desprenden su propio oxígeno, lo que es da la posibilidad de entrar en combustión; por ejemplo, magnesio, sodio, potasio.

Tipo “K”.

Este tipo se presenta en fuego en utensilios o áreas de cocina que involucren un medio combustible.

Clasificación de los equipos contra incendio

Igualmente, el «Manual del benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica» (2013) clasifica los equipos contra incendios como fijos y portátiles. En la primera clasificación se encuentran los hidrantes, rociadores, gabinetes. Por su parte, la clasificación de equipos portátiles se utiliza para combatir conatos de incendios o fuegos incipientes, su movilización se da de forma manual o sobre algún elemento rodante.

Clasificación de riesgo

El riesgo de los contenidos de cualquier edificio o estructura se catalogan como ligero, ordinario, y extraordinario (NFPA, 2013). Dicha clasificación viene dada por el material que se almacena en el recinto.

Riesgos ligeros.

Son ocupaciones en que la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajos índices de liberación de calor. (NFPA 13, 2013).

Riesgos ordinarios.***Grupo 1.***

Son ocupaciones en que la combustibilidad es baja, la cantidad de combustible es moderada, las pilas de almacenamiento de combustible no superan los 2,4 metros y se esperan incendios con un índice de liberación de calor moderado.

Grupo 2.

Son ocupaciones en que la combustibilidad es baja, la cantidad de combustible es de moderada a alta, donde las pilas de almacenamiento de contenido con un índice de liberación de calor moderado, no superan los 3,66 metros, y las pilas de almacenamiento de contenido de liberación de calor elevado no superan los 2,4 metros.

Riesgos extraordinarios.***Grupo 1.***

Son ocupaciones en que la cantidad y combustibilidad de los contenidos son muy altas y hay presentes polvos, pelusas u otros materiales que introducen la probabilidad de incendios que se desarrollan rápidamente con elevados índices de liberación de calor, pero con poco o ningún líquido inflamable.

Grupo 2.

Son ocupaciones con cantidades desde moderadas hasta considerables de líquidos inflamables o combustibles, u ocupaciones donde el escudado de los combustibles es extenso.

Clasificación de mercancías

Las normas NFPA clasifican las mercancías y los correspondientes requisitos de protección según la composición de las unidades de almacenamiento individual, por ejemplo, carga unitaria, carga en «pallets» («racks»), etc.



Figura 2 Almacenamiento de mercadería en estantes

Fuente: (Ferretero, 2017)

Clase 1.

Almacenamiento de un producto no combustible en «pallets» de madera directamente y que cumpla con algunos de los siguientes criterios, cajas de cartón corrugado de capa única, con o sin divisiones de cartón de espesor simple.

Clase 2.

Almacenamiento de un producto no combustible que se encuentra en canastas de listones de madera, en cajas de madera maciza, en cajas de cartón corrugado de múltiples capas o con material de embalaje combustible equivalente, con o sin «pallets».

Clase 3.

Se definen como productos formados de madera, papel, fibras naturales o plásticos grupo C con o sin cajas de cartón, o canastas con o sin «pallets».

Clase 4.

Selección del sistema contra incendios

Para la selección de los sistemas y equipos de protección contra incendios se toman en cuenta aspectos del lugar que se va a proteger, características del riesgo y las facilidades en equipo que ofrece el mercado. (NFPA 13, 2013).

Métodos de protección automática de incendios

Sistemas de alarma de incendio.

Los sistemas de alarmas de incendio son aquellas instalaciones que cumplen con diferentes funciones que resultan vitales para limitar las pérdidas de vidas y propiedades durante un siniestro.

Dentro de sus principales responsabilidades están las de realizar la detección del incendio, proporcionar el aviso para una evacuación inmediata y notificar tanto al personal de mantenimiento como al cuerpo de bomberos.

La normativa a aplicarse para la implementación, verificación, inspección y ensayo de estos sistemas desde la etapa de desarrollo en planos de construcción hasta la correcta aplicación de las especificaciones del fabricante, será la *NFPA 72 «National Fire Alarm Code» (Código nacional sobre alarmas de incendio)*.

Este código define los medios para el inicio, transmisión, notificación y anuncio de señales; los niveles de desempeño y la confiabilidad de los diversos tipos de sistemas de alarma de incendio. Abarca también las características de estos sistemas y proporciona la información necesaria para modificar o actualizar un sistema existente con el fin de que cumpla con los requisitos de una determinada clasificación.

La normativa indica que existen seis tipos generales de sistemas de alarmas comerciales, los cuales se muestran a continuación:

- Sistema de estación de alarma central.
- Sistemas de alarma local.
- Sistemas auxiliares de alarma.
- Sistema de estación remota.
- Sistema de alarma en propiedades privadas.
- Sistema de comunicación por voz.

Cada uno de estos sistemas posee un circuito iniciador de la alarma que a su vez interconecta la unidad de control con los pulsadores manuales, los dispositivos que actúan con el flujo de agua, los detectores automáticos u otro tipo de variables o sensores.

La unidad de control dispone normalmente de una fuente de alimentación principal y otra secundaria.

De manera general los sistemas locales y los de alarma por voz realizan la protección de los ocupantes e indicarles la necesidad de evacuar o reubicarse en caso de un incendio mediante el uso de sirenas, altavoces, lámparas incandescentes o estroboscópicas, impresoras alfanuméricas o pantallas digitales que son conectados eléctricamente mediante uno o más circuitos controlados por la central.

Para el caso de los sistemas de estación central, auxiliar, remota y de propiedad poseen circuitos de señalización que conectan la unidad de control con una estación supervisora que controla las señales del sistema de alarma.

Para nuestro caso de estudio y propuesta se deberá elegir aquel que está acorde con las necesidades del recinto y de ser necesario combinar los diferentes sistemas indicados.

A continuación, se presenta de manera resumida la descripción y principales observaciones de cada sistema.

Sistema de estación de alarma central.

Es un sistema o grupo de sistemas en los que el funcionamiento de los dispositivos y circuitos es transmitido automáticamente a una estación central que los controla, mantiene y supervisa. Es atendida por operadores especialistas que a su vez equipan, mantienen y supervisan los sistemas de señalización.

Este sistema protege propiedades permitiendo que los operadores de la estación central retransmitan las señales de alarma al Centro de comunicación del cuerpo de bomberos. (Rodríguez, 2008)

Sistema de estación de alarma local.

El sistema de estación de alarma local produce una alarma en el establecimiento protegido, como resultado de la activación manual de un pulsador o la actuación de uno de los equipos de protección como los sensores de flujo de rociadores automáticos, sistemas de extinción con dióxido de carbono o detectores de humo o calor.

Este sistema transmite un aviso a los ocupantes del establecimiento de forma que pueden proceder a la evacuación, así como también transmite al cuerpo de bomberos la ubicación del incendio permitiendo una respuesta rápida. (Rodríguez, 2008)

Sistemas auxiliares de alarma.

Llamada así a una conexión al sistema de alarma municipal o general para transmitir una alarma al cuerpo de bomberos. Las alarmas procedentes de un sistema auxiliar son recibidas en este servicio sobre el mismo equipo y con el mismo método que las alarmas convencionales.

Sistemas de estación remota.

Este tipo de instalación utiliza un sistema de comunicación de alarmas digitales o circuitos dedicados y supervisados, instalados según las normas para transmitir alarmas de supervisión y señales de avería desde uno o más establecimientos protegidos hasta un local remoto en el que se toman las acciones convenientes.

Protege las propiedades transmitiendo señales de alarma de incendio al centro de comunicaciones de los bomberos u otro tipo de entidades públicas o privadas dedicadas y autorizadas. (Rodríguez, 2008)

Sistemas de alarma en propiedades privadas.

Instalaciones de sistemas en alarma que sirven a establecimientos contiguos o no, de una misma propiedad, desde una central localizada en la propiedad protegida.

Este tipo de sistema incluye la central supervisora de la propiedad, las fuentes de alimentación, los sensores, los circuitos avisadores de alarma y equipos para el control permanente y automático de señales, así como equipos para activar los dispositivos de control del edificio. (Rodríguez, 2008)

Sistemas de comunicación por voz.

Es un sistema de alarma que incorpora dispositivos manuales y automáticos dedicados a la creación control y transmisión de información e instrucciones, en caso de incendio, a los ocupantes de un inmueble y al personal de bomberos que actúe en el lugar.

Como su nombre lo indica este sistema avisa a los ocupantes de la existencia de un incendio de tal manera que pueden ser evacuados o reubicados a otra área del inmueble.

Para favorecer una respuesta rápida también notifica al cuerpo de bomberos locales.

Los requisitos para la implementación de cada uno de estos sistemas están estipulados en los capítulos de la norma NFPA 72, así como también los fundamentos, los tipos de sensores, avisadores, operaciones de ensayo y mantenimiento.

Sistemas de Extinción de Incendios.

Luego de escoger el sistema de alarma contra incendio es necesario el plantear el tipo o método de extinción que mejor se adapte a la edificación a proteger.

Esto se inicia con nombrar la clasificación de la ocupación o determinación del riesgo y desde el punto de vista del sistema de extinción a ocuparse. En nuestro caso se usarán dos tipos de agentes extintores uno para el cuarto de control y otro para el patio de maniobras.

Para el caso de utilizar rociadores automáticos de agua como agente extintor las ocupaciones se aplican en tres categorías básicas de riesgo.

Riesgo ligero.

Incluye establecimientos de viviendas, iglesias, hoteles, escuelas, oficinas y edificios públicos donde la cantidad de materiales combustibles presentes y la velocidad de desprendimiento de calor de los posibles incendios es baja. (NFPA 13, 2013)

Riesgo ordinario.

Clasificado a su vez en dos grupos.

Grupo 1.

Abarca las ocupaciones con contenidos de combustibilidad relativamente baja, cantidad moderada de materiales, pilas de almacenamiento que no superan los ocho pies (2.44m) de altura y donde los posibles incendios desprenderían calor moderadamente. (NFPA 13, 2013)

Grupo 2.

Abarca las propiedades con cantidad y combustibilidad de contenido moderado a alta, pilas de almacenamiento con altura no superior a 12 pies (3.66 m) y donde los incendios previstos pueden desprender calor con una velocidad de moderada a alta. Este grupo abarca los silos para cereales, plantas textiles y de imprenta, fábricas de calzado, muelles y embarcaderos y plantas de fabricación de papel entre otros. (NFPA 13, 2013)

Riesgo extra.

Se considera para dos grupos. El grupo 1 al que pertenecen los establecimientos que contienen pequeñas cantidades de materiales combustibles o inflamables que pueden ocasionar incendios severos, tales como las plantas de fundición y extrusión de metales, aserraderos, fábricas de espumas, material de tapicería que emplea plásticos espumosos. En el grupo 2 se incluyen los

establecimientos que poseen cantidades de sustancias de líquidos combustibles e inflamables pulverizados, operaciones de limpieza con disolventes, procesado de plástico y baños de pinturas o barnices. (NFPA 13, 2013)

Además de tipo de riesgos existen otras circunstancias especiales a considerar tales, como la presencia de combustibles, elementos inflamables apilados en altura, diversos líquidos inflamables y combustibles, productos químicos, aerosoles, polvos combustibles y explosivos.

De esta clasificación pormenorizada dependerá el tipo de agente extintor a escogerse, donde el agua normalmente puede ser ineficaz y sea necesaria la combinación de otros aditivos.

En función de esto se debe tomar en cuenta que un sistema de extinción requiere de abastecimiento de agua, realizar la observación y dimensionamiento de caudales, presiones de agua en todo el sistema, la distribución de las tuberías y la ubicación de las válvulas. También considerar las conexiones exteriores para los bomberos por medio de hidrantes municipales.

Dentro de la edificación se pueden escoger diferentes tipos de sistemas de extinción que se describirán a continuación brevemente:

Sistemas de rociadores automáticos.

Este tipo de sistema permite la detección y extinción de incendios. Consiste en un conjunto de tuberías, dispositivos y accesorio interconectados entre sí, desde una estación de bombeo hasta un aplicador termo sensible (rociador) que tiene como objetivo el descargar agua con el fin de extinguir el incendio en su etapa inicial.

El llamado rociador es un aplicador de agua con un tapón termo sensible que está diseñado para destruirse a temperaturas predeterminadas provocando en forma automática la liberación de

un potente chorro de agua pulverizada que puede extinguir el fuego justo sobre la zona donde esté iniciado. (Bracho, 2012)

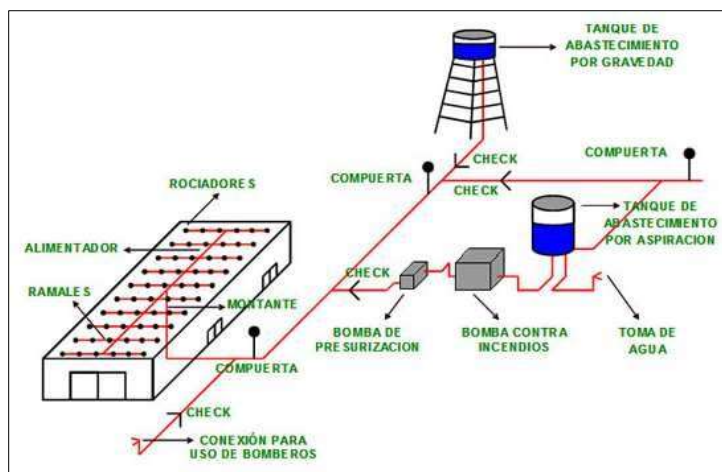


Figura 3 Diagrama típico de un sistema de rociadores

Fuente: (Bracho, 2012)

Existen varios tipos de sistemas de rociadores automáticos.

Sistema de rociadores de tubería húmeda

Es un sistema que contiene en todo momento agua bajo presión que es descargada inmediatamente por todos los rociadores que se hayan instalado y en la zona donde exista un calentamiento producido por el fuego.

Este sistema es seguro y simple ya que depende en comparación de otros sistemas de esta misma categoría ya que su funcionamiento depende de los propios rociadores. (Bracho, 2012)

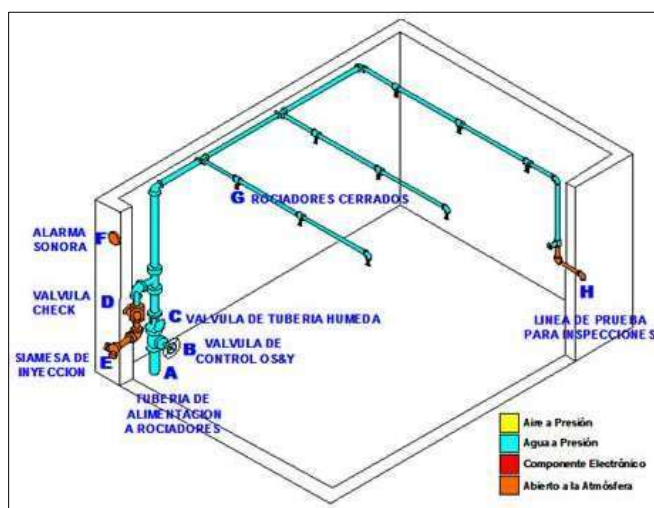


Figura 4 Sistema de rociadores tubería húmeda. Fuente: (Bracho, 2012)

Sistema de rociadores de tubería seca

Este sistema a diferencia del anterior principalmente en que las tuberías se mantienen presurizadas con aire o nitrógeno, a partir de la válvula de alarma. El agua se introduce en el sistema cuando la presión de aire o nitrógeno desciende por debajo de un valor determinado. Este sistema es recomendable en ambientes con baja temperatura lo que lo hace un sistema cuyo mantenimiento es complejo. (Bracho, 2012)

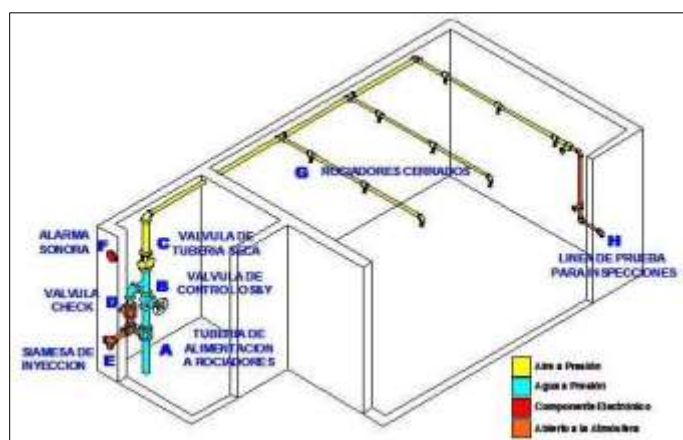


Figura 5 Sistema de rociadores tubería seca

Fuente: (Bracho, 2012)

Sistema de rociadores de diluvio y acción previa

Los sistemas de rociadores de diluvio y acción previa se caracterizan por estar interconectados a un sistema de detección de incendios (humo, calor y llama) cuando el sistema de detección se activa, envía una señal de apertura a una válvula que contiene el agua bajo presión, al abrirse la válvula el agua fluye por todos los rociadores que se hayan abierto.

Ambos se diferencian en que los de acción previa solo se abren uno o varios rociadores mientras que en los de diluvio el agua se descarga simultáneamente desde todos desde todos los rociadores. (Bracho, 2012)

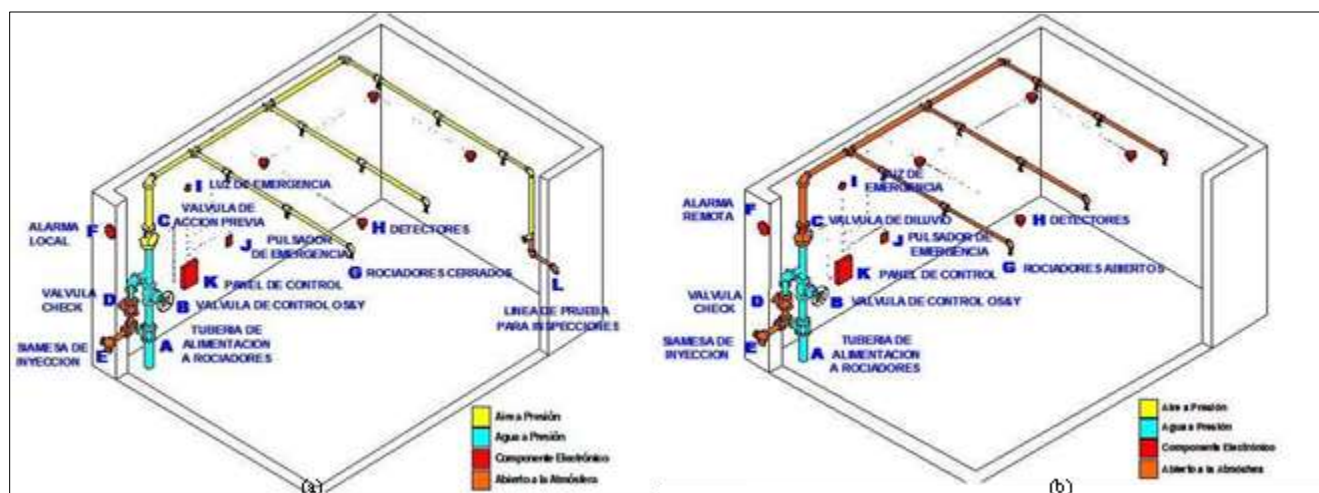


Figura 6 Sistema de rociadores de diluvio (b) y acción previa (a)

Fuente: (Bracho, 2012)

Sistema de agua pulverizada.

Tipo especial de sistema que se diseñan para controlar y extinguir incendios y para proteger estructuras en situaciones especiales; con ellos no se pretende sustituir los sistemas de rociadores, aunque poseen características similares excepto en la forma de descargar el agua. Existen sistemas de agua pulverizada con diversos grados y patrones de descarga, incluso de respuesta ultra rápida

(milisegundos). El tipo de sistema empleado dependerá del alcance del riesgo y de la descarga de agua necesaria.

Este tipo de sistema se utiliza en general para proteger tanques de gases y líquidos inflamables, transformadores eléctricos, interruptores de aceite, máquinas eléctricas rotatorias, bandejas de cables eléctricos, cintas transportadoras, aberturas de muros y otros riesgos de incendio similares. Están formados por una red de tubería fija y un conjunto de boquillas pulverizadoras diseñadas específicamente para descargar y distribuir el agua sobre el área a proteger. (Bracho, 2012)

El flujo de agua se inicia en forma manual o automática, normalmente por la actuación de un sistema de detección. Los sistemas de agua pulverizadora requieren de gran cantidad de agua, ya que se produce una descarga simultánea de alta densidad por todas las boquillas. Al igual que en los sistemas rociadores, es imprescindible que el abastecimiento de agua esté correctamente diseñado y cuente con un programa de mantenimiento fiable. (Bracho, 2012)



Figura 7 Ejemplo de un sistema de agua pulverizada. Descarga en una subestación eléctrica (Bracho, 2012)

Sistemas de sofocación con vapor.

Los sistemas de sofocación con vapor fueron utilizados hace varios años, pero en la actualidad no son recomendables para la protección contra incendios.

Pueden utilizarse para la protección de calderas o áreas de carga de barcos, instalaciones para pruebas de motores de aviones y sistemas de carbón polarizado. Una descarga aceptable puede ser ocho libras de vapor por minuto y por cada 100 pies cúbicos de volumen protegido. (Bracho, 2012)

Sistemas de extinción con espuma.

La espuma es utilizada para extinción de incendios es una mezcla de agua y de un agente espumante líquido. Este producto flota sobre los líquidos inflamables y combustibles formando una capa que aísla el aire, enfría el líquido y sella los vapores. También puede recubrir transformadores y otros equipos de forma irregular, sofocando las llamas. Existen varias clases de agentes espumantes y su efectividad varía según el tipo de aplicación y las características del incendio considerado. (Bracho, 2012)



**Figura 8 Ejemplo de una descarga de espuma para extinción de fuegos
(PINZÓN, 2017)**

La espuma puede emplearse con equipos portátiles o en instalaciones fijas, de tal manera que en cualquier tipo de aplicación la espuma resultante debe ser de la porción adecuada y de actuación continua y consistente. (Bracho, 2012)

Entre los diferentes tipos de agentes espumantes existentes se incluyen los formadores de capa acuosa, fluorproteínicos, los de alta expansión, los fluorproteínicos formadores de capa, proteínicos, surfactantes hidrocarbonados, de baja temperatura, de “tipo alcohol”, de tipo químico y polvos donde los dos últimos son prácticamente obsoletos y no se utilizan en los sistemas modernos. (Bracho, 2012)

Los rociadores de espuma resultan eficaces para la protección de las zonas donde se fabrican, almacenan y manipulan líquidos combustibles e inflamables tal como hangares de aviones, separadores de aceite-agua, áreas de bombas y colectores de aceites, muelles de carga de crudo, recintos con grandes cantidades de líquidos y otras instalaciones similares. La espuma se descarga prácticamente de la misma forma que el agua en sus correspondientes boquillas. (Bracho, 2012)

Sistemas de redes fijas y mangueras.

Los sistemas de redes fijas y mangueras constituyen un medio manual para la aplicación de agua en los incendios de edificios, aunque no sustituyen a los sistemas automáticos de protección. Estas instalaciones son necesarias cuando no existen equipos automáticos y cuando no pueden actuar los hidrantes exteriores. (Bracho, 2012)



**Figura 9 Ejemplo de un sistema de fijo de mangueras para supresión de incendios
(Extintores, 2017)**

Sistemas de dióxido de carbono.

El dióxido de carbono es un agente extintor muy apropiado para algunos riesgos. No reacciona con la mayoría de las sustancias, no es conductor de la electricidad y proporciona su propia presión de descarga. Al ser un gas puede penetrar fácilmente en el área de incendio y además no deja residuos. La acción extintora del dióxido de carbono se basa fundamentalmente en la reducción del contenido de oxígeno de la atmósfera hasta un punto en el que la combustión no puede continuar. Bajo condiciones apropiadas, también es apreciable el efecto de enfriamiento que produce, especialmente en aplicaciones locales. (Bracho, 2012)

Sistemas de polvo químico.

Entre los agentes extintores de polvo químico se distinguen los basados en polvos químicos ordinarios y los denominados polvos polivalentes. Los primeros se utilizan en incendios que afectan a líquidos inflamables (Clase B). (Bracho, 2012)

Sistemas de agentes halogenados.

Los agentes extintores halogenados o halones, poseen algunas características únicas de protección contra incendios. Además de su capacidad para extinguir las llamas, no dejan residuos después de un incendio y no producen choque térmico en los equipos delicados. Los dos halones más utilizados en Norteamérica con el Halón 1301 (Tri-fluor-bromo-metano) y halón 1211 (Difluor-cloro-bromo-metano). (Bracho, 2012)

En la actualidad, los halones utilizados en protección contra incendios constituyen un foco de atención mundial, por haber sido vinculados con la destrucción de la capa de ozono en la tierra. El protocolo de Montreal, un tratado de largo alcance firmado por la mayoría de los países del mundo, ha planificado la eliminación de la producción global de halones. Puesto que, en un futuro, la adquisición de halones de protección contra incendios será muy limitada, es necesario eliminar todas las emisiones innecesarias. En cuanto a los sistemas efectivos, es muy importante realizar inspecciones y mantenimientos periódicos.

En la actualidad se está haciendo uso de un elemento alternativo de extinción de incendios llamado «NOVEC» 1230 (FK 5-1-12) que es un fluido con poco olor y claro, incoloro de la marca de productos 3M diseñados como sustitutos de las sustancias reductoras de ozono (ODSs) y mezclas con altos potenciales de calentamiento global (GMPs), tales como HFCs y PCFs.

Este fluido es un agente de extinción de fuegos eficaz en escenarios de fuegos estándar, donde el halón históricamente se ha aplicado y donde las alternativas se están utilizando ahora.

Actualmente está siendo manejado en forma eficaz en aplicaciones de canalizaciones, inundaciones localizadas, saturaciones totales, inertización y supresión de la explosión en las

siguientes áreas: centros de procesos de datos, aviación comercial, aviación militar, sistemas militares, exploración de gas y petróleo, transporte, entretenimiento. (Bracho, 2012)

Los antecedentes de los sistemas extintores de incendio de inundación total que utilizan agentes gaseosos se remontan, por lo menos, al año 1920, cuando Walter Kidde introdujo los sistemas de dióxido de carbono en los Estados Unidos. Desafortunadamente, el dióxido de carbono es letal para los seres humanos si se lo utiliza en concentraciones normales. La llegada de Halón 1301, en los años 60', dio origen a la era de agentes gaseosos de inundación total, seguros para las personas. La era de los "agentes limpios" comenzó en el año 1994, con la prohibición impuesta sobre la producción del Halón 1301, debido a su alto potencial de reducción de la capa de ozono. (Senecal, 2013)

Según se emplea actualmente, la frase "agentes limpios" hace referencia a aquellos agentes que se utilizan como sustitutos del Halón 1301, y que, además, no presentan (o presentan un muy bajo) potencial de reducción de la capa de ozono. La NFPA 2001, norma sobre sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios, describe los requisitos sobre el uso de 13 agentes limpios, entre los que se incluyen cuatro agentes de gas inerte y nueve agentes de halocarbono. Al menos siete de los 13 agentes limpios enumerados en la NFPA 2001 se utilizan para protección contra incendios por inundación total en espacios "ocupados de manera normal". Ello no significa que dichos sistemas puedan ser descargados cuando haya personas en el espacio protegido. (Senecal, 2013)

FK-5-1-12	Dodecafluoro-2-metilpentano-3-uno	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$
HCFC	Diclorotrifluoroetano	CHCl_2CF_3
Mezcla A	HCFC-123 (4.75%)	
	Clorodifluorometano	CHClF_2
	HCFC-22 (82%)	
	Chlorotetrafluoroethane	CHClFCF_3
	HCFC-124 (9.5%)	
	Isopropenyl-1-methylcyclohexene (3.75%)	
HCFC-124	Clorotetrafluoroetano	CHClFCF_3
HFC-125	Pentafluoroetano	CHF_2CF_3
HFC-227ea	Heptafluoropropano	$\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$
HFC-23	Trifluorometano	CHF_3
HFC-236fa	Hexafluoropropano	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_3$
FIC-1311	Trifluoroiodometano	CF_3I
IG-01	Argón	Ar
IG-100	Nitrógeno	N_2
IG-541	Nitrógeno (52%)	N_2
	Argón (40%)	Ar
	Dióxido de carbono (8%)	CO_2
IG-55	Nitrógeno (50%)	N_2
	Argón (50%)	Ar
HFC	Tetrafluoroetano (86%)	$\text{CH}_2, \text{FCF}_3$
Mezcla B	Pentafluoroetano (9%)	$\text{CHF}_2, \text{CF}_3$
	Dióxido de carbono (5%)	CO_2

Tabla 3 Agentes considerados en NFPA 2001

Fuente: (NFPA 2001, 2012)

Debe evitarse la innecesaria exposición a los agentes limpios. Se supone que el personal evacuará el espacio protegido antes de proceder con la descarga de un sistema de agentes limpios. El valor esencial de un agente limpio es que no debería provocar daños en personas que involuntariamente se vean expuestas a una mezcla de agente-aire en concentraciones previstas para ser utilizadas en espacios ocupados. En el caso del Halón 1301, la concentración mínima de extinción (MEC, por sus siglas en inglés) es de ~3.2 %vol. para llamas de heptano. La concentración máxima de exposición permitida (MPEC, por sus siglas en inglés) para seres humanos es de 7 %vol. La concentración habitual de diseño para una aplicación de Halón 1301 era de 5 %vol., lo que dejaba un margen de seguridad (relativo) del 40% antes de alcanzar la

concentración máxima permitida. La concentración mínima de diseño (MDC, por sus siglas en inglés) que se utiliza para agentes limpios es de 1,3 veces la concentración mínima de extinción (MEC), en el caso de aplicaciones de líquidos inflamables. La concentración mínima de diseño resultante deja un margen relativo menor antes de alcanzar la concentración máxima de exposición permitida (MPEC). Al especificar la concentración mínima de diseño (MDC) más baja permitida, los diseñadores de los sistemas dejan un margen máximo para una exposición segura al agente. (Senecal, 2013)

A nivel de costos, es alta la competencia entre los proveedores de los distintos sistemas de agentes limpios. Por ello, es frecuente especificar sistemas extintores de incendio que posean la concentración mínima de diseño (MDC) más baja permitida, a fin de mantener los costos en valores mínimos.

Los aspectos anteriormente mencionados actúan como incentivos para el diseño de sistemas extintores de incendio mediante agentes gaseosos, que utilizan la cantidad de agente mínima que cumpla con los requisitos establecidos en la NFPA 2001. Una información clave considerada necesaria para el logro de esta meta es un valor determinado preciso y confiable de la concentración mínima de extinción (MEC). NFPA 2001 (2004), Sección 5.4.2.1 requiere que la concentración mínima de extinción (MEC) de un agente para un combustible líquido inflamable sea determinada por el método de quemador de copa que se describe en el Anexo B. El método de quemador de copa también se explica en el Anexo B ISO 14520, aunque existen diferencias entre los métodos de la NFPA y de la ISO. Además, hasta la emisión de la edición 2007 de NFPA 2001, ninguna de las normas especificaba con precisión los detalles de construcción de los aparatos de prueba, en particular del componente copa. Un análisis de los valores del quemador de copa incluido en normas nacionales e internacionales revelaba inconsistencias materiales entre las concentraciones

mínimas de extinción (MECs) informadas para agentes de gas inerte¹. En el año 2003, el comité técnico de la NFPA 2001 designó un Grupo de Tareas (TG, por sus siglas en inglés) para revisar el método de quemador de copa y desarrollar un método de prueba enmendado, con el objetivo de mejorar la reproducibilidad de laboratorio a laboratorio de los resultados de las pruebas. Las recomendaciones del Grupo de Tareas sobre las modificaciones al método de prueba y las especificaciones de los aparatos de prueba, las cuales se ilustran en la figura 1a y en la figura 1b, fueron revisadas y aprobadas por el comité técnico en octubre de 2005, y serán incluidas en el Anexo B enmendado de la edición 2007 de la Norma NFPA 2001. (Senecal, 2013)

Agentes limpios.

La mejor calificación de un “agente limpio” se obtiene a partir de los atributos estándar que dichos agentes deben cumplir. Es así que la norma NFPA 2001 de los EEUU define:

“Un agente limpio es un agente extintor de incendio, volátil, gaseoso, no conductivo de la electricidad y que no deja residuos luego de la evaporación”.

De esta definición se desprende sus propiedades más importantes:

- No debe dejar residuos
- No hace falta limpiar luego de su uso
- No debe afectar el funcionamiento del lugar en el cual se ha utilizado.
- Sin tiempos inoperantes (Lucro cesante = CERO).

Basados en esta definición el agua, las espumas sintéticas y el polvo químico seco no pueden considerarse agentes limpios dado que:

- Dejan residuos
- Requieren limpieza

- Provocan tiempos inoperativos
- En muchos casos su utilización puede producir daños en activos aún mayores que el propio incendio.

Para alcanzar estos atributos, los “agentes limpios” también deben ser rápidos en la detección y extinción del incendio.

A modo de ejemplo en el diagrama adjunto encontramos una comparativa entre un sistema de rociadores de agua y uno de “gases limpios”.

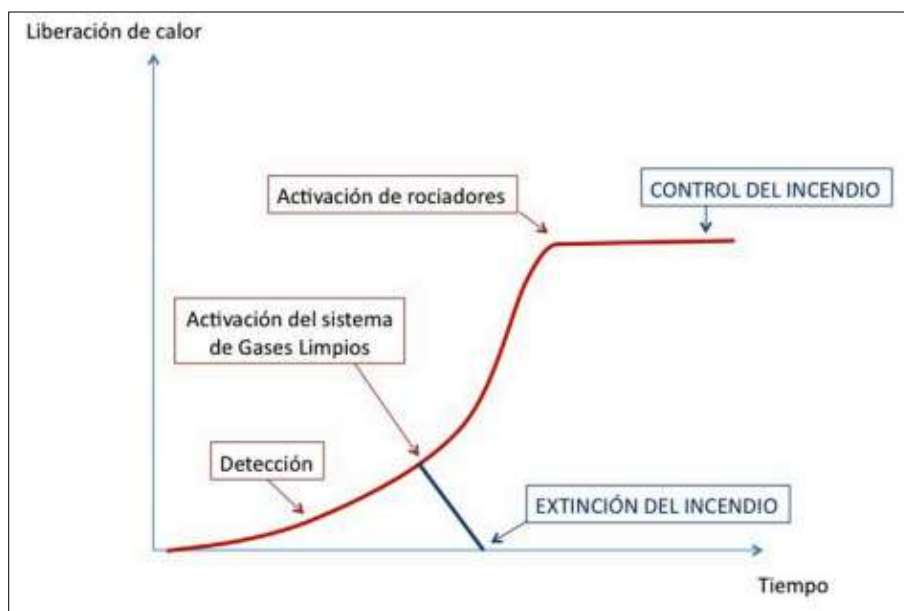


Figura 10 Comparativa entre un sistema de rociadores de agua y uno de gases limpios.

Fuente: (DEMSA, 2011)

Se ve en la figura que el sistema de rociadores recién se activa frente a una liberación de cantidad de calor importante, cuando esto sucede el mayor daño ya ha ocurrido. La activación de los rociadores tiende al “control del incendio” y evita su propagación y su posterior extinción con su uso sostenido.

El sistema de gases limpios, en cambio, actúa tempranamente activándose frente a una liberación de calor moderada y procediendo rápidamente a la extinción del incendio.

Los agentes limpios tienen sus inicios en el año 1900, con la introducción de los primeros extintores con Cloruro de Carbono (CCl_4). Las distintas carreras armamentistas que se desarrollaron antes, durante y después de las guerras mundiales vieron aparecer sustitutos con ciertas mejoras en la «performance» y en la toxicidad de los agentes utilizados. A fines de 1920, se ensaya la sustitución del cloro por el bromo obteniéndose agentes limpios basados en el bromuro de metilo ($\text{CH}_3 \text{Br}$). Este producto fue desarrollado principalmente en el Reino Unido y Alemania para sus aplicaciones en la fuerza aérea y marina. Avanzado los años 30, la fuerza aérea alemana introduce el Bromoclorometano ($\text{CH}_2 \text{BrCl}$), que fue utilizado por su par estadounidense diez años después. El problema básico de estos agentes radicaba en su toxicidad, por esta razón a fines de 1940, el ejército de los EEUU busca un compuesto sustituto del $\text{CH}_3 \text{Br}$ y $\text{CH}_2 \text{BrCl}$. Entre los encargados de desarrollarlo se encontraron compañías químicas y universidades tales como la «Purdue University», «Earl McBee», «CEO» y «Great Lakes Chemical Corp».

Durante el proceso de investigación se evaluaron más de 60 agentes y quedaron seleccionados para posteriores estudios solo cuatro de ellos, que fueron denominados como:

- Halon 1301 CF_3Br
- Halon 1211 CF_2BrCl
- Halon 1202 CF_2Br_2
- Halon 2402 $\text{BrCF}_2\text{CF}_2\text{Br}$

A partir de estos nace la “era de los halones” que se desarrolla desde 1960 a 1994 basados principalmente en dos de los agentes limpios mencionados. El halón 1301 ($\text{CF}_3 \text{Br}$) destinado a aplicaciones para inundación total de recintos y el halón 1211 ($\text{CF}_2 \text{BrCl}$) para aplicaciones locales

con extintores portátiles. Conformando así los primeros “agentes limpios” por definición ya que no dejaban residuos corrosivos o abrasivos luego de la aplicación y extinción. La coronación de los halones como “ideales” se basó en las nuevas necesidades industriales de no requerir limpieza luego de la descarga del agente, no interrumpir el trabajo y por ende no tener sectores con tiempos inoperativos derivados de daños producidos durante la extinción del incendio. La importancia de este último requerimiento se evalúa en los anexos 1 y 2, donde se muestran claramente cuáles son las pérdidas monetarias ocasionadas por tiempos inoperativos de diferentes industrias. (DEMSA, 2011)

- Halones (gas limpio ideal)

Los halones ofrecieron una combinación única de distintas propiedades transformándolos en el agente limpio IDEAL. Los factores que coronaron su éxito fueron:

- Limpios, no dejaban residuos luego de la aplicación
- Eficiente supresión de incendios
 - Rápida detección
 - Rápida extinción
- Químicamente inertes
- Estables al almacenamiento
- No reaccionan químicamente
- No conductores de la electricidad
- Baja toxicidad
- Bajo costo

Así súbitamente los halones ganaron un mercado importante al cubrir aplicaciones específicas que no podían ser encaradas con otros tipos de agentes. Dentro de los usos se destaca:

- Instalaciones electrónicas
- Cuartos de computación
- Almacenes de datos
- Archivos de documentos
- Cuartos de comunicaciones
- Industrias del petróleo y gas
- Estaciones de bombeo
- Plataformas oceánicas
- Cuarto de máquinas de buques
- Museos y bibliotecas

La acelerada retracción de la capa de ozono, llevó a los científicos a estudiar cuál era el proceso que estaba ocasionando la reducción del ozono estratosférico. En el diagrama adjunto se explica el ciclo de retracción.

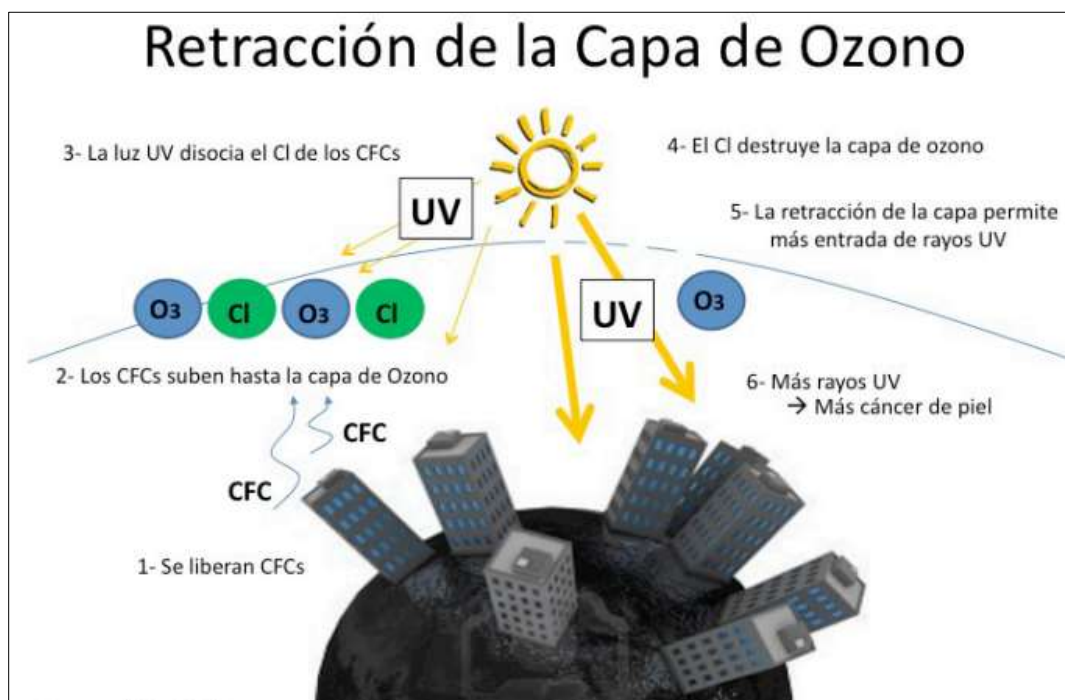


Figura 11 Retracción de la capa de ozono

Fuente: (E.P.A)

El ciclo se inicia con la liberación a la atmósfera de clorofluocarbonos (CFC). Los mismos, por su baja densidad, ascienden hacia la estratosfera donde se encuentra la denominada “capa de ozono”. Allí, la acción intensa de las radiaciones ultravioletas (rayos UV) disocia la molécula de cloro presente en los CFCs dejándola libre. Es así como el cloro destruye al ozono y hace “agujeros” en dicha capa. La retracción permite una mayor entrada de rayos UV hacia la superficie terrestre. Estos rayos impactan directamente sobre la población expuesta y provoca graves alteraciones genéticas en la piel que conducen al cáncer. Para contrarrestar este problema, rápidas medidas debieron ser implementadas en torno de la reducción de emisiones de elementos clorados hacia la atmósfera. Los primeros pasos de este accionar fueron la determinación de aquellos elementos que mayormente producían la acumulación de cloro atmosférico, allí se determinó que los CFCs causaban el 70% de las emisiones y los halones el 30% restante. Los halones

conformaban en consecuencia gran parte de la problemática y debían ser reemplazados, comenzando así el largo camino de la búsqueda del sustituto ideal del Halón. (DEMSA, 2011)

La investigación se orientó sostenidamente a encontrar un elemento que fuera capaz de cumplir con las propiedades funcionales del agente extintor, sumadas a la satisfacción de los nuevos requerimientos de protección medioambiental.

El agente seleccionado debería cumplir entonces con los siguientes requisitos:

- Agente limpio: No dejar residuos luego de su aplicación
- Supresor eficiente de incendios
 - Requerimiento de baja masa: El agente debería contar con una masa baja, de esta forma se puede almacenar más agente dentro de un recipiente dado a un costo menor
 - Agente gaseoso y que brinde la capacidad de extinguir rápidamente fuegos ocultos.
 - Alta capacidad de absorción del calor y alto calor latente.
 - Baja densidad de vapor, esto otorga la capacidad de brindar tiempos de acción del agente más prolongados
- Químicamente inertes
 - Estables al almacenamiento durante períodos largos.
 - Químicamente no reactivos con agua, combustibles y los propios activos a proteger
- No conductor de la electricidad
 - Alta fortaleza dieléctrica
- Capaz de ser almacenado como un gas comprimido líquido, de esta forma se asegura una menor superficie de instalación y el uso de válvulas y tuberías comunes
- Baja toxicidad para no comprometer y asegurar la salud del operador

- Baja toxicidad de uso.
 - Toxicidad aguda lo más baja posible
 - Toxicidad por exposición prolongada o repetida lo más baja posible
 - Agente no metabolizable en el cuerpo humano
- Sin impacto sobre el medio ambiente
 - Potencial de retracción de la capa de ozono (PRO) = CERO. No se admitiría un agente que dañara la capa de ozono estratosférico.
 - Potencial de calentamiento global (PCG) = CERO. No se admitiría un agente que contribuyera a la formación de gases de efecto invernadero.
 - Sin compuestos orgánicos volátiles (COV). No se admitiría un agente que al emitir compuestos orgánicos volátiles contribuyera a la formación de SMOG en las capas bajas de la atmósfera.
- Costo de producción razonable

Hacia esta tarea se orientaron instituciones académicas, gubernamentales, militares e industriales. (DEMSA, 2011)

El tetraedro del fuego, en cambio añade un elemento más derivado de la unión sostenida de los tres componentes anteriores conformando un mecanismo químico consistente en la reacción en cadena.



Figura 12 Tetraedro del fuego

Fuente: (DEMSA, 2011)

Los agentes limpios a diseñar deberían trabajar en la extinción del incendio removiendo a los mecanismos físicos, químicos o ambos a la vez. Las investigaciones condujeron finalmente a la adopción de los siguientes agentes:

Agentes químicos.

Aquellos con contenido de bromo. La selección se basó en la capacidad que tiene el bromo de reaccionar con cierto tipo de llamas. Finalmente, estos elementos fueron descartados dada su alta toxicidad.

Agentes físicos.

Aquí la lista fue más extensa y los agentes que lograron imponerse fueron:

Perfluorocarbonos.

Fueron rápidamente olvidadas por su alta vida en la atmósfera y su alto potencial de

calentamiento global.

Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs).

Comercializadas actualmente pero prontamente en desuso por su contenido de cloro son por ejemplo el HCFC Blend A: NAF-S-III y el HCFC-22/HCFC-123/HCFC-124/d-limonene.

Hidrofluorocarbonos (HFCs).

Comercializadas actualmente y algunas designaciones comerciales son: HFC-227ea: FM-200® $\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$; HFC-125: FE-25™ $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{H}$; HFC-23: FE-13™ CF_3H

Gases inertes.

Comercializadas actualmente y algunas designaciones comerciales son: IG-541: Inergen® Ar/N₂/CO₂; IG-55: Proinert™ Ar/N₂.

Perfluorocetonas.

Comercializadas actualmente es el FK-5-1-12: Novec 3M 1230 $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$

NOVEC 1230 (FK 5-1-12) (C₆F₁₂O).

NOVEC 1230 (FK 5-1-12), C₆F₁₂O, (3M NOVEC 1230 (FK 5-1-12)) es un líquido que no daña el medio ambiente. Reemplaza al gas halón para su uso como un agente gaseoso de extinción de incendios y es fabricado por 3M. Generalmente se usa en situaciones en las que el agua de extinción de incendios daña a equipos electrónicos, museos, bancos, hospitales. El NOVEC 1230 (FK 5-1-12) (FK 5-1-12) es un fluido que no daña la capa de ozono y tiene una vida atmosférica de cinco días y un potencial de calentamiento global de 1.

NOVEC 1230 (FK 5-1-12) es un material de alto peso molecular, en comparación con la primera generación de agentes limpios halocarbonados. El producto tiene un calor de vaporización

de 88,1 kJ/KGA y baja presión de vapor. Aunque se trata de un líquido a temperatura ambiente gasificado después de ser expulsado de un sistema de inundación total.

El producto es ideal para su uso en aplicaciones de inundación total, inundaciones localizadas sistemas, aplicaciones de tipo direccional pulverización y puede ser usado en los extintores portátiles para aplicaciones especializadas. Pero además de los métodos convencionales de «superpresurización» mediante nitrógeno, NOVEC 1230 (FK 5-1-12) (FK 5-1-12) también se presta para su uso en aplicaciones de bomba porque se trata de un líquido.

NOVEC 1230 (FK 5-1-12) se basa en una propiedad química de 3M llamado C6-fluoroketone, sino que también es conocido como dodecafluoro-2-metilpentano-3-uno, y su nomenclatura es ASHRAE FK 5-1-12 - la forma en que se designa en NFPA 2001 ISO 14520.

Químicamente, se trata de una cetona fluorados sistemática con el nombre 1,1,1,2,2,4,5,5,5-nonafluoro-4-(trifluorometil)-3-pentanona y la fórmula estructural $\text{CF}_3 \text{CF}_2 \text{C} (= \text{O}) \text{CF} (\text{CF}_3)_2$, un análogo fluorado de etilo isopropilo cetona. (Wikipedia Enciclopedia Libre, 2018)

Funcionamiento gas NOVEC 1230 (FK 5-1-12) (FK 5-1-12).

Para entender como el fluido FK 5-1-12 extingue el fuego, es importante revisar algunos aspectos básicos de la química del fuego; ya que es el resultado de la reacción en cadena de tres componentes: combustible, oxígeno y calor a esta reacción se le refiere con el tetraedro del fuego. (figura 9).

La interacción de estos tres elementos es indispensable para mantener el fuego ardiendo, si se observa el tetraedro del fuego, es necesario interrumpir uno o más de los factores que lo componen para romper la reacción en cadena y extinguir el fuego. El fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) (FK 5-1-12)extingue principalmente el tercer componente, el calor. Una vez descargado el fluido crea

una mezcla gaseosa con el aire existente en el área protegida; esta mezcla de fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12)/aire aumenta la capacidad de absorción del calor (energía) que tiene el aire puro. Cuando se utiliza la concentración correcta del fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) para realizar la mezcla con el aire contenido en el área a proteger, la capacidad de esta mezcla para absorber el calor es suficiente para interrumpir la reacción en cadena del tetraedro del fuego, extinguiendo, en menos de 10 segundos, el fuego.

El fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) es una excelente solución para la protección contra incendios en riesgos especiales, es decir, áreas donde la continuidad de la operación es vital y que en muchas ocasiones involucra equipos eléctricos y/o electrónicos o incluso áreas donde los activos por proteger son invaluable y/o irremplazables. El fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) protege áreas donde las soluciones convencionales contra incendio (agua, PQS, espuma o incluso algunas soluciones químicas o gaseosas), no garantizan proteger la integridad de los activos y/o procesos. Algunos ejemplos donde se puede utilizar el fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) para la protección contra incendios son: cuartos de cómputo y telecomunicaciones, subestaciones, cuartos de control eléctrico, bibliotecas, museos, acervos culturales, hospitales, salas de control aéreo, entre otras.

El fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) surgió del compromiso y responsabilidad que 3M tiene con el ser humano, el medio ambiente y la industria involucrando la tecnología para obtener cada característica que distingue al fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) no solo como un agente limpio supresor de incendios sino como un producto seguro para las personas y amigable con el medio, al mismo tiempo que resguarda la integridad de los activos por proteger.

Es un eficaz supresor de incendios. - Debido a la capacidad de absorción calor (energía) que alcanza al mezclarse con el aire, interrumpe el tetraedro del fuego y extingue el conato de incendio.

No daña los activos por proteger, debido a que no es eléctricamente conductivo, se evapora rápidamente y no destruye al contacto, incluso si se protegen los materiales delicados como papel, tela, lápiz o tintas, agregando la ventaja de que no requiere limpieza del área después de que sea descargado el sistema. No daña la salud de las personas, debido a que cuenta con el rango más amplio de seguridad en la salud humana (NOAEL, NFPA 2001) con respecto a su relación entre la concentración requerida para extinción de fuego y la concentración a la que pudiera afectar la salud del ser humano. Gracias a sus características ambientales el fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) además de no dañar la capa de ozono, tiene el potencial de calentamiento global más bajo, con respecto a otros agentes químicos de supresión de incendio, degradándose por completo en un lapso no mayor a cinco días, garantizando la no restricción por Normativas Ambientales Internacionales.

El fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) permite reducir hasta en un 99% la emisión de gases de efecto invernadero, comparado con otras alternativas disponibles en el mercado. El uso de sistemas de supresión de incendios a base del fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12), puede aportar puntos en la construcción para ser candidato en la acreditación de la certificación LEED. La entidad certificadora LEED “Green Building Rating Systems” fundada y administrada por “United States Green Building Council” es una certificación diseñada para fomentar el desarrollo y la construcción sustentable. (3M, 2012)

NOAEL Y LOAEL.

Ambos son términos utilizados para determinar el índice de toxicidad en un proceso de evaluación toxicológica. Ambos son términos, son siglas determinadas en el idioma inglés («No observed adverse effect level») («Lowest observed adverse effect level») que significan nivel de mínimo efecto tóxico observable (LOAEL) y nivel sin efecto adverso observable (NOAEL).

AGENTE	FK 5-1-12	HALON 1301	HFC-125	HFC- 227ea
	NOVEC 1230		ECARO 25	FM-200
Concentración de uso	4 - 6%	5%	8,7 - 12,1 %	6,25%
NOAEL	10%	5%	7,50%	9%
Margen de Seguridad	67 - 150%	Nulo	Nulo	3 - 20%

Tabla 4 Comparativa margen de seguridad agentes limpios

Fuente: (NFPA 2001, 2012)

Fórmula química	$CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$
Peso Molecular	316.04
Punto de Ebullición @ 1 atm	49.2 °C (120.6° F)
Punto de Congelación	-108 °C(-162.4° F)
Densidad, sat. Liquid, 25° C	1.60 g/ml (99.9 lbm/ft3)
Densidad, gas @ 1 atm, 25° C	0.0136g/ml (0.851 lbm/ft3)
Volumen específico @ 1 atm, 25° C	0.0733 m3/kg (1,175 ft3/lb)
Viscosidad líquida @ 0° C/25° C	0.56/0.39 centistokes
Calor de evaporación @ BP	88.0 kJ/kg (37.9 BTU/lb)
Solubilidad de H ₂ O en el fluido Novec™ 1230	<0.001% by wt
Presión de Vapor @ 25° C	0.404 bar (5.87 psig)
Resistencia dieléctrica relativa, 1 atm (N ₂ =1.0)	2.3

Tabla 5 Propiedades físicas típicas

Fuente: (3M, 2012)

AGENTE	FK 5-1-12	HALON 1211	HALON 1301	HFC-125	HFC- 227ea
	NOVEC 1230			ECARO 25	FM-200
Potencial de Reducción del Ozono (ODP)	0	4	12	0	0
Potencial de Calentamiento Global	1	1890	7140	3500	3220
Vida Útil Atmosférica	0,014	16	65	34,2	29

Tabla 6 Propiedades ambientales

Fuente: (3M, 2012)

El Fluido NOVEC 1230 (FK 5-1-12) a temperatura ambiente se mantiene en forma líquida, característica que permite un espacio de almacenaje muy pequeño, comparado con los gases inertes o el CO₂, además de que al estar contenido en forma líquida permite que el producto sea transportado vía terrestre, marina o aérea, sin alterar sus condiciones o tener algún riesgo, en su almacenamiento manejo, ver la siguiente figura.

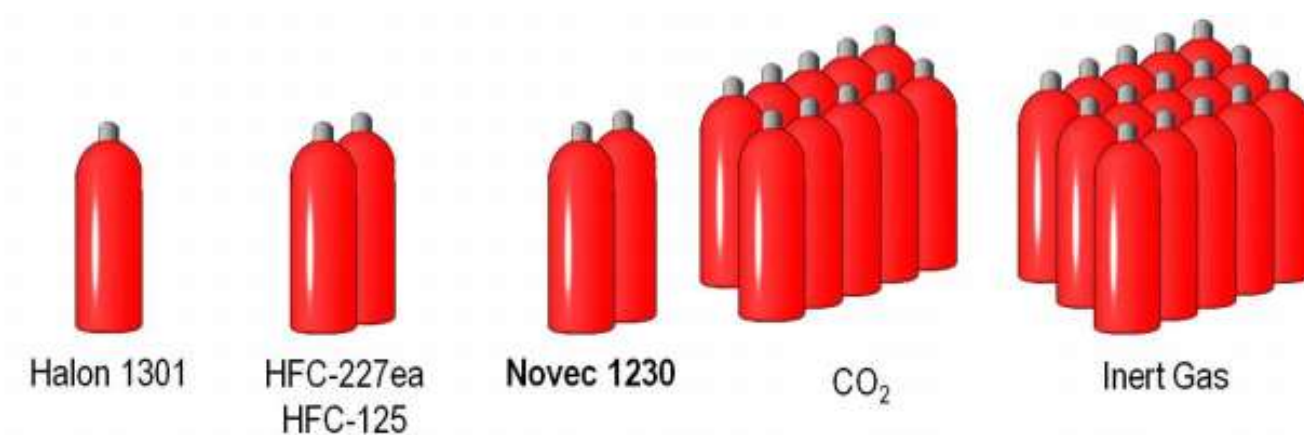


Figura 13 Representación dimensionamiento de cilindros por agente

Fuente: (3M, 2012)

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

Enfoque de la investigación

Se clasifica en cualitativa y cuantitativa, de esto se dice: “A grandes rasgos los métodos cuantitativos son de uso más tradicional y su meta básica es la de demostrar numéricamente la relación o el efecto de la circunstancia investigada. En métodos cualitativos habrá que preocuparse más por las valoraciones u opiniones que hagan los sujetos o las fuentes investigadas”. Con lo expuesto, el proyecto se clasifica en una naturaleza mixta, porque se va a interpretar los resultados de la evaluación del conocimiento de los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica, y obtener aspectos cualitativos en este proceso. Por otro lado, la parte cuantitativa del proyecto será explicar los criterios de diseño de sistemas de supresión de incendio por medio de agente limpio, brindar datos específicos para realizar cálculos en los diseños basados en la norma NFPA 72 y NFPA 2001, así como cuantificar los resultados obtenidos de la evaluación de los grupos de estudiantes.

Método de la investigación

El método de la investigación se clasifica en muchos tipos de estudios o investigaciones, algunos (as) son:

Retrospectivos.

Cuando la investigación se fundamenta o se refiere a un periodo pasado. Se aplica no solo a la historia, sino también a las Ciencias de la Naturaleza, al Derecho, la Medicina o cualquier otra disciplina científica. En una investigación histórica, deben investigarse todas las circunstancias que permitieron que se desarrollara la condición, evento o circunstancia que se investiga; así como

las condiciones humanas, políticas, religiosas, climáticas, tecnológicas, etc., que existían en el momento en que ocurrió el hecho, evento o circunstancia propuesto.

Descriptiva.

Este tipo de estudio es el que limita a describir lo que es; es decir, presenta los resultados sin interpretaciones ni inferencias, sino con la sencillez en la que los mismos ocurren simplemente. No ahonda en causas, detalles o consecuencias; simplemente lo expone.

Prospectiva.

Este estudio hace un aporte al futuro, es una investigación que se realiza en el presente, pero pensando en un beneficio en algún tiempo siguiente; dependiendo del objetivo a alcanzar en dicha investigación.

Experimental.

Es la investigación que trata de incluir algo nuevo, aquí se involucran muchas variables, ya que es algo diferente y novedoso que se trata de comprobar. Existen dos tipos de experimentos, los de laboratorio que se hace en un ambiente artificial y los de campo que se llevan a cabo en la práctica y suelen ser naturales.

Evaluativo.

Es normal y sencillo. Consiste en la evaluación de un fenómeno. Resulta un buen sistema para mostrar resultados concretos de los alcances obtenidos a los que patrocinaron o encargaron de la realización del proyecto. Las técnicas utilizadas en este caso, son algunas como el cuestionario y la entrevista.

Este trabajo se clasifica como descriptivo, porque se exponen claramente los conceptos de un sistema de detección y supresión de incendios por medio de agente limpio y sus criterios de diseño, también, se incorpora la clasificación de prospectivo, ya que, esta es una investigación y un aporte para los futuros estudiantes de los cursos de la carrera de ingeniería electromecánica de la Universidad Internacional de las Américas. Finalmente, el proyecto posee una clasificación evaluativa, porque se realizará una evaluación del conocimiento de los estudiantes actuales de los diferentes cursos de la carrera antes mencionada.

Fuentes de información

La documentación y las fuentes de información se pueden describir como las fuentes de una investigación que están compuestas por las personas o documentos de donde se consultaron, la norma NFPA 72 y la NFPA 2001, así como también revistas documentos y manuales relacionadas con el tema de detección y supresión de incendios. Esta clase se categoriza dentro de la información de primera mano, ya que provienen directamente de o de los autores correspondientes de cada obra.

Los sujetos utilizados en este proyecto, son personas destacadas en el campo del diseño de sistemas tempranos de detección de incendios, como el Ing. Yovel Soto Corrales gerente del Departamento Comercial para Costa Rica de la empresa Johnson Controls Inc. (División de fuego y seguridad) y el ingeniero Soto quien cuenta con una experiencia de doce años en el campo de los sistemas de detección de incendio.

Variables o unidades de análisis

Cuantitativas.

Cuestionario.

Es sin duda la técnica de investigación más popularizada y conocida. Por excelencia es un instrumento cuantitativo que permite llegar a poblaciones mayores y obtener un consenso de sus criterios y de sus opiniones. “Cuando se habla de cuestionario se sugiere al mecanismo más simple y estandarizado que existe para evaluar, por cuanto se sugieren a los encuestados las mismas posibilidades de respuesta. En eso radica la facilidad para tabular los resultados y para ofrecer datos cuantitativos de gran confiabilidad. En otros sistemas esta tarea sería más completa y pausada”. Cuando se aplica el cuestionario se tiene que hacer referencia a los evaluados, los consultados, los encuestados o los sujetos de información. Dentro del cuestionario se definen el de tipo indirecto estructurado, que se busca no revelar la identidad al evaluado del patrocinador de la investigación. El Directo estructurado, aquí el evaluado siempre conocerá al patrocinador, finalmente el otro tipo es el directo no estructurado, que puede combinar los dos anteriores.

Observación.

Para este tipo se corre el riesgo de confiar mucho en los criterios que una persona expresa verbalmente o por escrito. La veracidad de ésta depende del nivel de objetividad que manifieste el evaluador. Existen dos tipos de observación: la participativa y la no participativa. La primera implica que el responsable de recolectar los datos se involucre directamente con la actividad del sujeto de la observación, la segunda, por lo contrario, el investigador no tiene algún tipo de relaciones con los sujetos que serán observados.

Cualitativas.

Entrevistas.

Constituye el mecanismo idóneo cuando se tiene el interés de obtener datos cualitativos a profundidad, pues permite indagar con el entrevistado más allá de criterios y opiniones superficiales obtenidas básicamente de los instrumentos cuantitativos. La entrevista tiene desventajas ante el cuestionario porque dura más. Por otro lado, el carácter de flexibilidad que tiene la entrevista, pudiendo alterarse las preguntas que se habían previsto, hacen que las respuestas que se obtengan sean diferentes y no estandarizadas. El entrevistador debe además establecer los momentos en que esa persona nos miente o exagera, o bien orientado cuando se sale irremediamente del tema que se enfoca. El entrevistador debe asumir una postura de facilitador, que estimule al evaluado en la obtención de criterios valiosos.

Análisis de contenido.

Puede aplicarse a documentos, fichas, resúmenes, imágenes o entes abstractos y no necesariamente a sujetos de información. El motivo de su creación es, ante todo, facilitar el estudio, interpretación y análisis de las fuentes de información. La finalidad de esta técnica es la de ofrecer información integral desde los puntos de vista cuantitativo y cualitativo.

Para este trabajo, se utilizarán las técnicas de encuestas, mediante el instrumento del cuestionario, este será para hacer la evaluación del conocimiento de los estudiantes de diseño de la carrera Ingeniería en Electromecánica. Otra técnica es la entrevista, que se realizará a personas con amplia experiencia en el tema, finalmente, el análisis de contenido o documental, porque el análisis de tablas, fichas y diagramas estará presente en el trabajo.

Instrumentos

Para este trabajo el principal instrumento para recolectar la información fue el cuestionario empleado como una encuesta aplicada a una gran parte de los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica, ya que se consideró como la información más fidedigna la proveniente del estudiantado.

Se consideró un método secundario como lo es las entrevistas, pero este se utilizó para determinar alguna información técnicas sobre los sistemas de detección y supresión de incendio y para corroborar algunos datos investigados con lo que realmente presenta el mercado de la construcción.

Proceso para la recolección y análisis de datos

El cuestionario utilizado como encuesta, se estructuró de una forma electrónica y de esta misma forma fue aplicada. Se utilizó la herramienta de «Google» llamada “Google Forms”, la cual permite formular una encuesta y aplicarla mediante un «link» que es generado automáticamente, para ser enviado a la población deseada.

La obtención de resultados es automática, conforme la población va llenando la encuesta, esta va formando una estadística, la cual es modelada de manera tal que se pueda presentarse en gráficas.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el desarrollo de esta investigación y creación de un manual de diseño para sistemas de supresión de incendios por medio del agente limpio «Novec» 1230, es fundamental contar con información real y actual, acerca del conocimiento en este tipo de sistemas por parte de los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica de la Universidad Internacional de las Américas.

Por lo expuesto anteriormente, se considera la razón principal para la formulación de las preguntas plantadas en la encuesta realizada a los estudiantes de dicha carrera, en el segundo cuatrimestre del año 2019.

Estas encuestas se elaboraron para revelar el conocimiento que poseen los estudiantes y con esto desarrollar un documento de consulta técnica de sistemas de detección y supresión de incendios, para ser utilizado en los cursos en los que mejor se adecue su contenido.

Cuestionario planteado

1. ¿Ha escuchado usted de la N.F.P.A?

Sí

No

2. ¿Qué significado tienen las siglas N.F.P.A? *

«National Fuel Process Accurate»

«National Fire Protection Association»

«Nature Fire Park of America»

«National Fire Protection of America»

3. ¿Conoce usted acerca de que trata la norma NFPA 72?

Sí

No

4. ¿Cuáles dispositivos son comúnmente utilizados en el diseño de un sistema de detección de incendios?

Detector de humo, estaciones manuales, luz estroboscópica

Rociador de agua, módulo de aislamiento, módulo de control

Válvula mariposa, módulo de monitoreo, panel principal, sensor de flujo

Todas las anteriores

5. ¿Conoce usted acerca de la norma NFPA 2001?

Sí

No

6. ¿Sabe usted en qué consiste un sistema de supresión de incendios?

Sí

No

7. ¿Sabe que es un agente limpio?

Sí

No

8. ¿Conoce usted el agente limpio «Novec» 1230?

Sí

No

9. ¿Conoce usted algún agente limpio?

Sí

No

10. ¿Qué aplicación se les da a los sistemas basados en agente limpio?

Limpieza total de un lugar luego de ser quemado por un incendio

Iniciar quemas controladas con un combustible que no daña el medio ambiente

Un gas fabricado para extinguir fuegos con la capacidad de no dañar equipos electrónicos en funcionamiento

No sé

11. ¿Sabe que significa NOAEL y LOAEL?

Sí

No

12. ¿Sabe usted cuales son las consecuencias de una descarga de agente limpio en la atmósfera?

Sí

No

13. ¿Considera usted que la universidad debería de incluir más sobre estos sistemas en el plan de estudio?

Sí

No

14. ¿Se consideraría usted más preparado para el mercado laboral si tuviera más conocimiento sobre sistemas de detección y supresión de incendios?

Sí

No

15. ¿Esta encuesta lo incentiva a investigar sobre sistemas basados en agentes limpios?

Sí

No

La encuesta fue aplicada a un total de 55 estudiantes, seleccionados con la ayuda de la dirección de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, esto para estar seguro que los estudiantes que completaran el cuestionario tuvieran un avance de al menos un 50% de la carrera y así pudieran tener un criterio más amplio de algunos temas.

El total de las encuestas aplicadas de manera individual se pueden encontrar en el capítulo de anexos.

Al finalizar los 55 registros se procedió a realizar el análisis de la información obtenida por medio de gráficas las cuales se muestran y explican a continuación:

Detalle de gráficos aplicados a la encuesta

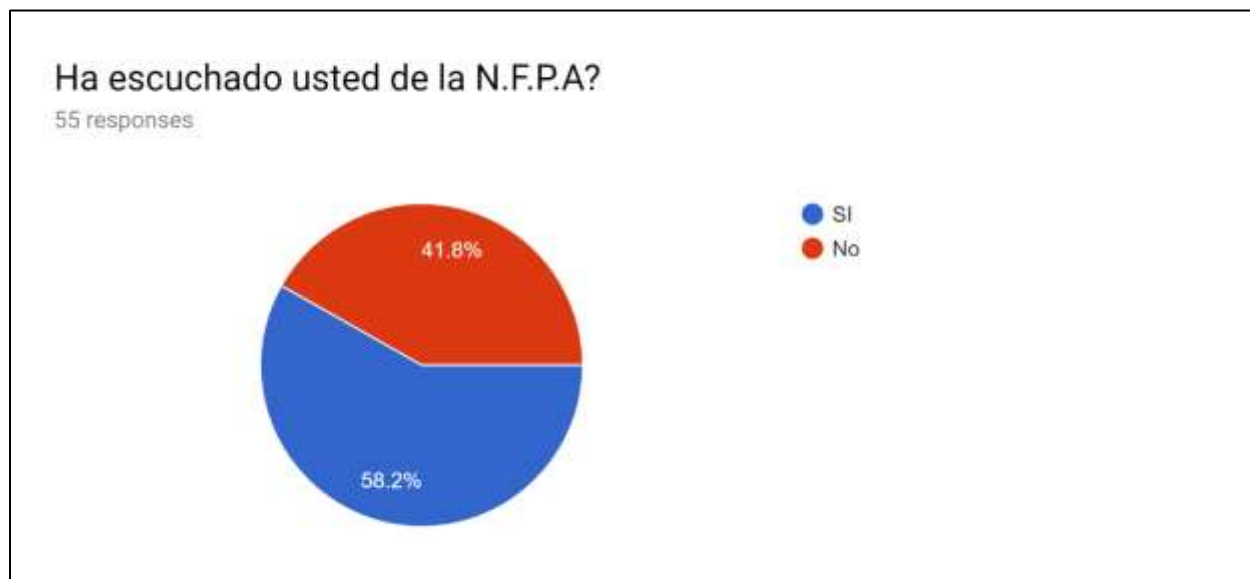


Figura 14. Gráfica de la pregunta número 1 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

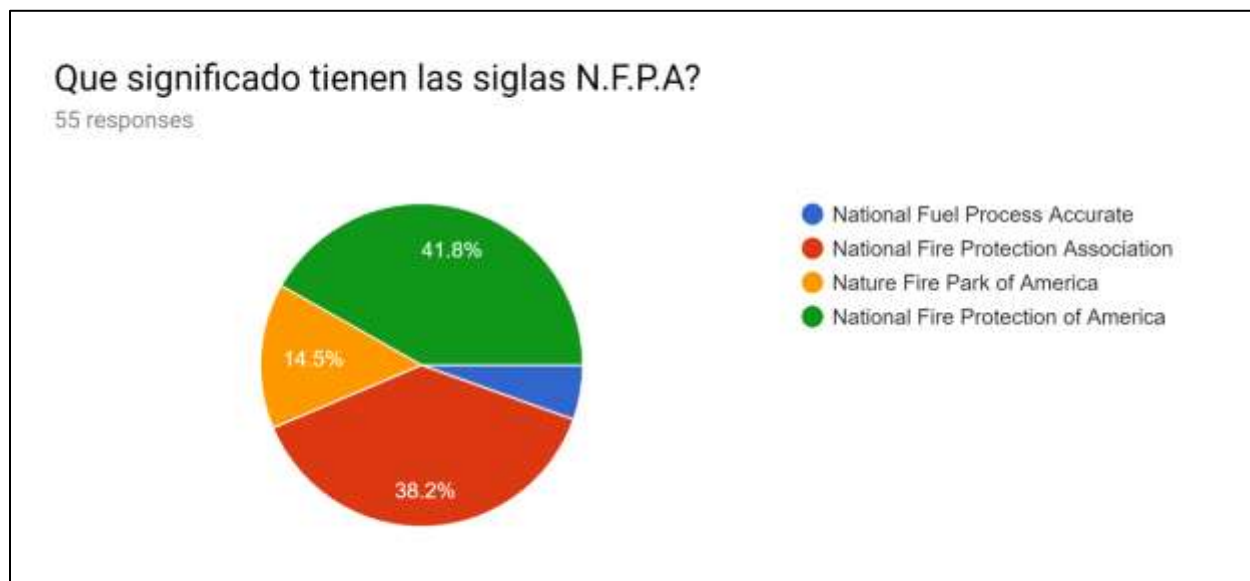


Figura 15. Gráfica de la pregunta número 2 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».



Figura 16. Gráfica de la pregunta número 3 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

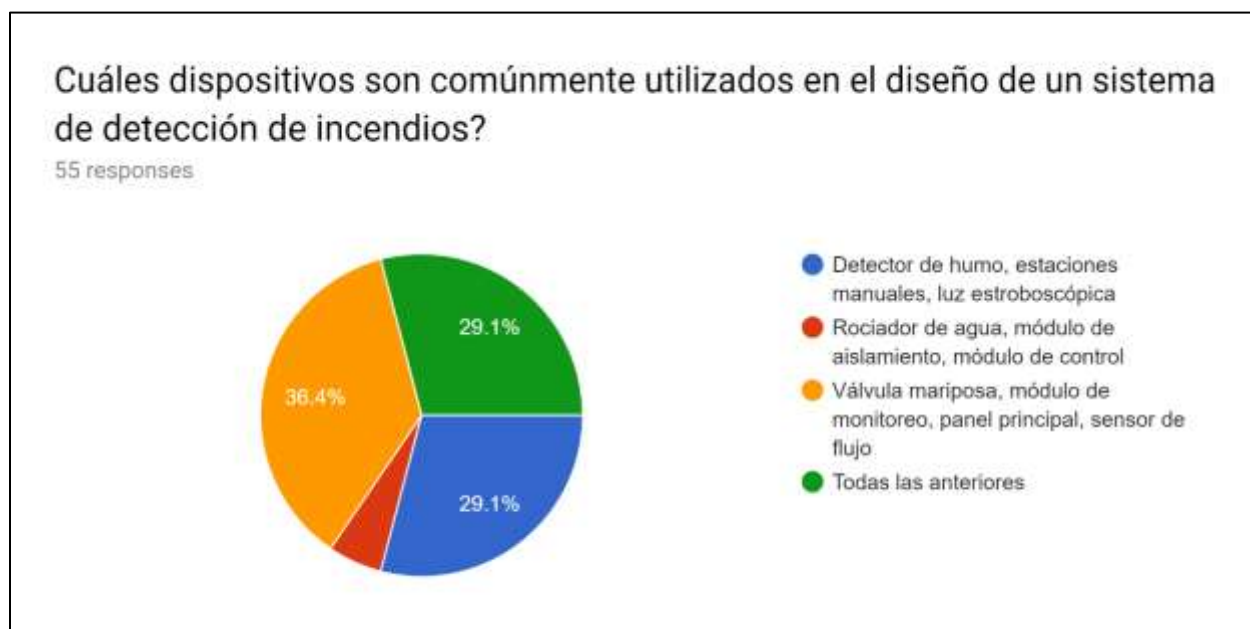


Figura 17. Gráfica de la pregunta número 4 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

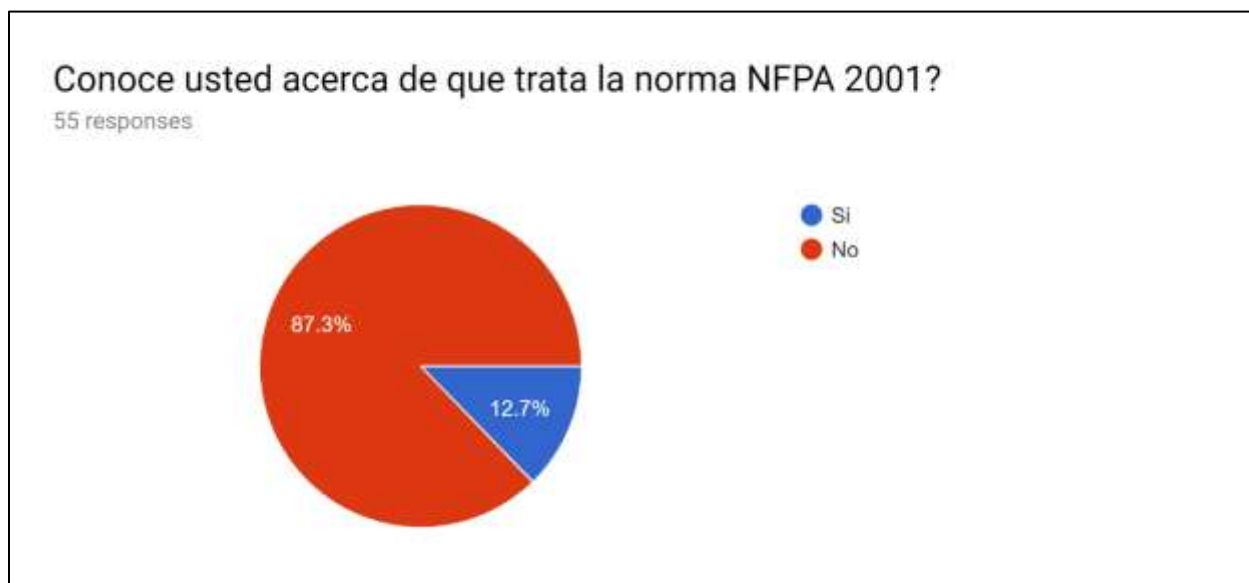


Figura 18. Gráfica de la pregunta número 5 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

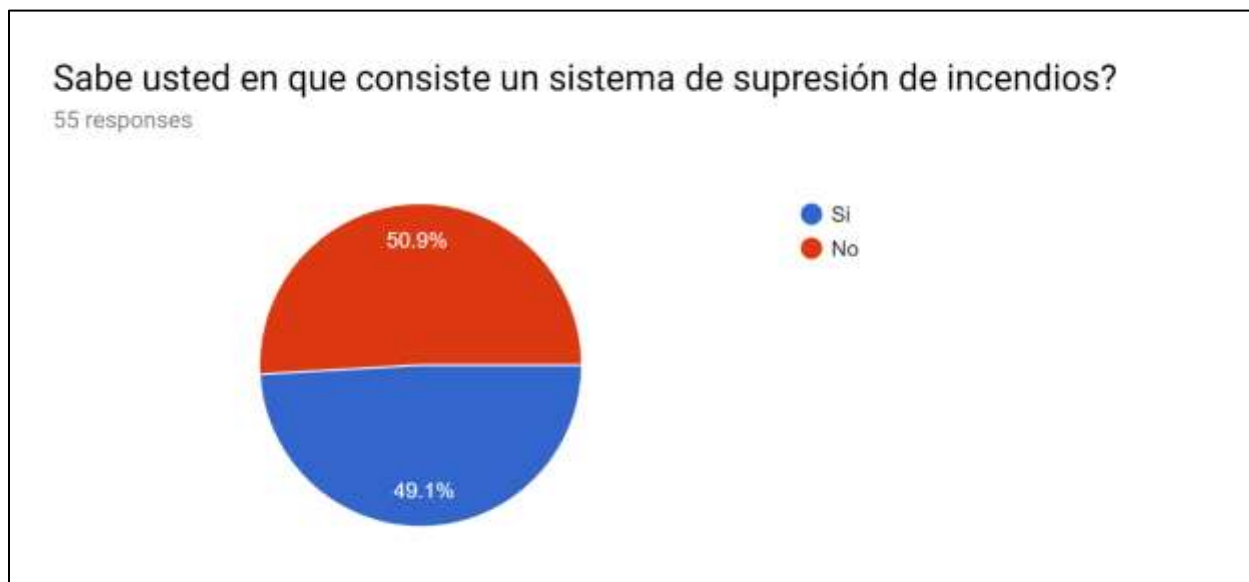


Figura 19. Gráfica de la pregunta número 6 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

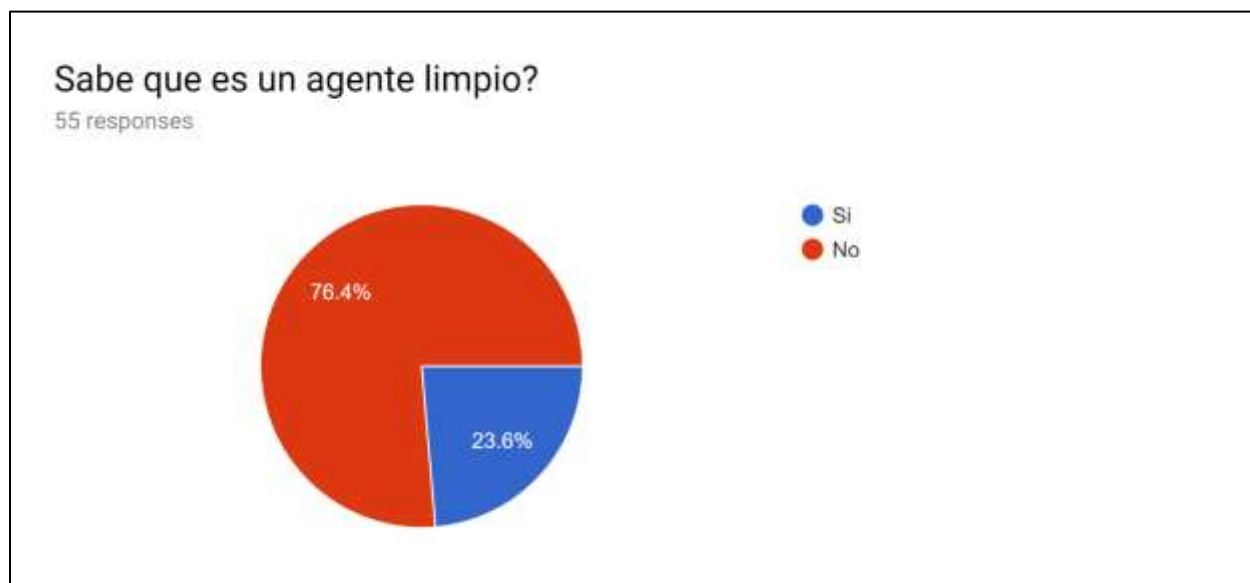


Figura 20. Gráfica de la pregunta número 7 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

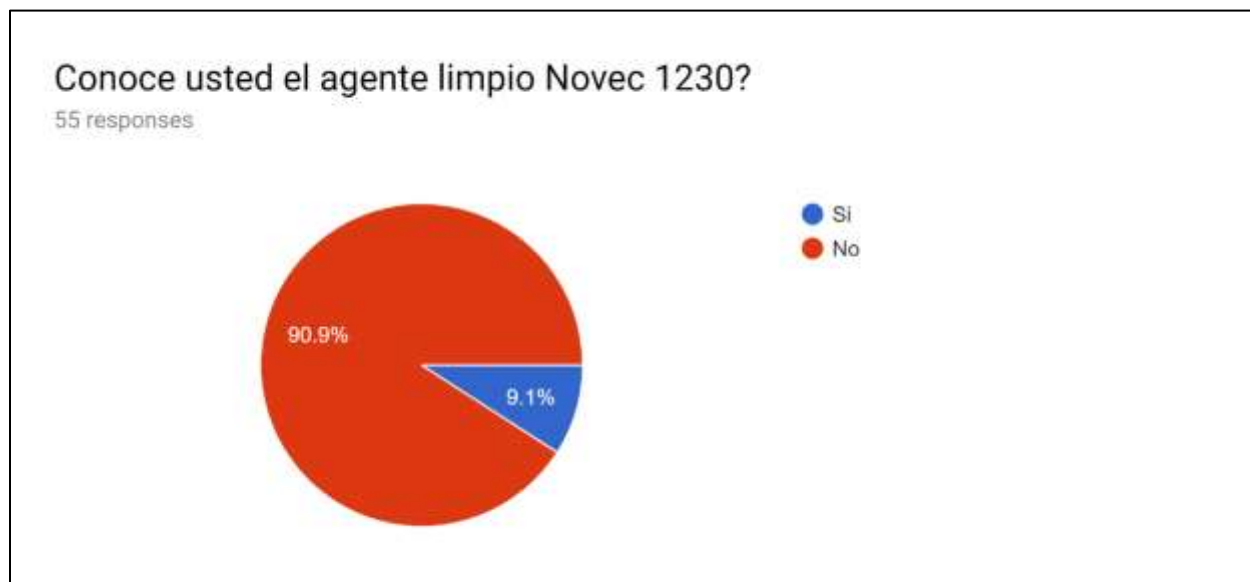


Figura 21 Gráfica de la pregunta número 8 de la encuesta.

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

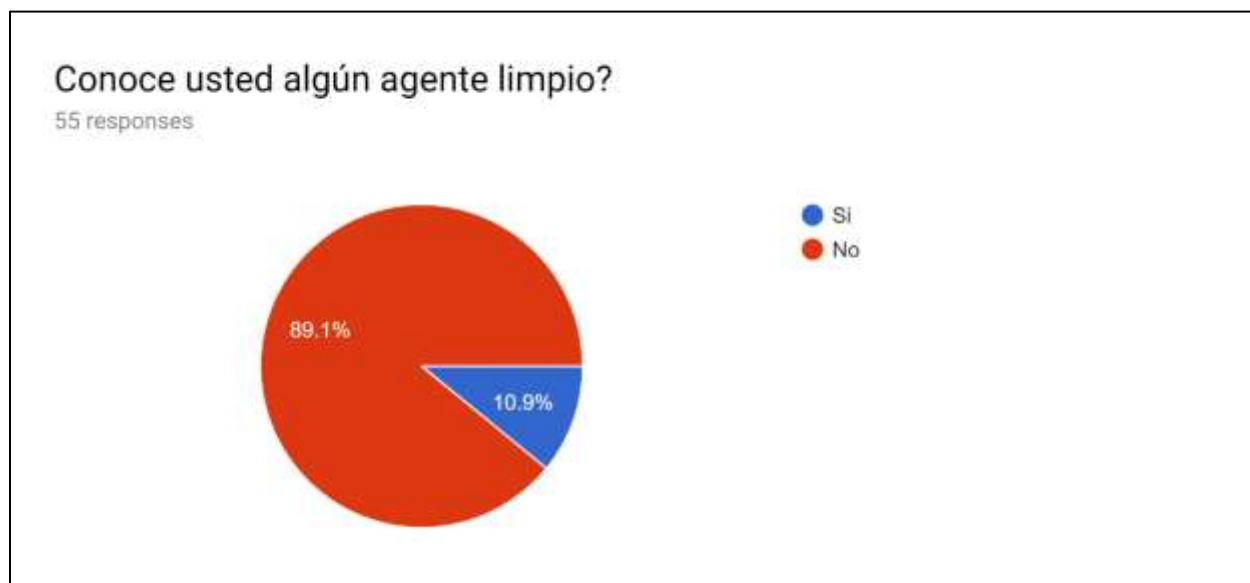


Figura 22. Gráfica de la pregunta número 9 de la encuesta.

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

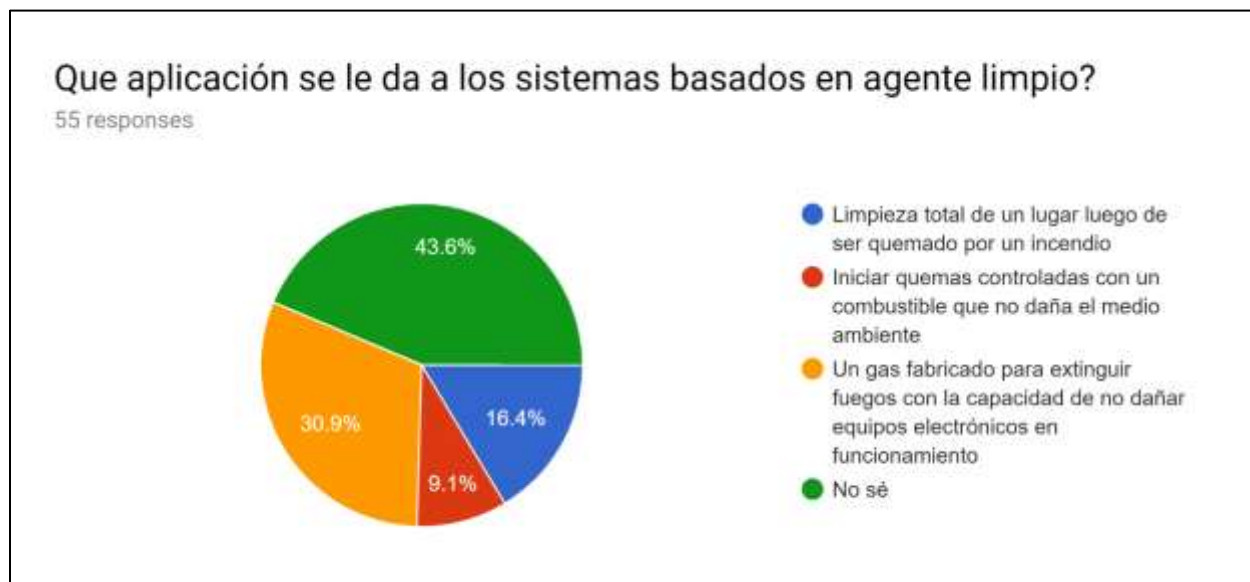


Figura 23. Gráfica de la pregunta número 10 de la encuesta.

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

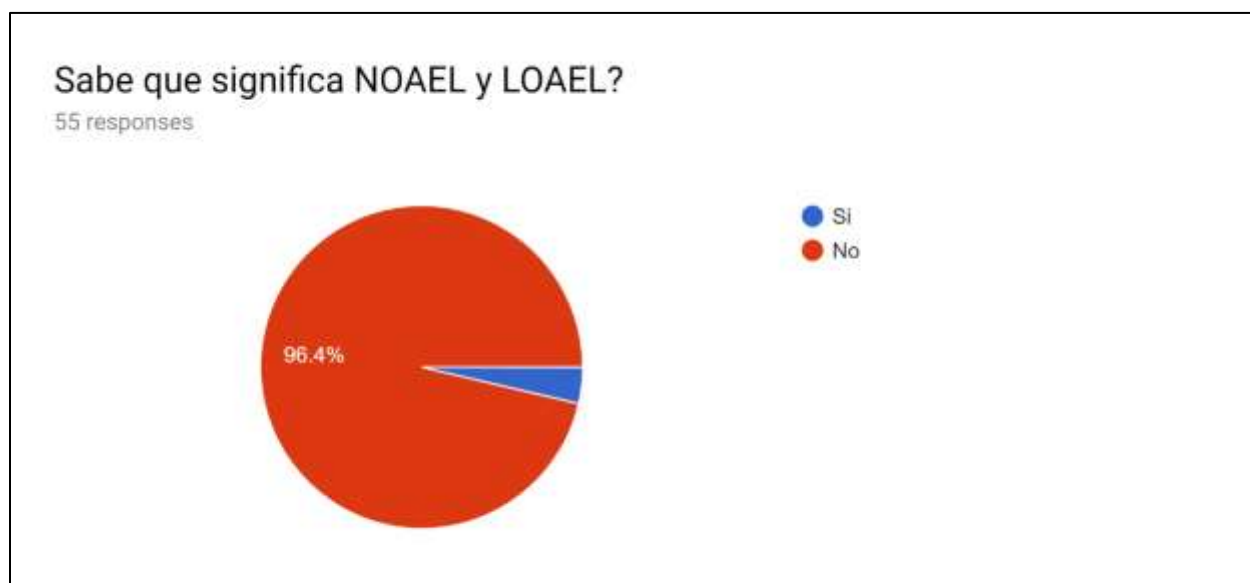


Figura 24. Gráfica de la pregunta número 11 de la encuesta.

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

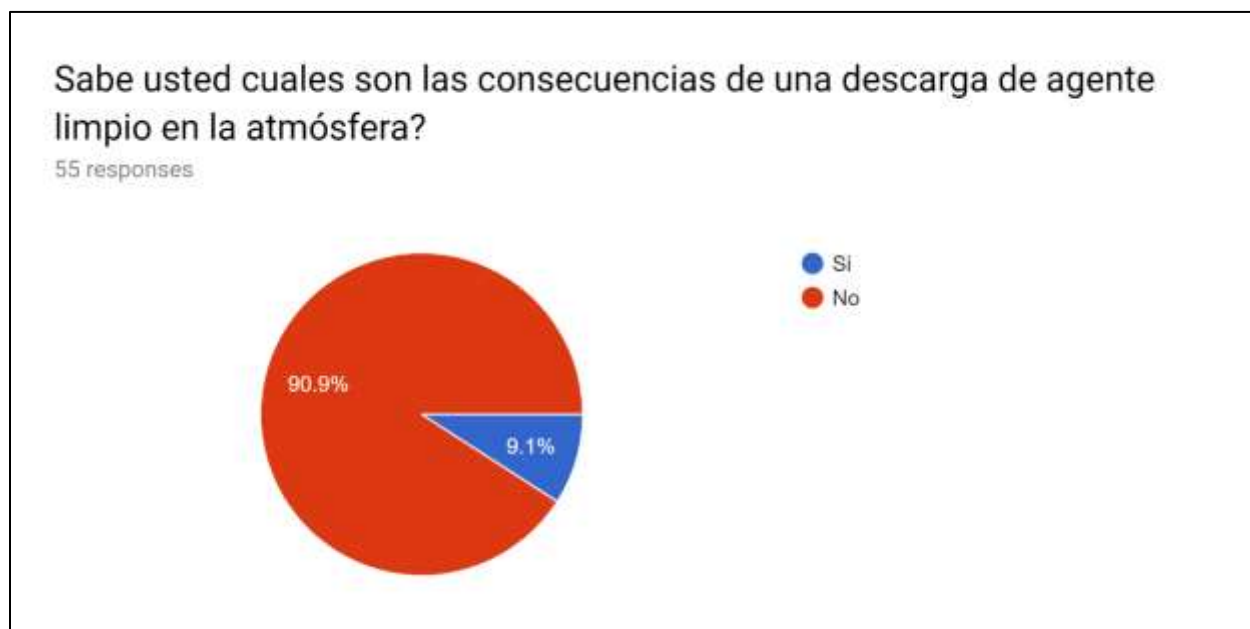


Figura 25. Gráfica de la pregunta número 12 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

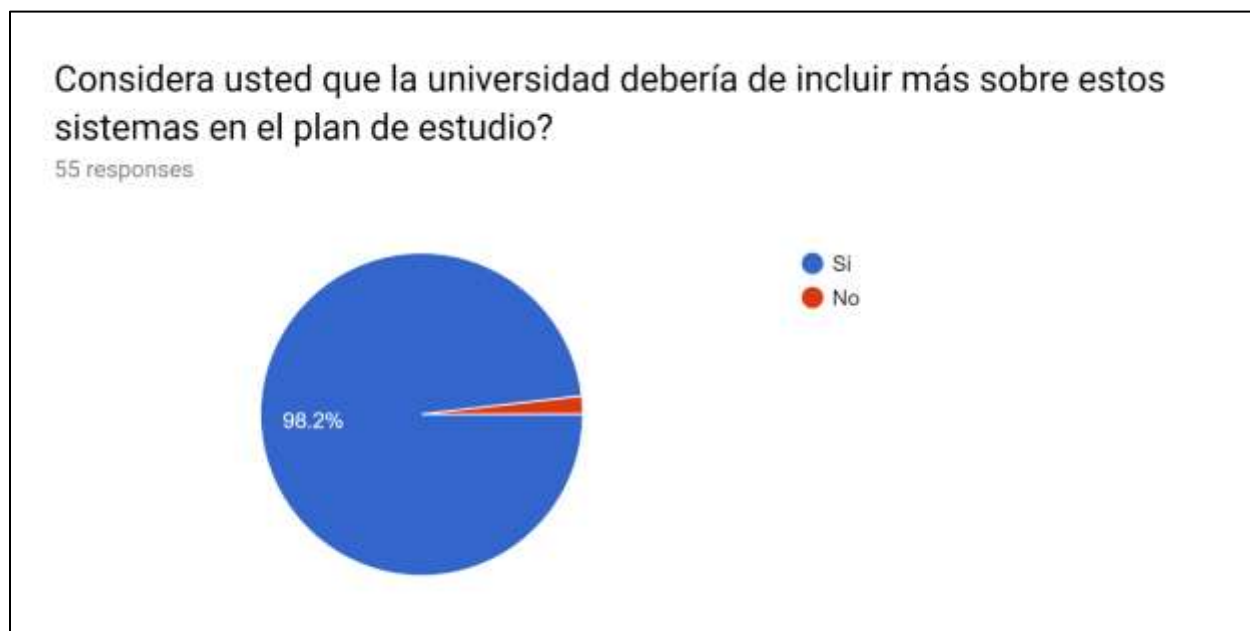


Figura 26. Gráfica de la pregunta número 13 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

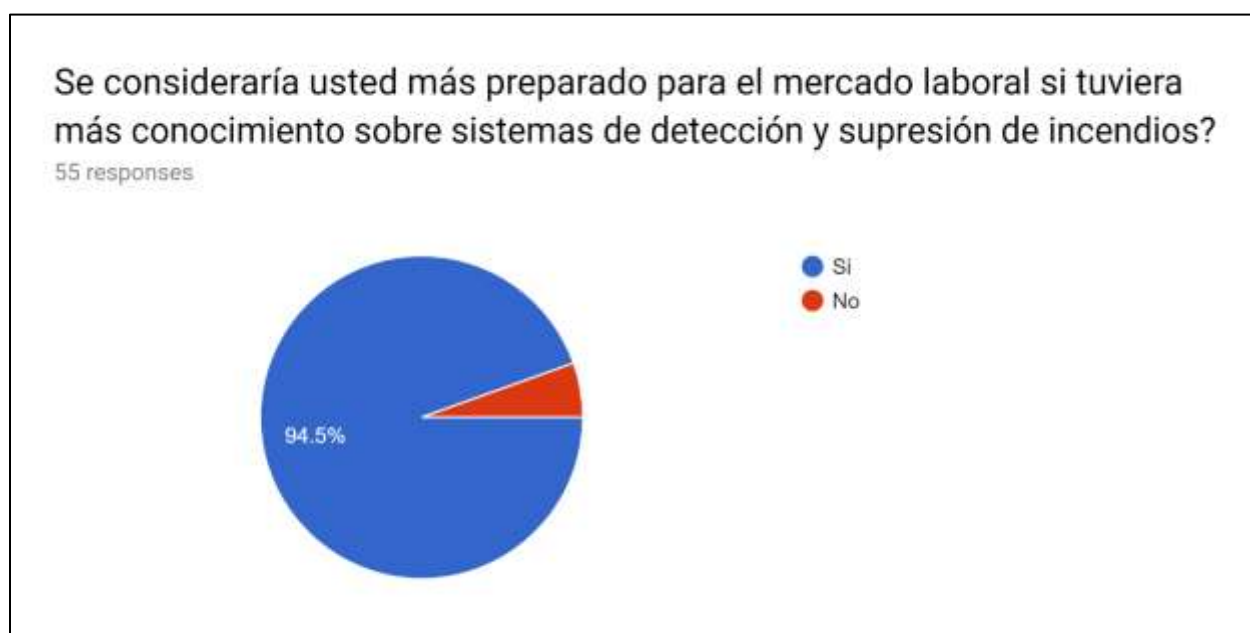


Figura 27. Gráfica de la pregunta número 14 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

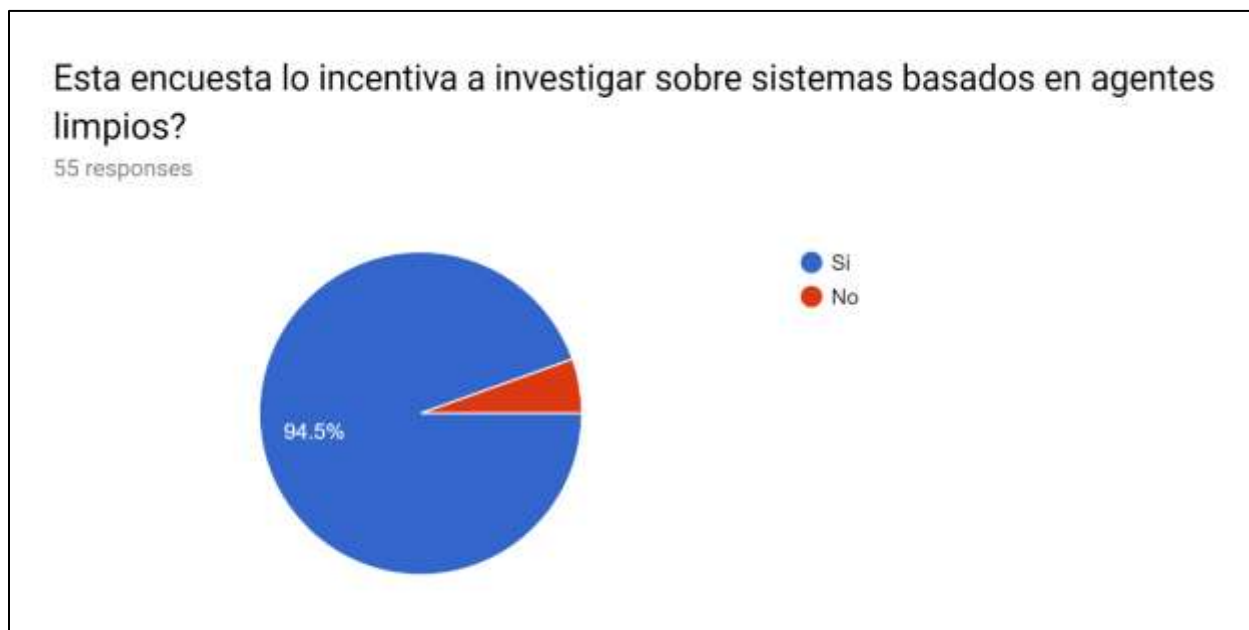


Figura 28. Gráfica de la pregunta número 14 de la encuesta

Fuente: Creación propia del autor por medio de la herramienta «Google Forms».

Análisis de los resultados de la encuesta

La encuesta fue aplicada a estudiantes con un avance en la carrera mayor o igual al 50% del total de los cursos de Bachillerato en ingeniería electromecánica, de manera anónima y se puede asumir con respecto a la primera pregunta, la cual hace cuestión al conocimiento de la NFPA, que el 58.2% (32 estudiantes) contestaron que sí tenían conocimiento, gran parte han concluido o están en el proceso de concluir el curso de Diseño Eléctrico, ya que es el único curso en la carrera de ingeniería electromecánica que incluye el estudio de esta norma y la organización NFPA; el restante de la población entrevistada no tiene conocimiento de esta norma o asociación.

En la pregunta número 2, se corrobora parte del resultado expuesto en la pregunta número 1 ya que solo un 38.2% (21 estudiantes), conocen el significado de las siglas N.F.P.A.

Se podría decir, que de los 32 estudiantes que indicaron que conocía a cerca de la NFPA, solo 21 estudiantes conocen su significado.

Cuando se cuestiona a los estudiantes sobre su conocimiento específico en la NFPA 72, la sección de la población que conoce a cerca de esta norma baja considerablemente, ya que los resultados de la pregunta número 3 arrojan que solo 14 estudiantes de los 55 encuestados conocen sobre lo que trata esta norma en específico.

La pregunta número 4, involucra elementos un poco más técnicos sobre los sistemas de detección de incendios. El objetivo principal de esta interrogante era determinar el conocimiento básico de los estudiantes en cuanto a los dispositivos más básicos pero esenciales de un sistema de detección de incendios, cabe destacar que todas las respuestas contienen elementos pertenecientes a sistemas de protección contra incendios, pero únicamente los estudiantes que tienen conocimientos al menos básicos en el tema de fondo, pudieron indicar los elementos que pertenecen a un sistema de detección de incendios.

De los 55 estudiantes consultados, únicamente 16, un 29.1% contestaron adecuadamente, lo que muestra que muy pocos estudiantes tienen conocimiento de estos sistemas o de sus componentes principales.

Cuando se avanzó en el cuestionario y se consultó por medio de la pregunta número 5 a los estudiantes sobre el conocimiento de las normas NFPA 2001, la porción de la población que conoce a cerca de esta norma es considerablemente baja. Únicamente siete estudiantes de los 55 respondieron con un “sí”, en porcentajes un 87.3% de los estudiantes encuestados respondieron que no conocen de esta normativa, sin embargo, posteriormente en la pregunta número 7, cuando se plantea la cuestión sobre el conocimiento sobre lo que es un sistema de agente limpio, trece estudiantes respondieron que conocen sobre dicho tipo de agente. Esto indica que trece estudiantes

o un 23.6% de la población entrevistada ha escuchado o investigado sobre lo que es un agente limpio, pero únicamente 7 lo relación con la norma NFPA 2001.

El anterior análisis es muy importante, ya que en sistemas como lo son el de supresión por medio de agente limpio, únicamente se pueden diseñar e implementar de manera correcta bajo los lineamientos planteados en la norma NFPA 2001.

Cuando se les consulta a los 55 estudiantes entrevistados, sobre el conocimiento específico del agente limpio «Novec» 1230, únicamente cinco estudiantes, un 9.1% de la población entrevistada respondió con un sí, por lo tanto, se podría decir que el conocimiento en temas específicos de supresión de incendios por medio de agente limpio es bastante bajo. Lo anterior lo corrobora con la pregunta número 9, cuando se les consulta a los estudiantes sobre si conocen algún otro agente limpio. Las respuestas a lo anteriormente planteado a los estudiantes de forma porcentual, fueron de un 10.9% para la respuesta “sí” y un 89.1% para la respuesta “no”, es decir únicamente seis estudiantes conocen de algún agente limpio, cinco conocen acerca de «Novec» 1230 y solo un estudiante conoce de otro agente en particular.

La pregunta número 9 consistía en demostrar cuáles estudiantes realmente tienen conocimiento sobre la aplicación real de los sistemas basados en agentes limpios. Únicamente diecisiete estudiantes respondieron correctamente, 24 respondieron con “no sé” y los otros 14 manifestaron una respuesta alejada de la correcta. Se puede concretar que de los 17 estudiantes que contestaron correctamente aproximadamente cuatro pudieron deducir la respuesta por el enfoque de la encuesta, sin embargo, hablando de porcentajes, solo un 30.9% de los estudiantes contestó correctamente.

Cuando se habla de agentes limpios, los términos NOAEL («no-observed-adverse-effect-level») y LOAEL («Lowest observed adverse effect level»), son de suma importancia debido a que representan lo perjudicial o no que puede ser un agente limpio para los seres humanos presentes durante una descarga, por esta razón la pregunta número 11 fue enfocada al conocimiento de estos dos términos.

El 96.4% (53 estudiantes) de los encuestados respondió que no tenía conocimiento sobre estos términos.

Otra condición muy importante para la selección de un agente limpio es la contaminación o contribución negativa que puede hacer este a la atmosfera, por esta razón se consultó sobre el conocimiento de las consecuencias que causa una descarga de un agente limpio a la atmosfera. Solo cinco estudiantes tienen conciencia de lo que representa esto en la atmósfera.

Las preguntas número 13, 14 y 15 fueron enfocadas al criterio de los estudiantes en cuanto a que consideran respecto a temas de sistemas de protección contra incendios incorporados a la carrera de ingeniería electromecánica.

La pregunta número 13, indica puntualmente si la universidad debería incluir más de estos temas en la carrera. Un 98.2% respondió de forma afirmativa.

La pregunta 14 consultaba sobre la preparación que pueden representar estos temas incorporados al plan de estudios de la carrera de ingeniería electromecánica en la Universidad Internacional de las Américas, para los estudiantes de cara al mercado laboral. Un 94.5% de los encuestados respondió con un “sí”.

La última pregunta está planteada de manera tal que se pudiera determinar cuán interesados están los estudiantes en aprender sobre temas de supresión y detección de incendios luego de contestar la encuesta. Un 94.5% de los estudiantes encuestados respondió con un “sí”.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las conclusiones de la investigación son las siguientes:

1. Se responde por lo tanto a la pregunta inicial mencionada en el planteamiento del problema: ¿Están capacitados los estudiantes de la Universidad Internacional de las Américas en la carrera de ingeniería electromecánica, con respecto a los sistemas de detección y supresión de incendios? No, no están capacitados.
2. Los sistemas de protección contra incendios son de aplicación obligatoria mediante la ley 8228 del I.N.S con su “Manual de disposiciones técnicas generales al reglamento sobre seguridad humana y protección contra incendios”. Además, son exigidos en los diseños de edificaciones nuevas sometidos al Colegio Federados de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA).
3. Se reafirmó que el tema de supresión y detección de incendios, es un elemento indispensable a tomar en cuenta en el diseño de cualquier edificación, las normativas actuales exigen la implementación de este tipo de sistemas para edificios comerciales e industriales, los entes encargados de velar por el cumplimiento y el acatamiento de estas normativas son el Instituto Nacional de Seguros y el Cuerpo de Bomberos.
4. Se logró determinar mediante los resultados de la encuesta, que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Internacional de las Américas no tienen el conocimiento requerido para diseñar un sistema de supresión de incendios por medio de agente limpio, ni tampoco un sistema de detección de incendios por básico que este sea.

5. Con los resultados obtenidos en las encuestas se logró determinar la temática a desarrollar en esta investigación, dando lugar a un manual de diseño para sistemas de supresión de incendios por medio de agente limpio, debido al no conocimiento de los estudiantes referente al tema de la NFPA 72 y NFPA 2001.
6. Se destacó que la mayoría de los encuestados señaló como una de las causas del desconocimiento del tema de detección y supresión de incendios, se debe a que este tema no se ha tratado en alguno de los cursos de la carrera de Ingeniería Electromecánica, ya que su mayoría expresa que la universidad debería introducir en sus cursos más de estos temas.
7. Es muy importante destacar que luego de la investigación realizada para el desarrollo del marco metodológico, se concluye que técnicamente el agente limpio «Novec» 1230, es la mejor alternativa en el mercado para sistemas de supresión por medio de agente limpio.
8. Se concluye que es necesario implementar un «Manual de diseño para sistemas de supresión por agente limpio «Novec» 1230» y que en este se muestren los criterios básicos de un sistema de detección de incendios.
9. El plan de estudios de la carrera de ingeniería electromecánica de la Universidad Internacional de las Américas debe actualizarse para incluir entre sus cursos, alguno que imparta dentro de su programa temas sobre protección contra incendios y sus respectivas normas aplicables al país. Lo anterior, se respalda en la gran demanda de ingenieros que tiene actualmente el país con conocimientos en sistemas de protección contra incendios.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE UN MANUAL DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE SUPRESIÓN DE FUEGO POR MEDIO DE AGENTE LIMPIO «NOVEC» 1230

Introducción

Los sistemas de detección y supresión de incendios tienen gran importancia en el desarrollo de un proyecto constructivo del tipo comercial e industrial, esta categoría radica en su principal finalidad, proteger la vida humana. El código nacional de alarmas de incendios, conocido también como la NFPA 72, brinda lineamientos básicos por seguir en el diseño de sistemas de detección de incendios, así como la NFPA 2001 brinda los lineamientos para lo que se refiere a sistemas de supresión por medio de agentes limpios.

En Costa Rica se han hecho grandes esfuerzos en este tema, gracias a la ayuda del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, quien facilita las normas y capacita a las personas involucradas en estos campos, sin dejar de lado el aporte que en el año 2002 dio el Instituto Nacional de Seguros, al promulgarse con fundamento en la ley N° 8228 “Ley del cuerpo de bomberos del Instituto Nacional de Seguros” el “Reglamento técnico general sobre seguridad humana y protección contra incendios”.

La carrera de ingeniería electromecánica de la Universidad Internacional de las Américas no estudia la NFPA 72 ni la NFPA 2001, las cuales ayudan a diseñar sistemas de detección y supresión de incendios. Es importante contar con herramientas básicas teóricas para diseñar sistemas de detección de incendio, en un proyecto ya sea del tipo, residencial, comercial o industrial.

Se presenta a continuación un manual con criterios de diseño, sistemas de detección y supresión de incendios, basados en la norma NFPA 72 y NFPA 2001. Se pretende con este documento que el estudiante, al finalizar el programa de estudio, tenga un conocimiento básico en

el tema y sea en el futuro un profesional capaz de enfrentar al mercado laboral de la mejor manera. Finalmente, como aclaración.

El presente manual está elaborado con fundamento en la norma NFPA 72 (Código Nacional de Alarma de Incendios) en su versión 2010 en el idioma español, es importante mencionar que el “Reglamento técnico general sobre seguridad humana y protección contra incendios” del I.N.S además de las alarmas y detección de incendios, abarca otros temas relacionados como: rótulos de evacuación, sistemas mecánicos de supresión de incendios, que no aplica en este estudio.

Debido a que los sistemas de supresión de incendio requieren de un sistema de detección que dé una señal automática de iniciación y a su vez una señal de notificación de descarga, este manual debe de manera obligatoria mencionar cuáles son los criterios de diseño de un sistema de detección y notificación de incendios aplicables a los recintos donde se implementaría el sistema de agente limpio.

Alcance de la norma NFPA 72

La norma NFPA 72 está organizada en un comité técnico, capítulos, alcance y definiciones. El comité técnico posee una representación balanceada de todos los entes interesados en el tema, como lo son: fabricantes, instaladores, consultores, aseguradoras, usuarios, investigadores (laboratorios), departamentos de bomberos, gobierno y universidades.

La NFPA 72 abarca la aplicación, instalación, ubicación, desempeño, inspección, prueba y mantenimiento de los sistemas de alarma de incendio, equipos de advertencia de incendios y equipos de advertencia de emergencias, y sus componentes.

El propósito de este código es el definir los medios para activar señales, transmitir las, notificarlas y anunciarlas; los niveles de desempeño, y la confiabilidad de diversos tipos de

sistemas de alarmas de incendio. Este código, establece niveles mínimos requeridos de desempeño, grado de redundancia, y calidad de la instalación. Sin embargo, no establece los métodos únicos mediante los cuales se deberán alcanzar los requerimientos mencionados.

Los sistemas de alarma de incendio deberán clasificarse de la siguiente manera:

- Sistemas domésticos de alarma de incendios
- Sistemas de alarma de incendio para instalaciones protegidas (local)
- Sistemas de alarma de incendio para estaciones de supervisión:
 - Sistemas de alarma de incendio para estaciones centrales (servicio)
 - Sistemas de alarma de incendio para estaciones de supervisión remota
 - Sistemas de alarma de incendio para estaciones de supervisión de propiedades
- Sistemas de alarma de incendio de notificación pública
 - Sistemas de alarma de incendio auxiliares-tipo energía local
 - Sistemas de alarma de incendio auxiliares-tipo en derivación

Las unidades de medida utilizadas en el código y en este manual se encuentran presentadas en el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Alcance de la norma NFPA 2001

Este estándar contiene los requisitos mínimos para el diseño e implementación de los sistemas de extinción de incendios por inundación total que utilizan agentes limpios. No considera los sistemas de extinción que emplean dióxido de carbono o agua como agentes primarios de extinción, los cuales tratan en otros documentos de la NFPA.

La norma hace las siguientes consideraciones a tomar en cuenta:

- Los agentes extintores considerados en este estándar NO son conductores eléctricos y no dejan residuos tras su evaporación.
- El diseño, instalación, servicio y mantenimiento del sistema de extinción con agentes limpios deberá ser realizado por especialistas en esta tecnología.

Definiciones

Autoridad competente: La organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requerimientos de un código o norma, o de aprobar equipos, materiales, una instalación o un procedimiento.

Aprobado: Aceptable para la autoridad competente.

Deberá: Indica un requerimiento obligatorio.

Debería: Indica una recomendación o aquello que es aconsejable pero no perentorio.

Código: Una norma que es una compilación por extensión de provisiones que abarca un tema vasto o que es posible de ser transformada en ley independientemente de otros códigos y normas.

Etiquetado: Materiales de equipamiento a los que se les ha adosado una etiqueta, símbolo, u otra identificación o marca correspondiente a una organización que es aceptable para la autoridad competente correspondiente y que están vinculados a la evaluación de producto, que están sujetos a inspecciones periódicas de producción de equipo o materiales etiquetado, y gracias al cual el fabricante demuestra el cumplimiento con las normas pertinentes o un funcionamiento específico.

Listado: Equipo, materiales, o servicios incluidos en una lista publicada por una organización que es aceptable para la autoridad competente y que están vinculados a la evacuación de productos o servicios, que están sujetos a inspecciones periódicas de producción de equipo o materiales

etiquetado o inspecciones periódicas de servicios, y cuya inclusión establece que tanto el equipo, material, o servicio cumple con las normas apropiadas designadas o que ha sido evaluado y encontrado apropiado para un fin específico.

Alarma: Advertencia de peligro.

Falsa alarma: Cualquier alarma provocada por falla mecánica, mal funcionamiento, instalación inadecuada, o falta de mantenimiento apropiado, o cualquier alarma activada por una causa que no pueda ser determinada.

Servicio de alarma: El servicio requerido luego de recibida la señal de alarma.

Señal de alarma: Señal que indica una condición de emergencia o una alerta que requiere de acción.

Señal de alarmas de incendio: Señal accionada por un dispositivo de inicio de alarma contra incendio tal como una estación manual de alarmas de incendio, un detector automático de incendios, una llave de flujo de agua, u otro dispositivo en el que la activación sea señal de la presencia de incendio o de sus características.

Señal de supervisión: Señal indicadora de la necesidad de acción en relación a la supervisión de rondas de guardia, los sistemas o equipamiento de supresión de incendio, o las características de mantenimiento de sistemas relacionados.

Alambrado convencional (punto a punto). En este tipo de tecnología todos los dispositivos se conectan en forma de estrella, esto quiere decir de punto a punto.

Alambrado direccional (multiplexado): en este tipo de tecnología cada uno de los dispositivos tiene su propia dirección y se identifican en el panel central, por lo tanto, los dispositivos se conectan en serie.

Agente limpio: sustancia extintora no conductora de la electricidad, volátil o gaseosa, que no deja residuos tras su evaporación.

Agente «halocarbonado»: agente que contiene como componentes principales uno o más componentes orgánicos que poseen flúor, cloro, bromo o yodo.

Agente gaseoso inerte: agente que contiene como componentes principales uno o más de los gases helio, neón, argón o nitrógeno. Los agentes gaseosos inertes que son mezclas de gases pueden contener también dióxido de carbono como componente secundario.

Concentración de agente: proporción de agente extintor en una mezcla de agente – aire, expresada como porcentaje de volumen.

Fuego de clase A: fuego de materiales combustibles ordinarios tales como madera, tejido, papel, caucho y muchos plásticos.

Fuego de clase B: fuego de líquidos inflamables, aceites, grasas, asfaltos, pinturas oleosas, lacas y gases inflamables.

Fuego de clase C: Fuego que afecta a equipos eléctricos energizados.

Inundación total: Actuación y forma de descarga de un agente con objeto de alcanzar una determinada concentración mínima de este en todo un volumen de riesgo.

Sistema de inundación total: sistema que consiste en un abastecimiento de agente y una red de distribución diseñada para conseguir una condición de inundación en un volumen de riesgo.

Sistema diseñado a la medida: sistema que requiere un diseño y calculo individual a fin de determinar velocidades de flujo, presiones en boquillas, tamaño de tuberías, área o volumen protegido por cada boquilla, cantidad de agente y número y tipos de boquillas, así como su emplazamiento en un sistema específico.

Componentes de un sistema de detección de incendios

Los componentes básicos de un sistema de detección de incendio son los siguientes:

Panel de control de alarma.

Es el responsable de la lógica y monitoreo del sistema de sensores detectores de siniestros. Por medio de estos paneles se pueden verificar las áreas donde se activó el sensor, y de esta forma corroborar el área en alarma, es el elemento principal de un sistema de detección de incendios.



Figura 29 Panel principal de un sistema de detección de incendios

(Literatura, s.f.)

Notificadores de alarma.

Como lo son las estaciones de sirena y luces estroboscópicas, estos sistemas son los encargados de dar alerta al personal, indicando por medio de sonidos y/o luces que algún sensor se ha activado, este es un reflejo de panel principal y se utiliza siempre que el panel principal no esté instalado en un lugar visible.



Figura 30 Anunciador remoto

(Literatura, s.f.)

Dispositivos iniciadores de alarma.

Componente del sistema que origina el cambio en un estado previo determinado, como sensores de humo, estaciones manuales, etc.

Los dispositivos de iniciación se pueden clasificar según su tipo de operación.

Dispositivos de accionamiento Manual.

Como se mencionó son dispositivos utilizados para realizar un cambio de estado en los dispositivos, en este caso para poder pasar de un estado pasivo en una sirena o una luz estroboscópica, a un estado activo para así poder alertar al personal en una edificación por medio

de señales tanto auditivas como visuales, y de esta forma verificar el estado de los sensores y o las zonas afectas o en estado de alarma. Las estaciones manuales se dividen en dos tipos:

Estaciones manuales de accionamiento acción sencilla.

Son dispositivos que requieren una sola acción para poder ser activados, normalmente se presionan o halan hacia abajo.



Figura 31 Estación manual acción simple

(Literatura, s.f.)

Estaciones manuales de doble acción.

Son dispositivos de activación manual que requieren de dos acciones o dos movimientos para poder ser activados, normalmente se debe presionar y bajar o presionar y halar, pero siempre dos movimientos o acciones.



Figura 32 Estación manual de doble acción

(Literatura, s.f.)

Dispositivos de accionamiento automático

Detectores de calor.

Temperatura fija.

Responden cuando su elemento de sensor es calentado a una temperatura determinada, hay de los siguientes de tipos.

1. Bimetálico.
2. Elemento conductivo.
3. Elemento fusible.
4. Cable sensitivo al calor.

Detectores de gradiente de temperatura

Responden cuando el gradiente de temperatura se incrementa por a un valor límite determinado, usualmente cuando tienen aumentos de temperatura alrededor de 15 grados Fahrenheit por minuto, los hay de dos tipos.

1. Tipo-puntual («Spot»).
2. Capilar neumático.

Detectores de calor combinado.

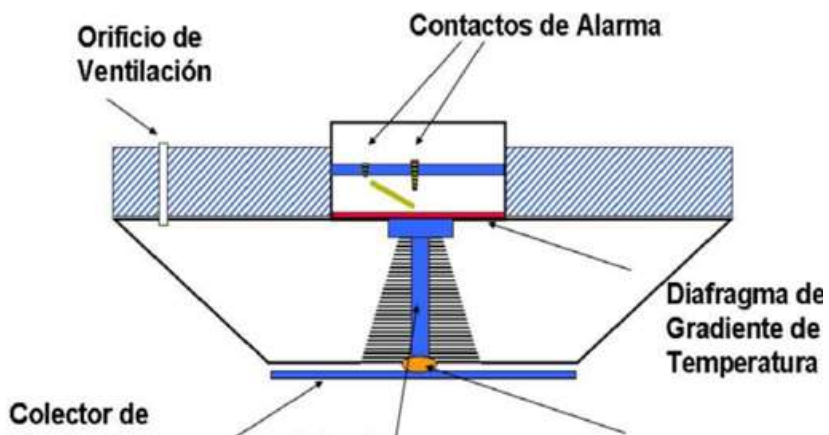


Figura 33 Elementos de un detector de calor combinado

(Literatura, s.f.)

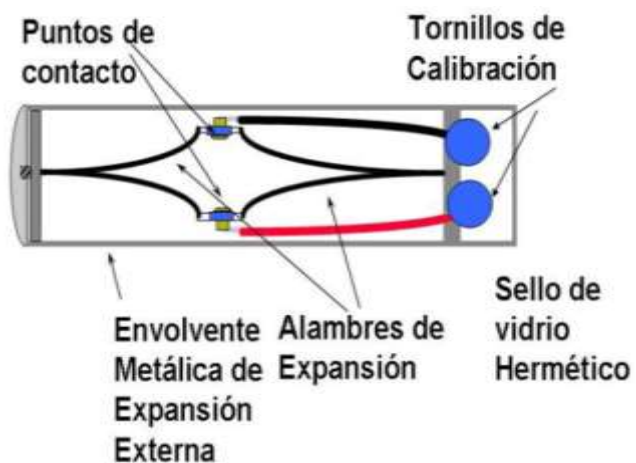


Figura 34 Elementos de un detector de calor de rango compensando

(Literatura, s.f.)

Detectores de humo.

Detectores de humo a 2 hilos.

Son detectores que reciben energía de alimentación y envían su señal de señalización de alarma por medio de su circuito iniciador de alarma.

Detectores de humo a 4 hilos.

Dispositivos que reciben su alimentación de una fuente distinta al circuito iniciador de alarma.

Detección por ionización.

Es un detector tipo puntual («Spot») censa partículas producidas por la combustión PoC, de 0.01 a 0.04 micrones, utiliza un elemento radioactivo (americio 21) para censar el porcentaje de partículas presente.

Utiliza una cámara de referencia aislada para prevenir falsas alarmas, producidas por humedad o cambios en la presión barométrica.

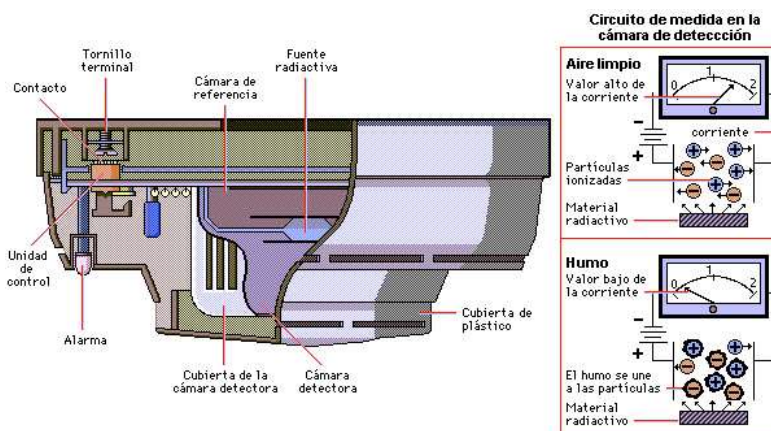


Figura 35 Funcionamiento de un detector de humo por Ionización

(Literatura K. , s.f.)

Detectores de humo óptico.

Estos detectores de humo utilizan las partículas de humo suspendidas en el aire, que interfieren el paso de un rayo de luz. Existen dos tipos de sensores.

Detectores por oscurecimiento de la luz

Generalmente llamados detectores de haz proyectado o rayos, estos utilizan un rayo que al ser atenuado produce la señal de alarma.

Detectores por reflexión de la luz («Beam»)

Los detectores de humo de haz óptico son la tecnología con mayor desempeño para detección de humo en grandes superficies (centros de conferencias, bodegas, gimnasios, etc.). Consideran dos elementos (transmisor y receptor) que funcionan según el principio de oscurecimiento: el transmisor envía un haz de luz infrarrojo (IR) invisible que el receptor mide. Si hay humo presente en el aire, este oscurece o bloquea la luz recibida por el receptor. Cuando hay suficiente humo en el aire, el nivel de luz infrarroja (IR) que detecta el receptor disminuye por debajo de un nivel predeterminado, lo cual dispara una señal de alarma.

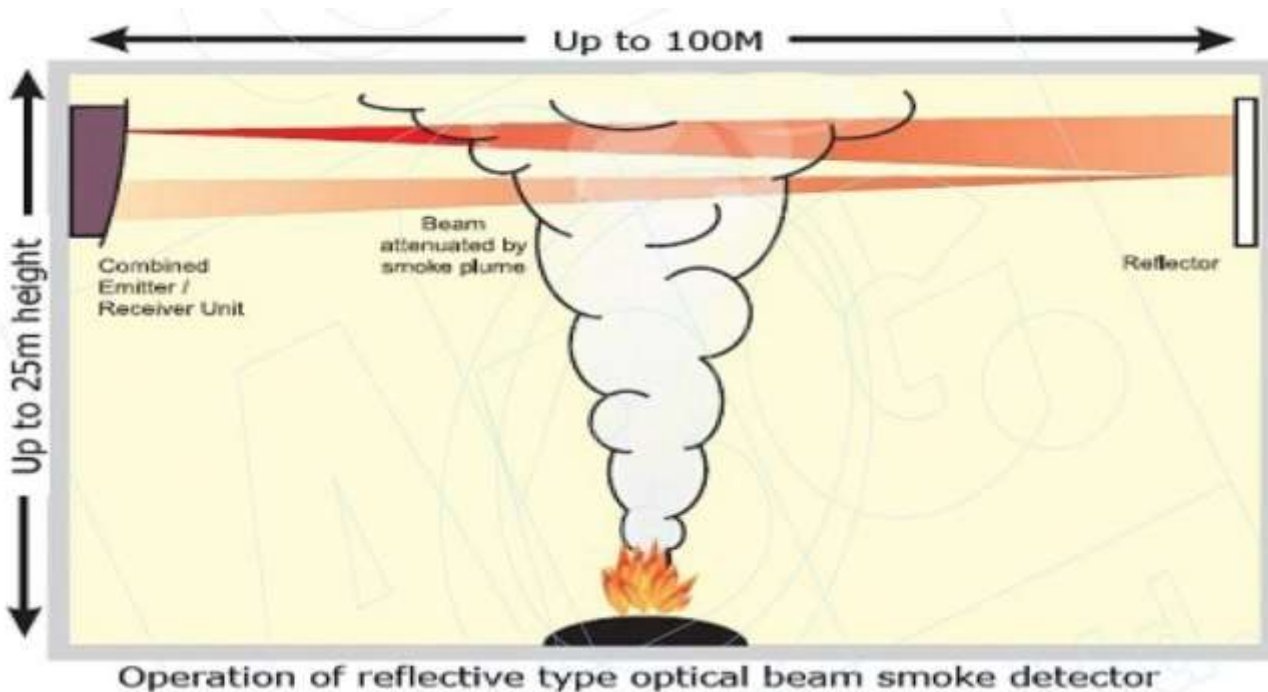


Figura 36 Ejemplo de funcionamiento de un detector de humo por medio de haz de luz

(Literatura S. , s.f.)

Detectores de humo óptico puntual

Es el sensor más aceptado en lugares como edificios comerciales y oficinas, ya que este tipo de lugar presenta gran cantidad de humos densos, y este sensor tiene una sensibilidad adecuada para los diferentes tipos de humo y de esta forma evitan las falsas alarmas.

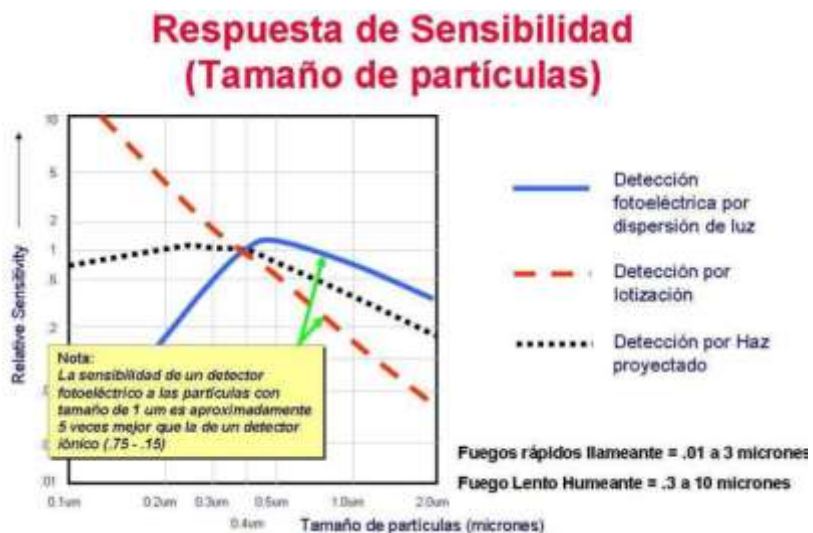


Figura 37. Respuesta de sensibilidad sensor de humo óptico puntual

Fuente: (Rodríguez, 2008)

Detectores de humo de tipo muestreo de aire

Son sistemas de tuberías con orificios que se instalan según la necesidad de detección, las tuberías se conectan a un panel controlador, el cual, está constantemente aspirando y muestreando el aire del ambiente donde se coloque este tipo de sistema. Son mucho más rápidos en detectar humo que un detector convencional de humo fotoeléctrico, y según el fabricante permite que se le programe un auto aprendizaje, el cual, consiste en que por 15 minutos o 15 días el panel central aprenda las condiciones del ambiente y logre determinar en el futuro si es una falsa o verdadera alarma.

Los sistemas de detección de humo tipo muestreo de aire son considerados como sistemas de detección temprana de incendios, ya que estos ofrecen grandes ventajas cuando se requiere una detección oportuna cuando se interfase con el sistema de supresión de incendios.

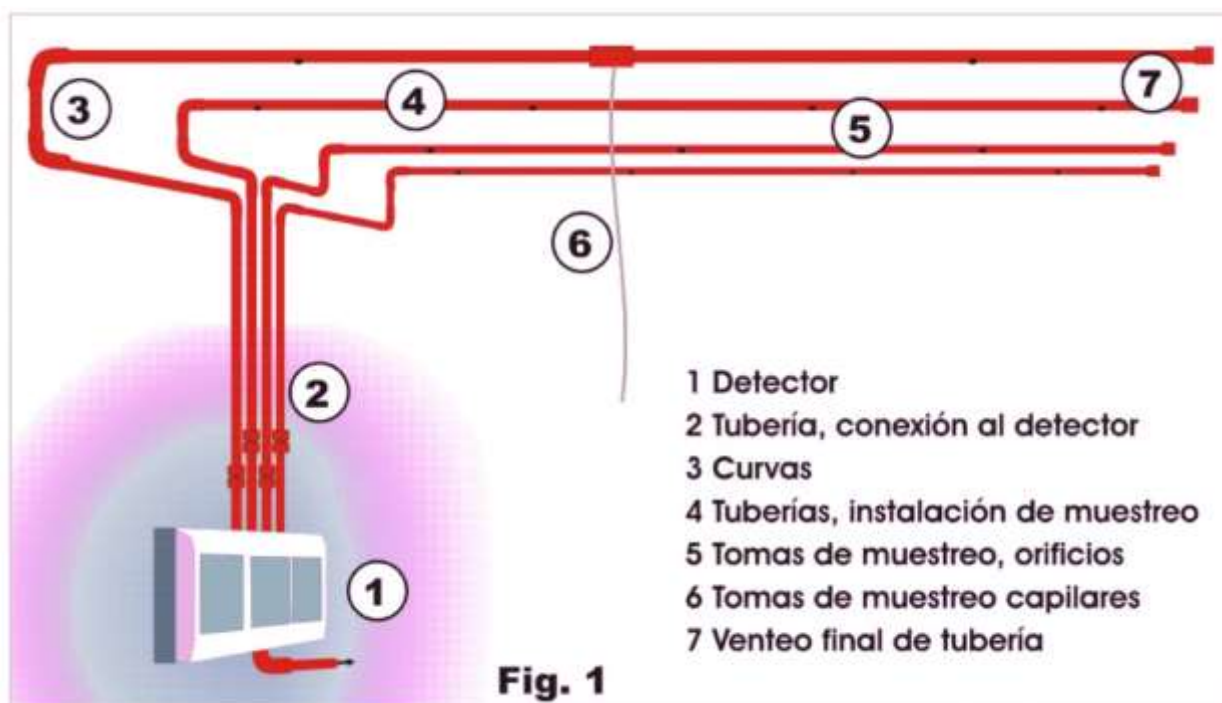


Figura 38. Elementos de un sistema de detección temprana de humo

Fuente: Fabricante Xtralis

Notificadores de alarma

Son dispositivos utilizados para alertar a los ocupantes y a los miembros de la brigada de emergencia de una notificación de alarma. Estos generalmente están conectados a módulos de control discreto dedicados a la notificación de alarma, algunos dispositivos cuentan con sus propios contactos para así generar sus propias señales de alarma.

Las señales son utilizadas para evacuar una zona determinada y pueden ser del tipo audible visual o combinada.



Figura 39. Dispositivos de notificación de incendios

Fuente: Fabricante System Sensor

Dispositivos audibles.

Existen de diversos tipos de señales audibles:

Sirenas («horns»).

Dispositivos audibles con salida potente y con tono distintivo, utilizado generalmente en ambientes ruidosos.



Figura 40. Dispositivo de notificación audible (sirena)

Fuente: Fabricante System Sensor

Campanas

Solo utilizada como alarma de incendio en lugares donde no existen campanas similares en sonido y que puedan confundirse. Es usual utilizarlas como notificación de descarga de agentes de supresión, ya que por su sonido diferenciado permiten reconocer que es una descarga de agente y no una notificación de incendios.



Figura 41. Campana de notificación

Fuente: Fabricante Simplex

Parlantes

Dispositivos audibles utilizados a su vez para enviar mensajes de voz para evacuaciones.



Figura 42. Parlante para notificación por voz

Fuente: Fabricante Simplex

Dispositivos de señalización visual

Estos dispositivos son utilizados en lugares de mucho ruido, en áreas ocupadas por individuos sin capacidad para escuchar o en áreas donde los dispositivos audibles no son deseados. Estos dispositivos deben ser de tipo estroboscópico es decir deben cumplir con el efecto óptico que se produce al iluminar mediante destellos, un objeto que se mueve en forma rápida y periódica.



Figura 43. Luz estroboscópica

Fuente: Fabricante Simplex

Componentes de un sistema de supresión de incendios por medio de agente limpio «Novec» 1230

En este apartado se mostrarán cada uno de los elementos que conforman un sistema de supresión por medio de agente limpio «Novec» 1230. Para efectos de este manual, los ejemplos se enfocarán en la marca Sapphire del fabricante Ansul, sin embargo, este no tiene diferencia con respecto a otros fabricantes.

Tanque de agente limpio.

Los tanques de agente son fabricados desde el estándar DOT 4BW450, consiste en un tanque equipado con una válvula y un tubo de sifón. Estos tanques tienen dimensiones ya establecidas y estas varían según la cantidad de agente que requiere el sistema, existen ocho tipos de llenados parciales de tanque. Todos los tanques son presurizados con nitrógeno seco a 360 PSI (25 bar) a 70 °F (21 °C).

Nota: En Costa Rica no existe ninguna empresa autorizada para llenar estos tanques de agente, por lo deben solicitarse directamente a la fábrica, con la cantidad de agente requerida según el diseño realizado.



Figura 44. Tanques de agente limpio «Novec» 1230 sistema Sapphire de Ansul.

Fuente: Fabricante Ansul

Actuador eléctrico.

Este actuador es requerido para activar la válvula de tanque y de esta manera hacer salir el agente que se encuentra en su contenido. Este actuador funciona a 24 VDC y es activado por el panel principal o secundario que está manejando las señales de activación del sistema de descarga. En sistemas con múltiples tanques únicamente se requiere un actuador eléctrico, los demás tanques son activados neumáticamente mediante actuadores neumáticos en cascada.

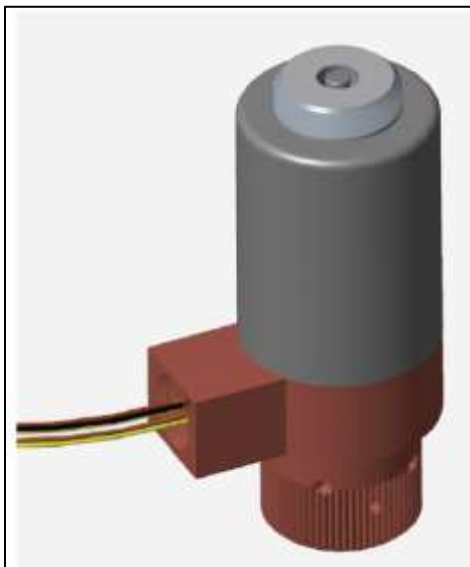


Figura 45. Actuador eléctrico sistema Sapphire de Ansul.

Fuente: Fabricante Ansul

Panel de control de liberación.

Este panel es el encargado de activar el sistema de descarga de agente. Se encarga de recibir las señales provenientes de los detectores de humo o los dispositivos de iniciación. Los paneles de control de liberación existen de varias tecnologías, sin embargo, el funcionamiento es el mismo.

Estos paneles tendrán la capacidad de manejar algunos elementos fundamentales del sistema, los cuales se van a explicar más adelante, pero se muestran en la siguiente figura.

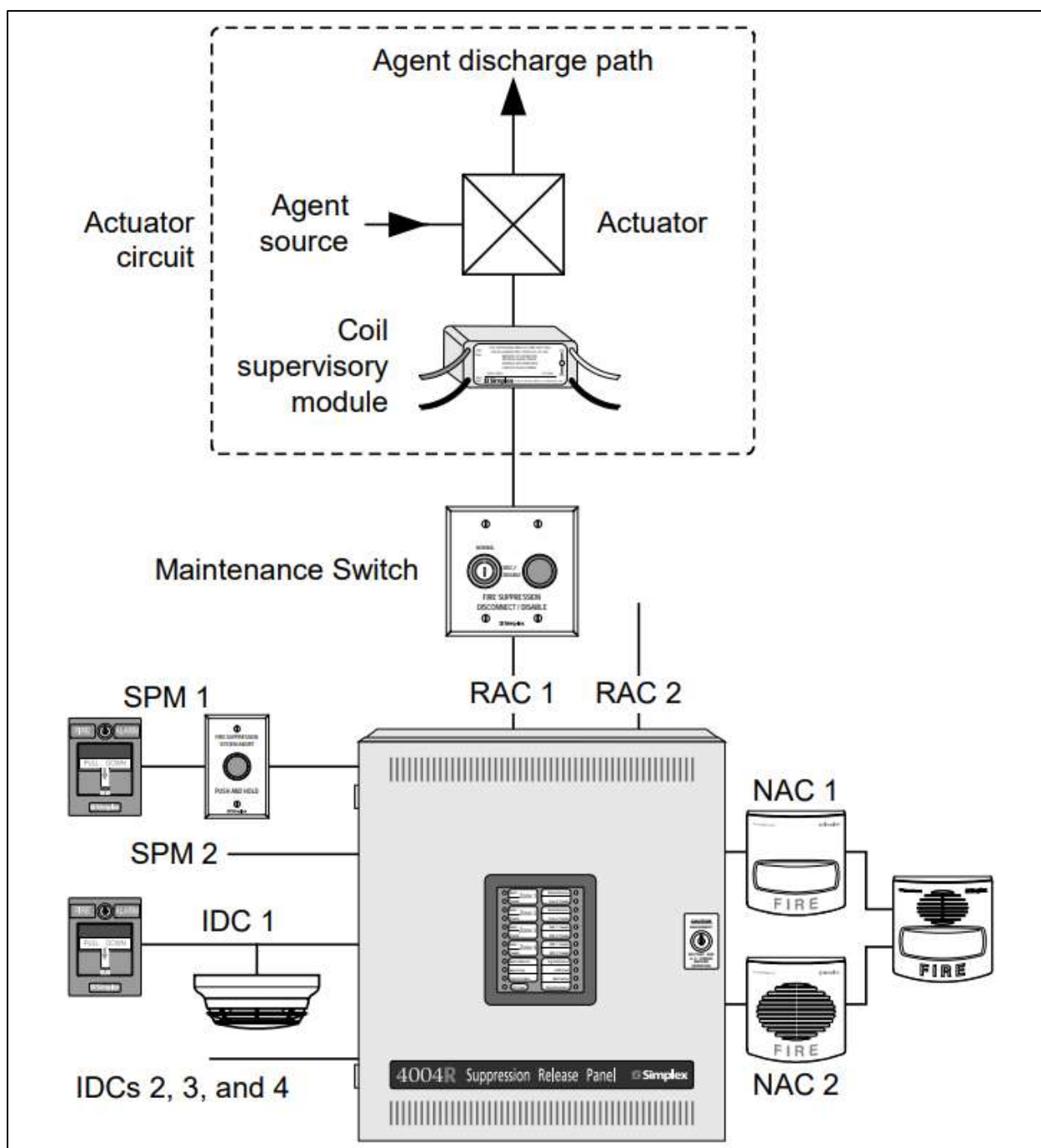


Figura 46. Diagrama de dispositivos del panel de control de descarga.

Fuente: Documentación técnica fabricante Simplex

Conjunto de agarradera y montaje

Este dispositivo pese a que es un mecanismo simple, a su vez es elemental para la sujeción de los cilindros de agente limpio. Las agarraderas o abrazaderas son fabricadas de acuerdo con las dimensiones de los tanques, los cuales se fabrican de 20, 50, 90, 140, 280, 390, 450 y 850 libras y las abrazaderas se agrupan según la siguiente tabla e imagen.

Nota: los tanques de 850 lb ocupan dos agarraderas.

Description	"A" Dimension in. (cm)
Bracket Assembly for 20, 50, and 90 lb tanks (10 in. (25.4 cm) diameter)	15.7 (40)
Bracket Assembly for 140, 280, 390, and 450 lb tanks (16 in. (40.6 cm) diameter)	23.6 (60)
Bracket Assembly for 850 lb tank (24 in. (61.0 cm) diameter)	27.3 (69)

Tabla 7. Dimensión de abrazadera según capacidad del tanque.

Fuente: Documentación fabricante Ansul

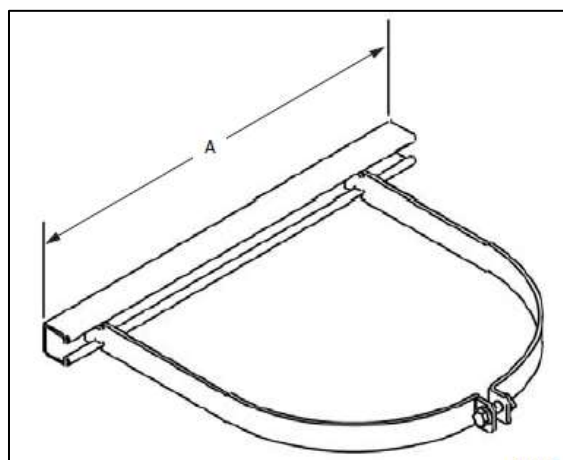


Figura 47. Abrazadera de tanques de agente limpio.

Fuente: Documentación fabricante Ansul

Manguera flexible de descarga

La manguera flexible de descarga es utilizada para conectar el cilindro de agente con la salida de la válvula de salida hacia la distribución de tubería.

Existen tres medidas para las mangueras de descarga, se utiliza la de 1 pulgada para los cilindros de 20, 50 y 90 libras, la de 2 pulgadas se utiliza para los tanques de 140, 280, 390 y 450 libras y la de 3 pulgadas es utilizada únicamente para los tanques de 850 lb.

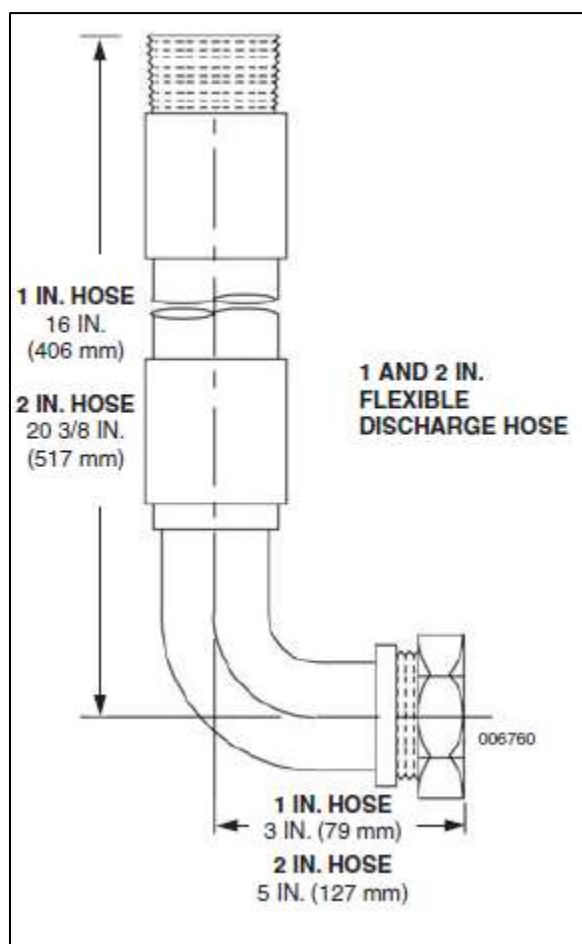


Figura 48. Manguera flexible de descarga y sus dimensiones

Fuente: Documentación fabricante Ansul

Adaptador rígido de descarga

El adaptador rígido de descarga es utilizado para conectar el cilindro de agente con la salida de la válvula de salida hacia la distribución de tubería. Este se puede usar como alternativa a la manguera flexible, sin embargo, presenta el inconveniente que toda la conexión debe quedar rígida y alineada, por lo que cualquier desfase entre las conexiones puede ocasionar grandes atrasos durante la instalación. Las dimensiones se mantienen igual que la manguera flexible de descarga según las capacidades de los cilindros. (1 pulgada para los cilindros de 20, 50 y 90 libras, la de 2 pulgadas se emplea para los tanques de 140, 280, 390 y 450 libras y la de 3 pulgadas es utilizada únicamente para los tanques de 850 lb.)

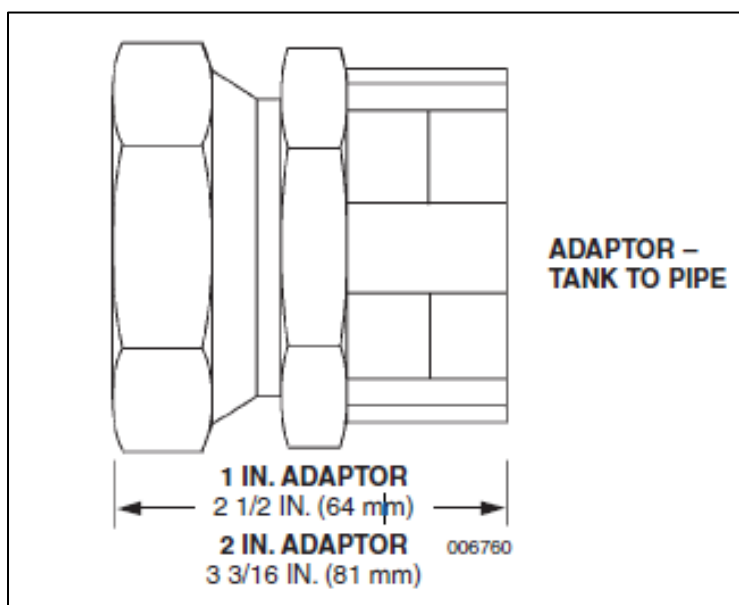


Figura 49. Adaptador rígido de tanque y sus dimensiones

Fuente: Documentación fabricante Ansul

Válvula de retención del colector (Manifold)

La válvula de retención del colector es de tipo hongo y se libera a medida que la descarga se produce. La principal función de esta válvula es prevenir derrames de agente en el momento que se vaya a reemplazar el cilindro luego de una descarga. Existen únicamente dos medidas 1 y 2 pulgadas.

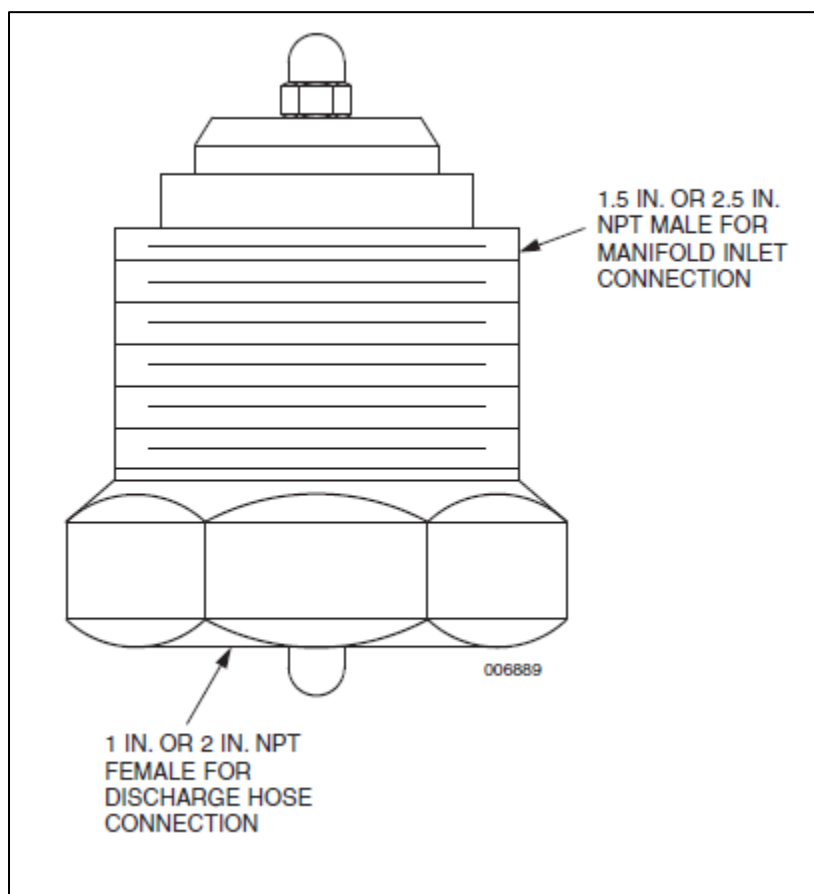


Figura 50. Válvula de retención de agente en el colector

Fuente: Documentación fabricante Ansul

Boquillas de descarga

Las boquillas de descarga están disponibles en modelos de 180° Y 360° y están diseñadas para distribuir uniformemente el agente NOVEC por medio de toda el área de riesgo. La boquilla de 180° contiene siete perforaciones o puertos y la de 360° contiene 16 perforaciones. Existen seis diámetros disponibles para cualquiera de las dos opciones, estas medidas van desde ½ pulgada hasta dos pulgadas según el diámetro de tubería que se vaya a instalar.

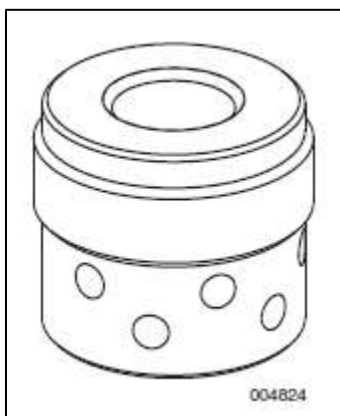


Figura 51. Boquilla de descarga 180°

Fuente: Documentación Fabricante Ansul

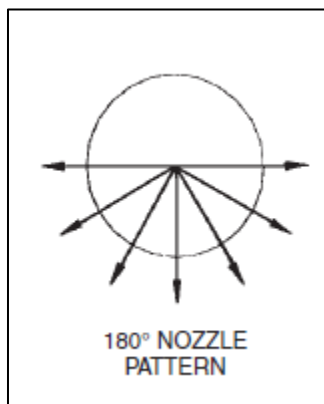


Figura 52. Patrón de Descarga, boquilla de 180°.

Fuente: Documentación fabricante Ansul

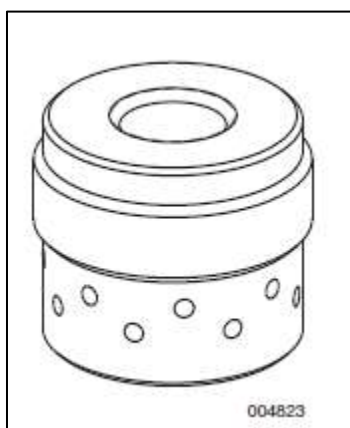


Figura 53. Boquilla de Descarga 360°.

Fuente: Documentación fabricante Ansul

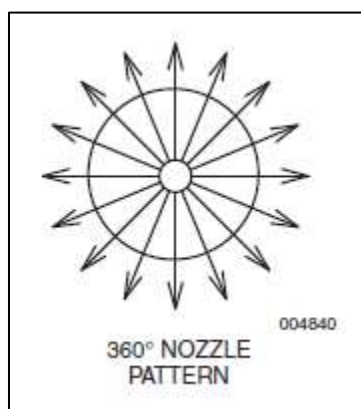


Figura 54. Patrón de descarga, boquilla de 360°.

Fuente: Documentación fabricante Ansul

Actuador local manual

El actuador manual local es utilizado para operar manualmente el tanque. Para prevenir una descarga accidental, el actuador contiene un pin de seguridad, el cual tiene que ser removido en caso que se requiera operar el actuador.

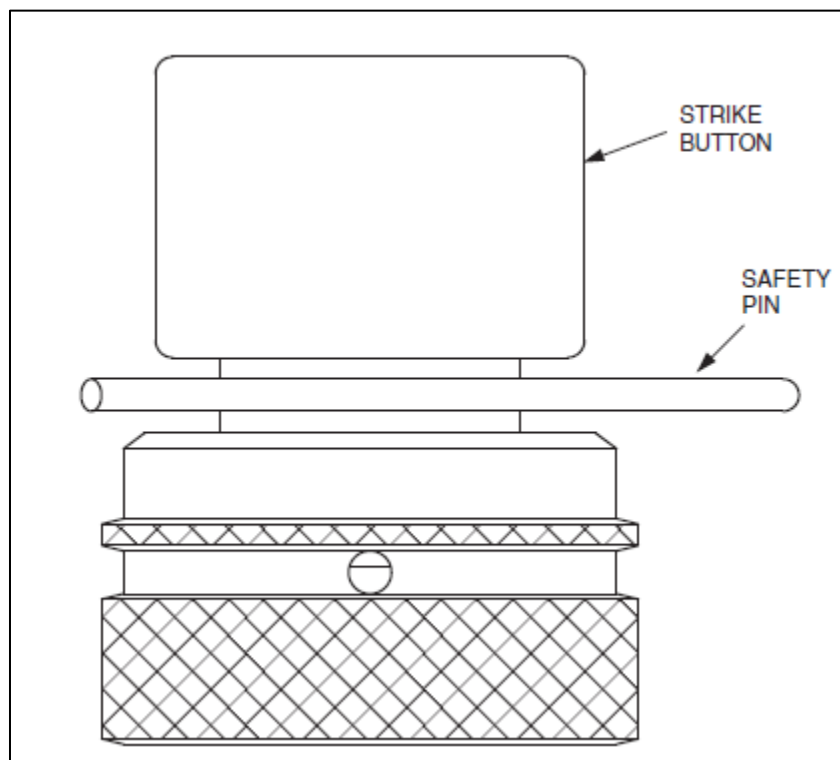


Figura 55. Actuador local manual

Fuente: Documentación fabricante Ansul

«Switch» de presión DPST

El «switch» de presión es un elemento opcional en el sistema, sin embargo, es de mucha utilidad. Este se puede utilizar para abrir o cerrar circuitos eléctricos como por ejemplo activar una luz, una sirena o incluso apagar una máquina de aire acondicionado o extracción / inyección de aire. Básicamente este dispositivo es activado neumáticamente cuando el agente en una descarga pasa a través de él, lo cual permite que se comporte como un relé. Requiere una presión mínima de 50 PSI (3.5 bar) para poder ser activado.

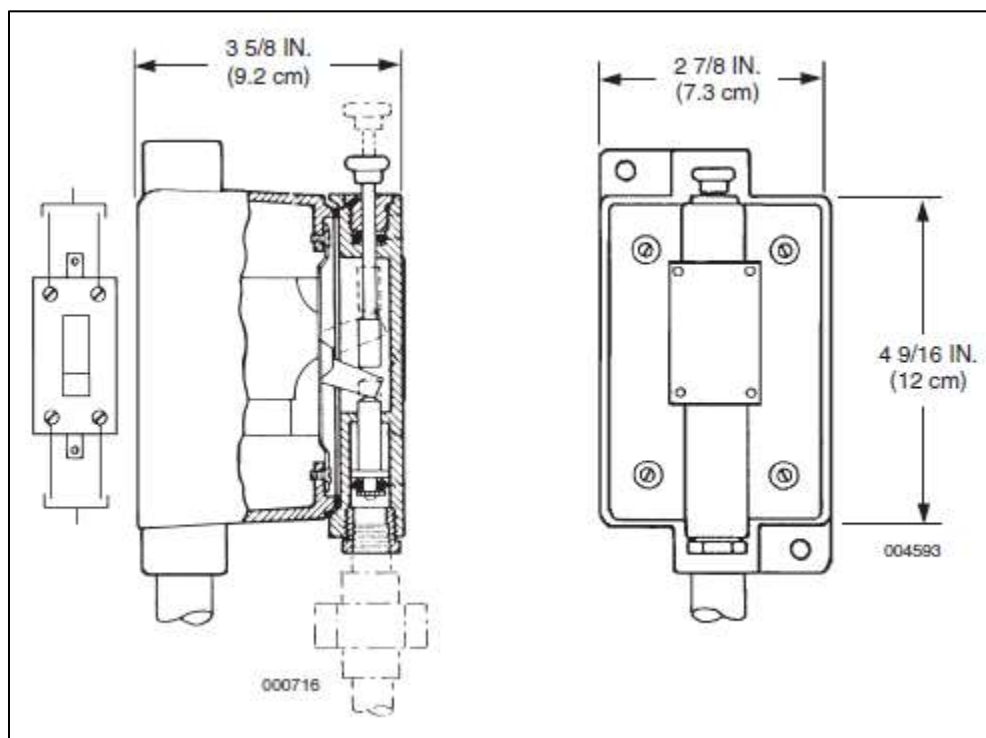


Figura 56. «Switch» de presión.

Fuente: Documentación fabricante Ansul

«Switch» de baja presión

El «switch» de baja presión es usado para indicar mediante un contacto seco, cuando hay una caída de presión en el sistema. Este «switch» monitorea continuamente la presión dentro del cilindro y es activado cuando la presión cae por debajo de 290 PSI (20 bar). Este «switch» es opcional en el sistema, sin embargo, es recomendado incluirlo desde la etapa de diseño.

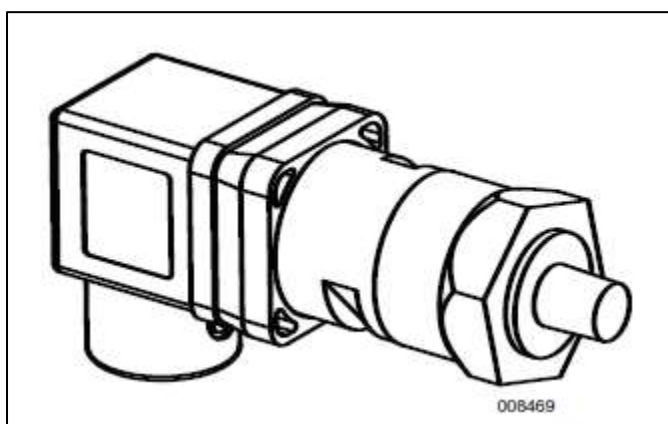


Figura 57. «Switch» de baja presión.

Fuente: Documentación fabricante Ansul

Señales de advertencia

Las señales de advertencia están disponibles para advertir al personal acerca del espacio que está protegido con el agente limpio para que estos no ingresen al sitio luego de una descarga sin utilización de las correctas protecciones. Esta señal se instala en el dado exterior del cuarto.

Existe otro tipo de advertencia que se instala dentro del recinto por proteger, la cual hace indicación a que las personas que se encuentran dentro del recinto, deben salir cuando la sirena suena.



Figura 58. Rótulo de advertencia sobre no ingresar al recinto luego de una descarga de agente.

Fuente: Documentación fabricante Ansul



Figura 59. Rótulo de advertencia sobre salir del sitio cuando suena la sirena de activación.

Fuente: Documentación fabricante Ansul

Indicador de nivel de líquido

El indicador de nivel es utilizado para medir el nivel de fluido «NOVEC» 1230 en el interior del tanque. La cantidad de agente en libras de agente es determinada que toma el nivel medido por el indicador y convirtiéndolo por medio de las tablas de conversión adjuntas en los anexos de este documento.

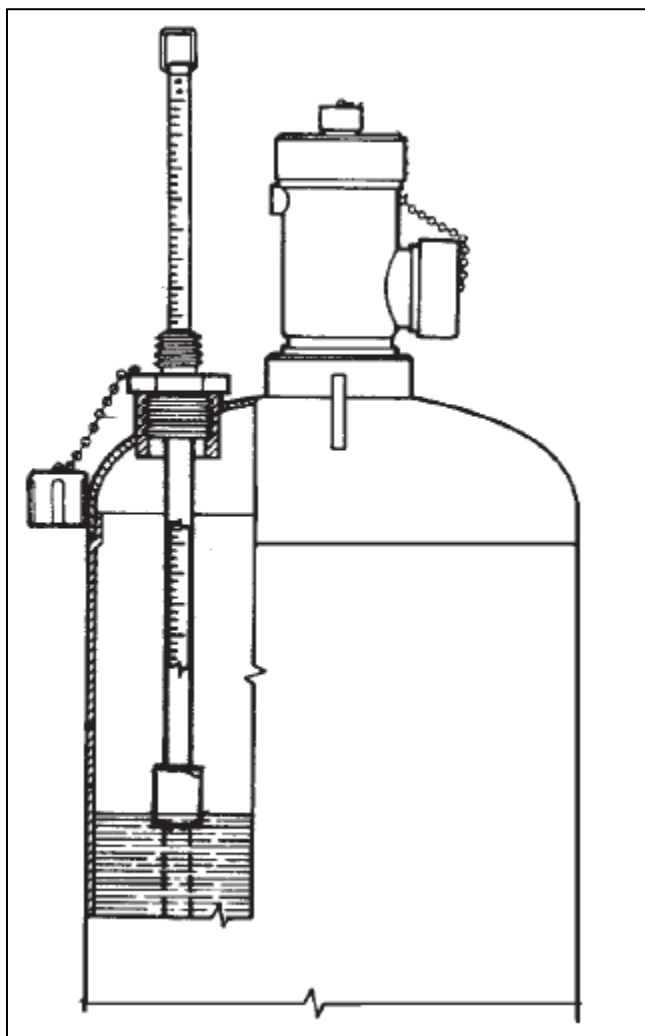


Figura 60. Medidor de nivel de agente en el tanque.

Fuente: Documentación fabricante Ansul

Criterios de diseño de un sistema de detección de incendio

El alcance principal de este capítulo es lograr mencionar los principales criterios de diseño que deben contemplarse en un sistema de detección de incendios focalizado en un área de riesgo que se desea cubrir a su vez con un sistema de supresión por medio de agente limpio, utilizando específicamente el agente «NOVEC» 1230.

Ubicación de detectores térmicos en techos planos.

En techos planos la distancia entre detectores no deberá exceder el espacio listado S y la distancia máxima medida desde las paredes o compartimentaciones a los detectores será de la mitad del espacio listado $S/2$

Todos los puntos del área protegida por un detector deberán estar a una distancia máxima del 70% del espacio listado $0.7S$.

Nota: “S” corresponde al espaciamiento de sensores, medido de sensor a sensor.

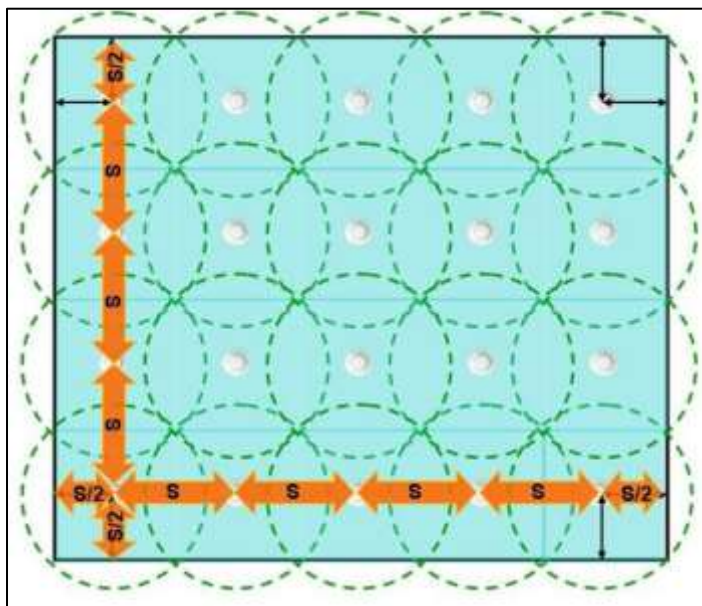


Figura 61. Espaciamiento entre sensores y paredes

Fuente: (PINZÓN, 2017)

Ubicación y espaciamento de sensores puntuales de calor.

Lineamientos básicos para la ubicación de detectores:

El espaciamento máximo es de 15 metros listado UL para termo-velocímetros, y de 7,5 metros listado UL para sensores de temperatura fija, medidos de centro a centro del detector, para techos planos.

Deberán montarse a una distancia mínima de 0.10 metros de la pared lateral al detector, si se montan en la pared deberá existir una distancia del detector al techo de entre 0.10 metros a 0.30 metros.

En estructuras donde el techo supere los tres metros de altura se deben aplicar los factores de corrección de la siguiente tabla:

Altura de Techo (Metros)	Por ciento (%) de Espacio Listado
0.00 - 3.00	100
3.00 - 3.65	91
3.65 - 4.27	84
4.27 - 4.88	77
4.88 - 5.50	71
5.50 - 6.10	64
6.10 - 6.71	58
6.71 - 7.31	52
7.31 - 7.92	46
7.92 - 8.53	40
8.53 - 9.00	34

Espaciamento detectores térmicos, tabla de compensación por altura

Tabla 8. Factores de corrección de cobertura de sensores térmicos según altura.

Fuente: (PINZÓN, 2017)

Para techos con pendiente simple o doble y con vigas tienen requerimientos diferentes para el espaciamiento.

Ubicación de detectores de humo puntuales.

Deberán ubicarse a unos diez centímetros como mínimo, medidos desde la pared lateral al detector, si se instalan en la pared deberá existir una distancia del detector al techo de 10 a 15 centímetros.

El espaciamiento máximo típico es de nueve metros para techos planos.

Cobertura de detector de humo puntual («Spot») NFPA.

El montaje de detectores puntuales está basado en localizar los detectores en el centro de un cuadrado de 9 x 9 metros. La distancia del centro del detector a cualquier extremo no deberá exceder los 6.4 metros.

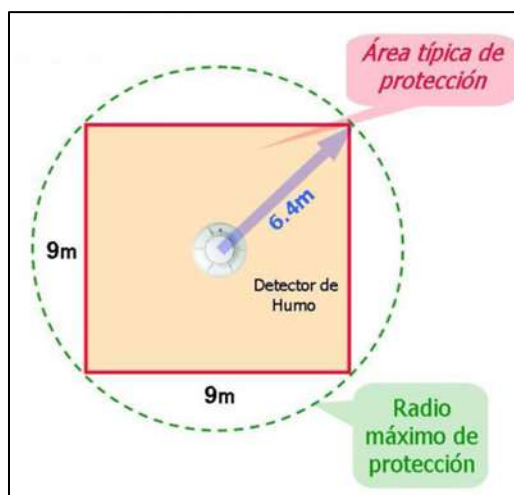


Figura 62. Cobertura de detector según NFPA 72

Fuente: (NFPA, 2013)

Condiciones que afectan a los detectores de humo.

Tipo de Detección	Velocidad del Aire >300 fpm	Altitud >3000 ft	Humedad >93%	Temp. <32° F >100° F	Densidad del Humo
Iónico	Puede afectar	Puede afectar	Puede afectar	Puede afectar	No afecta
Óptico Fotoeléctrico	No afecta	No afecta	Puede afectar	Puede afectar	Puede afectar
Óptico Fotoeléctrico con filtrado	No afecta	No afecta	No afecta	Puede afectar	Puede afectar
Multi-criteria	No afecta	No afecta	Puede afectar	Puede afectar	No afecta

Tabla 9. Condiciones que afectan a los detectores de humo.

Fuente: (PINZÓN, 2017)

Estimación de detectores según el espacio.

Lo primero que se debe realizar es estimar el área cuadrada en donde se requiere colocar detectores, de esta forma el área se divide en la constante de 81 (9x9). Véase el siguiente ejemplo.

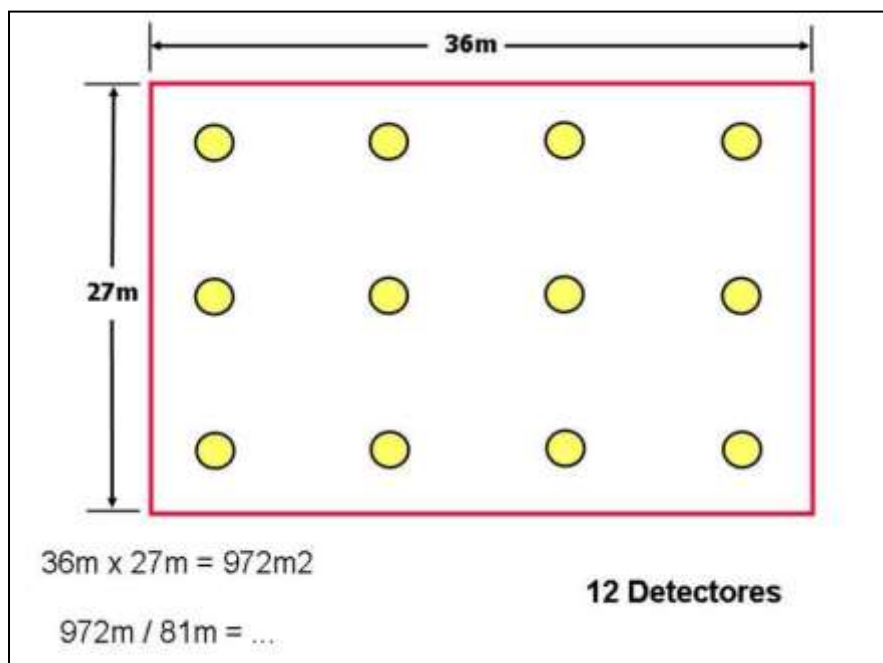


Figura 63. Cálculo de detectores según área

Fuente: (PINZÓN, 2017)

Espaciamiento de detectores puntuales en techos con pendiente.

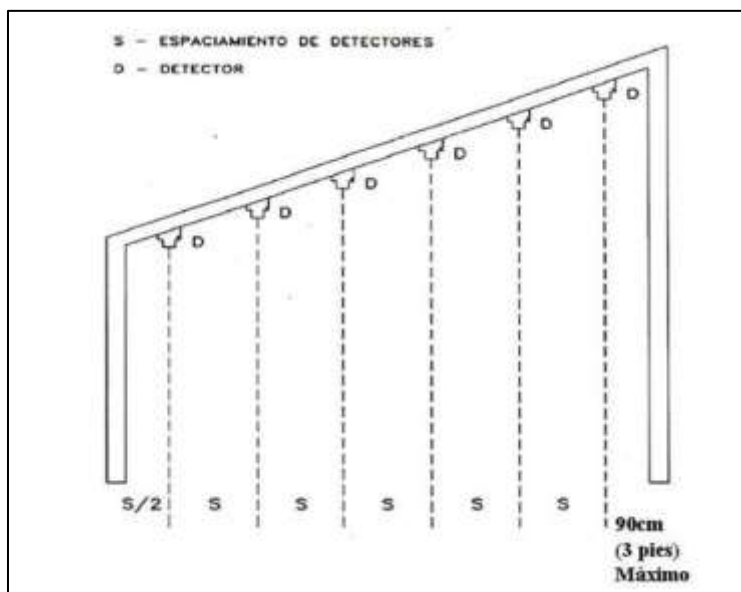


Figura 64. Ejemplo de espaciamiento de detectores puntuales en techos con pendiente.

Fuente: (NFPA, «National Fire Protection Association», 2017)

Consideraciones para techos con vigas.

Para techos con vigas de entre $h = 0.10\text{m}$ y 0.30m el espaciamiento disminuye a la mitad en la dirección perpendicular a las vigas.

Con vigas de más de 30 cm de altura y se paradas más de 240 cm se tratan como áreas por distintas.

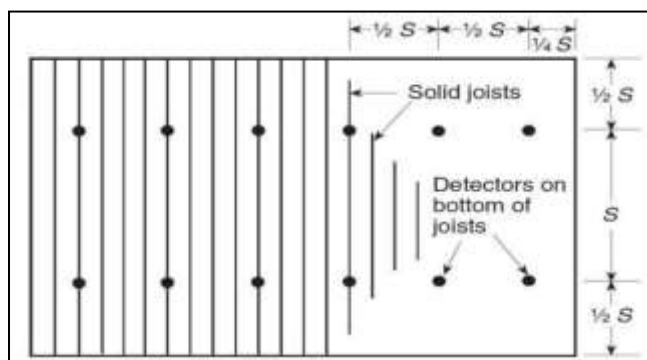


Figura 65. Ejemplo de la disminución del espaciamiento.

Fuente: (NFPA 13, 2013)

Cielorrasos con profundidad de viga inferior al 10% de la altura del cielorraso, se consideran techos planos.

Cielorrasos con profundidad superior al 10% y un espaciado superior al 40% de la altura, se deben ubicar los sensores en el vano de las vigas.

Cielorrasos con casetones no superiores a 0.60m y con espaciamento de centro a centro no superior de 3.66m se debe permitir:

- Espaciamento para cielo raso liso
- Sensores montados en la parte inferior de la viga o cielorraso.

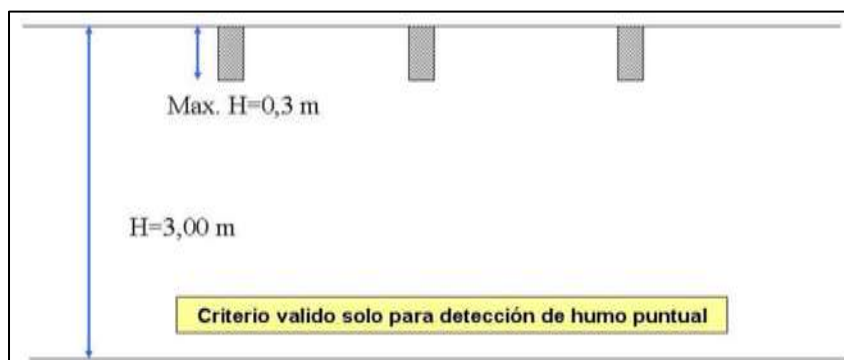


Figura 66. Ejemplo de profundidad de viga inferior al 10%

Fuente: (NFPA 13, 2013)

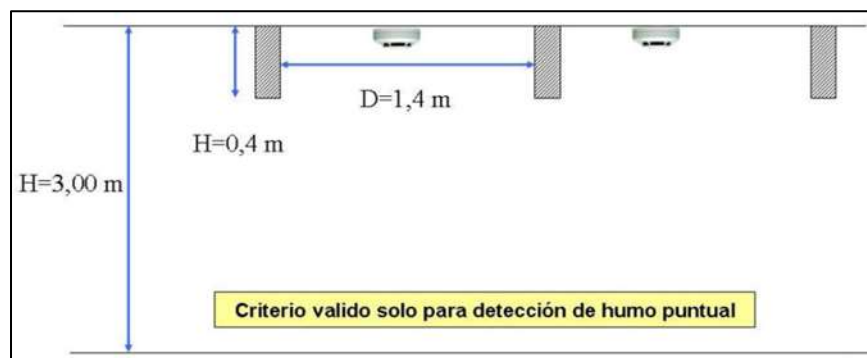


Figura 67. Ejemplo de profundidad de viga superior al 10% y al 40% de la altura del cielorraso

Fuente: (NFPA 13, 2013)

Ubicación de detectores de humo en espacios ventilados (HVAC).

No montar dentro de una distancia 90 cm, medidos desde las rejillas de inyección y/o extracción del sistema de ventilación ni a 30 cm de las lámparas fluorescentes.

En áreas como pisos falsos y cielos suspendidos se deberán aplicar las reglas estándar de espaciamiento siempre y cuando no sean usados como plenos del HVAC.

En espacios donde haya aire acondicionado se deberá corregir el espacio listado de acuerdo con la siguiente gráfica:

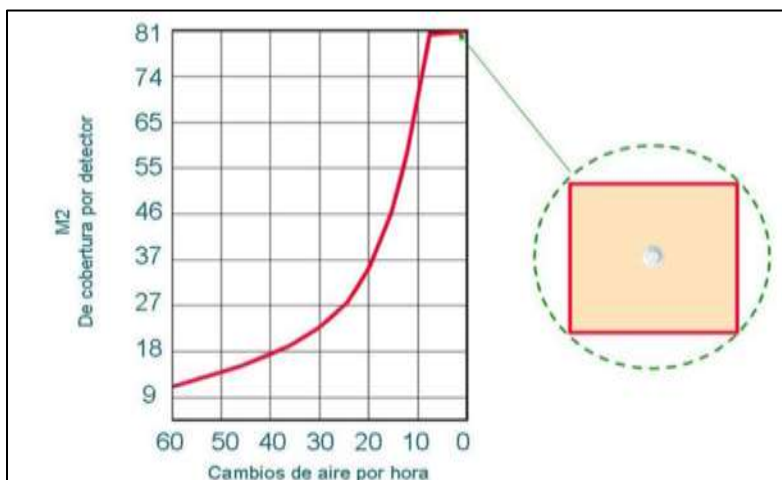


Figura 68. Gráfico corrección de cobertura de sensores VS cambios de aire por hora.

Fuente: (NFPA 13, 2013)

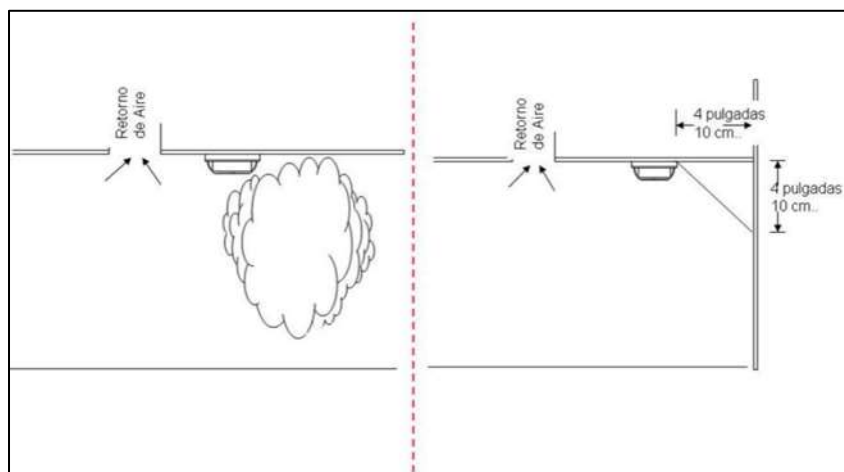


Figura 69. Ejemplo de colocación de sensores cerca de rejillas de A/C.

Fuente: (NFPA 13, 2013)

Diseño utilizando sistemas de muestreo de aire.

Los sistemas de muestreo de aire se utilizan comúnmente en lugares como cuartos limpios, centros de procesamientos de datos y cuartos eléctricos, sin embargo, recientemente se utilizan en muchas zonas, inclusive aserraderos o lugares con condiciones sucias.

Estos sistemas son más sensibles que los detectores de humo tipo puntual, porque permanentemente están aspirando y tomando muestras del aire del lugar donde se instalen. Para el siguiente análisis solo se darán criterios de diseño en general, no se tomará en cuenta las condiciones del lugar en particular.

Los orificios de muestreo son tratados como si fueran detectores tipo puntual de humo para propósitos de ubicación y espacio de cobertura. Las reglas que se aplican para la ubicación de detectores puntuales también rigen la ubicación de detectores de humo por muestreo.

La cobertura recomendada por puerto para ambientes que requieren detección estándar es de 81 m², o sea, nueve metros de espaciamiento como en detectores puntuales. La cobertura para detección temprana es de 36 m² y para detección muy temprana es de 18 m².

A continuación, se puede ver la comparación con detectores puntuales:

Con detectores puntuales:

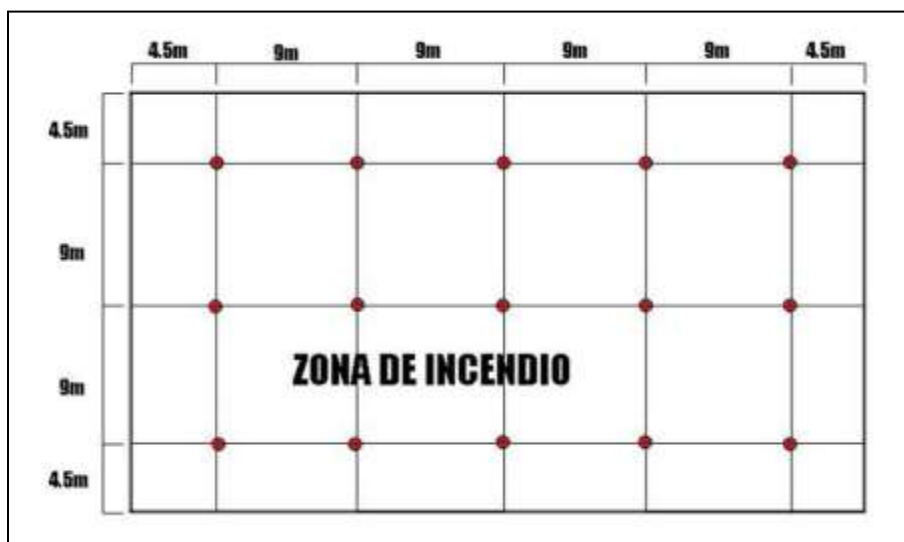


Figura 70. Diseño con detectores puntuales.

Fuente: (PINZÓN, 2017)

Con sistema de muestreo de aire:



Figura 71. Distribución de red de tuberías de muestreo de aire.

Fuente: (PINZÓN, 2017)

Estos sistemas son utilizados para detectar humo en cuartos de cómputo, en algunos casos para una detección general o puntual en los gabinetes de los equipos, como se muestra:

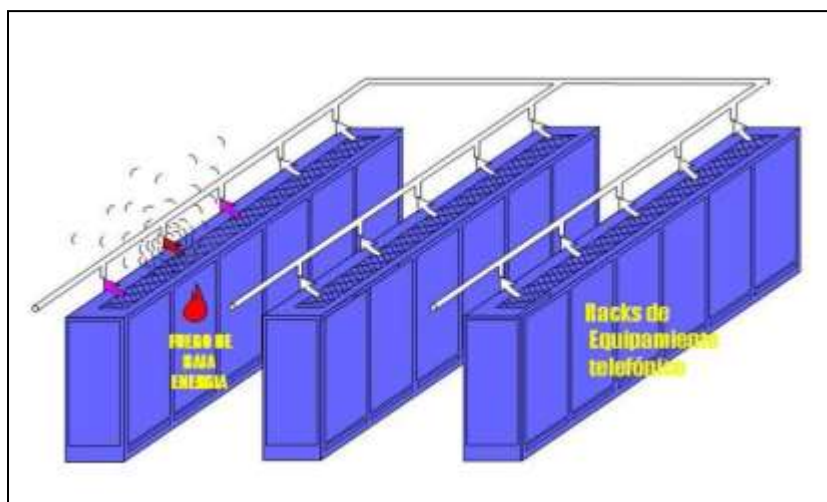


Figura 72. Aplicación en centros de datos, sistemas de detección temprana.

Fuente: Literatura Xtralis

Para el diseño y cálculos de flujos de aire dentro de la tubería se utilizan programas de cómputo como el «ASPIRE2» que es muy usado por los diseñadores y se obtiene gratuitamente por medio de Internet. Algunos tipos de diseños de tuberías se observan a continuación:

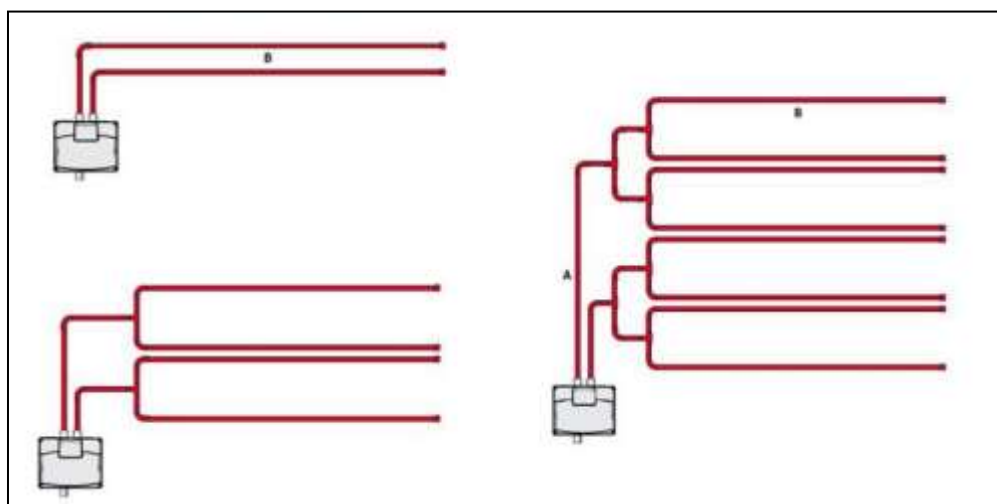


Figura 73. Tipos de configuraciones de tuberías.

Fuente: Literatura Xtralis

Se pueden plantear otros diseños de tuberías, pero es importante que se verifiquen con el programa de cómputo adecuado.

Al proponer los diseños es importante tomar en cuenta la sección 5.7.3.3 de la NFPA 72 y todos los apartados y algunos puntos importantes son como cada punto de muestreo se deberá tratar como detector tipo puntual para ubicación y espaciamiento, el tiempo máximo de transporte del punto de muestreo más lejano hasta el panel no deberá exceder los 120 segundos, el diseño de las redes de tuberías deberán estar apoyados en los sólidos principios de la dinámica de fluidos, las tuberías tendrán etiquetas que identifiquen al sistema de muestre del detector de humo.

Ejemplos de diseño de tuberías de sistemas de muestreo.

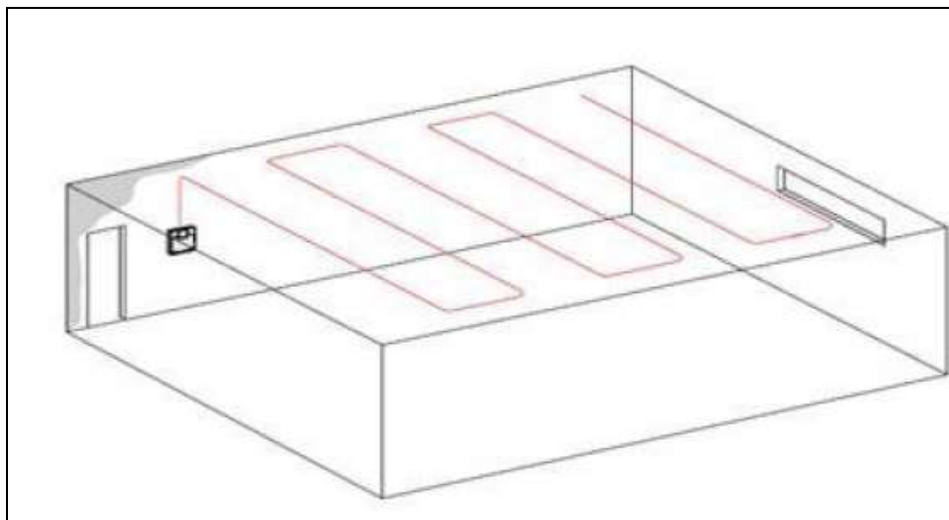


Figura 74. Ejemplo 1 diseño de tuberías.

Fuente: Literatura Xtralis

Para este caso, la tubería es de aproximadamente 90 metros y utilizando el «software nos da un tiempo de transporte de aire de aproximadamente 50 segundos. Nótese que el diseño es una sola tubería que recorre toda la habitación.

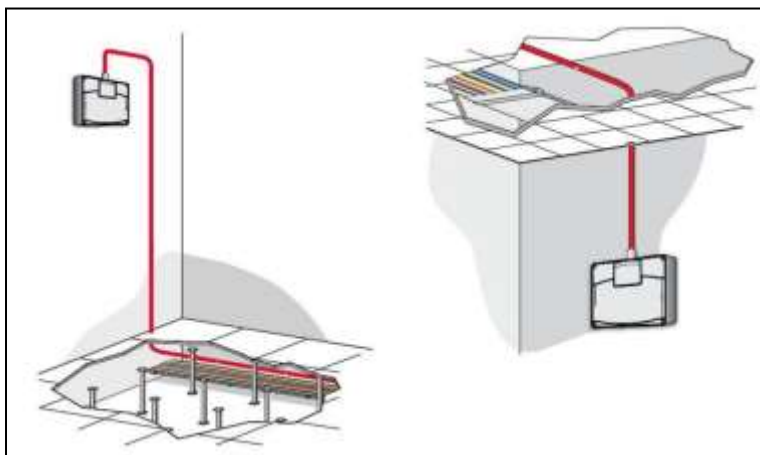


Figura 77. Aplicación en cielos y pisos falsos.

Fuente: Literatura Xtralis

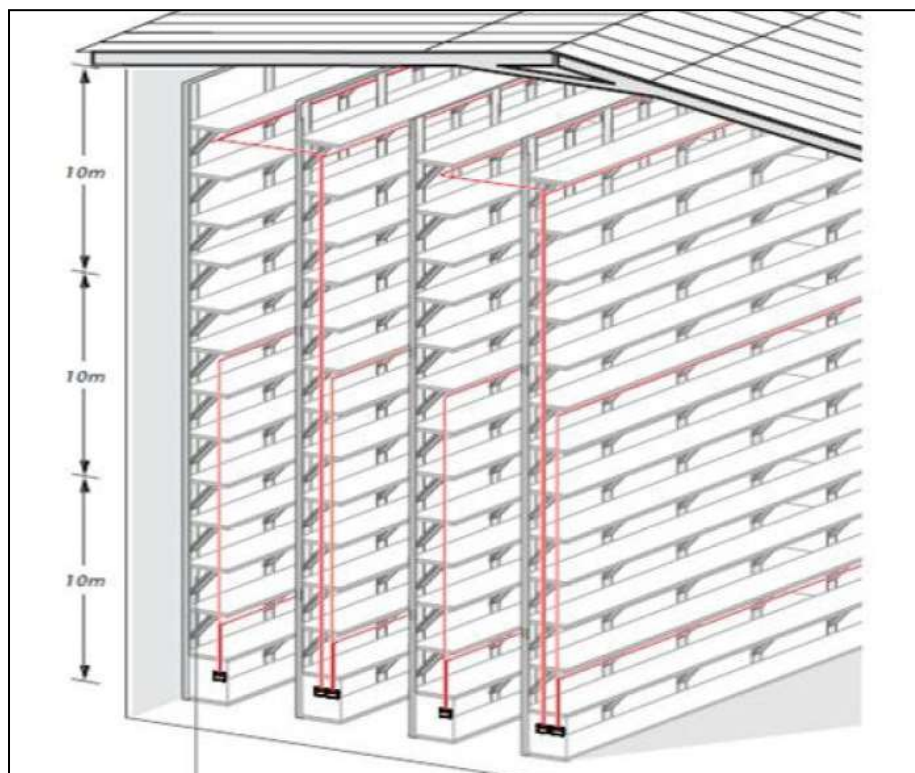


Figura 78. Aplicación en bodegas de almacenamiento alto.

Fuente: Literatura Xtralis

Montaje y ubicación de estaciones manuales.***Operación.***

Los mecanismos de activación y operación, se operarán con una sola mano y no requerirán opresión ni giro de la muñeca. La fuerza ejercida no deberá ser mayor a 5 lb.

Detalles de la ubicación de estaciones manuales.

- A un máximo de 1.5 m de cualquier salida.
- Mínimo de 1 por piso.
- Se colocan adicionales si el viaje horizontal entre estaciones excede los 60 m de distancia aproximados.
- Deberán estar siempre sin obstrucciones y ser de un color contrastante con la pared.
- Serán colocadas entre 1.20 y 1.35 metros medidos desde el nivel de piso terminado.

Lineamientos de accesibilidad

Si el acceso es solo frontal se colocará a una altura de entre 0.38 metros a 1.22 metros. Si el acceso libre permite acceder en forma lateral se montará a una altura de entre 0.23 metros y 1.37 metros.

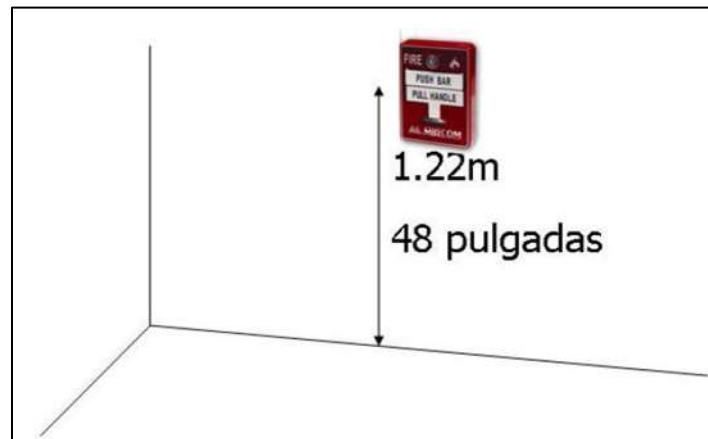


Figura 79. Altura de montaje de estaciones manuales.

Fuente: Fabricación propia mediante aplicación Paint.

Ubicación de equipos notificadoros de alarma

Conceptos básicos.

Ruido ambiental.

Se le denomina ruido ambiental a todo aquel ruido que nos rodea o que predomina en un espacio comúnmente llamado “nivel de ruido”.

Decibeles (dB).

La presión del sonido se mide en decibeles, la cual es una medida relativa de sonido.

Db.

La escala de Db esta referenciada a la mínima presión que puede ser detectada por el oído humano.

Nivel Típico de Ruido Para distintos Ambientes	
Tipo de Ambiente	Nivel de Ruido Promedio
Edificio de Oficinas	55 db
Edificio Educacional	45 db
Edificación Industrial	80 db
Edificación Institucional	50 db
Edificación Mercantil	40 db
Puertos y estructuras rodeadas de Agua	40 db
Área de Ensamble	55 db
Edificación Residencial	35 db

Tabla 10. Niveles típicos de ruido para distintos ambientes.

Fuente: (NFPA, 2013)

Modos de operación de un sistema de notificación.

Modo público.

Señalización audible y/o visual para los ocupantes y habitantes del área protegida por el sistema de alarma de incendio, estas señales pueden ser como se mencionó anteriormente, del tipo chicharras, sirenas, etc., así como también del tipo luces con efecto estroboscópico entre otros.

Modo privado.

Señalización audible y/o visual, disponible para las personas encargadas de las directrices, procedimientos y acciones que son implementados dentro del área que está siendo protegida por el sistema de detección, este tipo de modo se utiliza mucho en lugares donde el personal no se puede evacuar por sus propios métodos como, por ejemplo: hospitales, asilos de ancianos, sistemas carcelarios, guarderías, etc.

Alarmas audibles.*Características.*

- Producen una señal tono o un mensaje.
- Estos deberán producir una señal audible de cuando menos 15 dB a 3 metros de distancia por sobre el promedio del sonido ambiente, o de 5dB a 3 metros por sobre el nivel de ruido máximo que dure 60 segundos, lo que resulte en mayor sonido.
- No excederá los 110 dB, a la mínima distancia de escucha.
- Donde haya requerimientos que exceden los 110 dB, se utilizará una notificación visual.

Recomendaciones de instalación de la ADA («American with Disabilities Acts») y NFPA («National Fire Protection Association»).*NFPA.*

15 dB a 3 metros sobre el nivel de sonido ambiente promedio ambiente o de 5 dB a tres metros por sobre el nivel de sonido máximo, que dure 60 segundos, lo que resulte mayor.

ADA.

Si se requiere, 15 dB a tres metros por sobre el nivel de sonido ambiente promedio o de 5 dB a tres metros por sobre el nivel de sonido máximo, que dure 60 segundos, lo que resulte mayor.

Alarmas audibles modo privado.

Para las audibles de modo privado se mantiene los mismos requerimientos de 15/5dB. No deberá excederse de los 110 dB a la mínima distancia de escucha.

Alarma audible en recintos de dormitorios.

Para este tipo de recintos la NFPA indica que a nivel de almohada se requiere un nivel de 75 dB.

Instalación de notificadores de alarma audible.

Los notificadores del tipo montaje en pared se deben instalar a un mínimo de 2.28 m de altura sobre el nivel de piso terminado, y a no menos de 0.15m por debajo del nivel de techo.

Lineamentos generales para la instalación.

- El nivel de presión del sonido cae 6 dB cada vez que se duplica la distancia nominal a la fuente de sonido.
- Cada notificador debe cubrir aproximadamente 6 m de distancia.

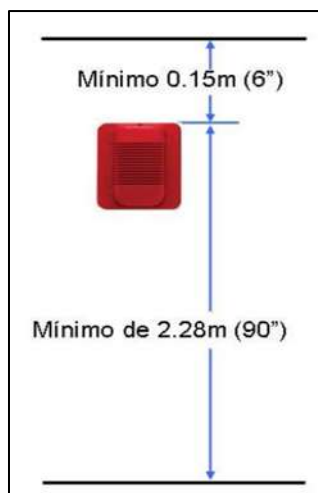


Figura 80. Colocación de un dispositivo notificador.

Fuente: Fabricación propia mediante aplicación «Paint».

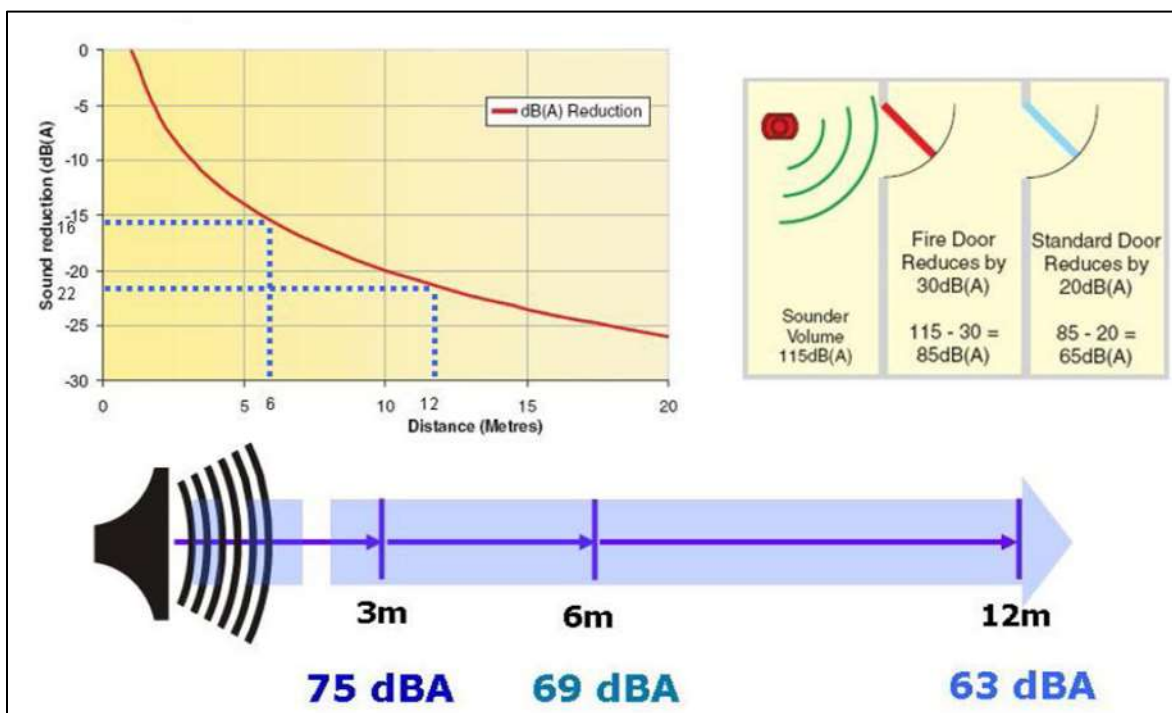


Figura 81. Pérdidas del sonido con el aumento de la distancia nominal.

Fuente: (Rodríguez, 2008)

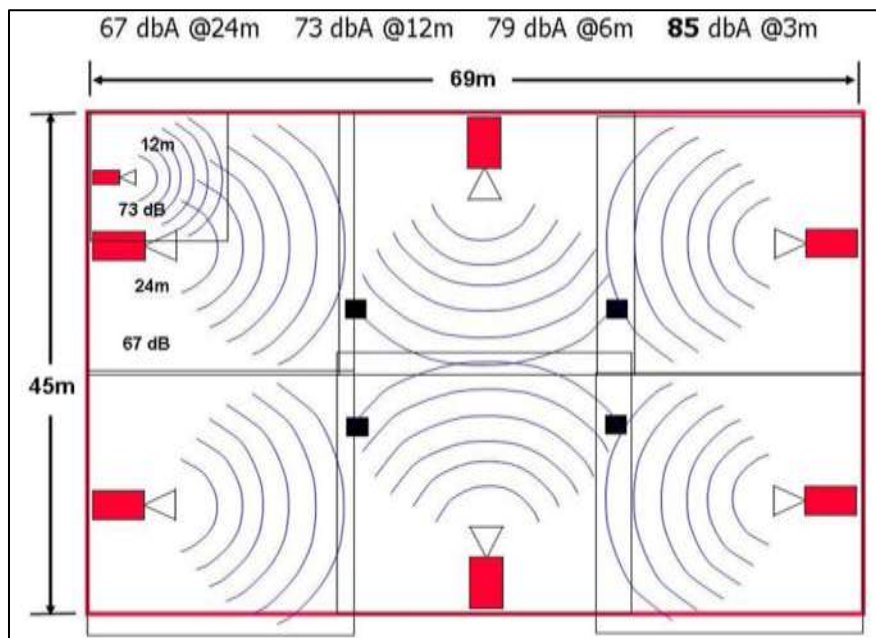


Figura 82. Distribución de sirenas en áreas cerradas.

Fuente: (Rodríguez, 2008)

Notificadores audibles modo público.

Para ambientes muy ruidosos se utilizan dispositivos del tipo de visual, que pueden sustituir a los dispositivos sonoros, esto para lugares como discotecas, industrias de alto ruido etc.

Las alarmas visuales se utilizan en lugares ruidosos, áreas ocupadas con personas con discapacidad auditiva y otras áreas que requieren señalización adicional.

Estos dispositivos están especialmente creados para captar la atención de las personas, proveyendo una adecuada notificación.

Requerimientos de la ADA para sistemas de señalización visual.

- La intensidad mínima debe ser de 75cd en todo tipo de aéreas, excepto en dormitorios donde se requiere 110 Cd.
- Las lámparas serán del tipo xenón o equivalente.
- Deberán ser blancas o transparentes.
- La duración del pulso deberá de ser de 0.2 segundos y de 40% en el ciclo de trabajo.
- El rango del ciclo debe ser de 1 a 3 por segundo. (1-3 hz).

Instalación de dispositivos de señalización visual.

Requerimientos de la NFPA

- Se colocarán a una altura mínima de 2 m del nivel de piso terminado, hasta el borde superior del estrobo y no mayor a 2.44 m.
- La separación mayor no deberá exceder los 30 m entre dispositivos.

Requerimientos de la ADA

- Se montarán una distancia no mayor a los 2 m desde el nivel del piso terminado hasta la parte inferior del estrobo.
- La separación máxima entre dispositivos no excederá los 15 m.
- En grandes espacios sin obstrucciones se colocarán a 1.8 m SNPT con espaciamiento máximo de 30.

Lineamientos para la ubicación de equipos, indicadores visuales estrobo (ADA).

- Disponibles en diferentes intensidades de destello de luz.
- Rangos típicos son de 15, 30, 75 y 110 Cd.
- En áreas que contengan dos o más estrobos visibles entre sí estos deben sincronizarse.
- El espaciamiento se basa en la intensidad de destello en Cd y en el área de cobertura, basado en la normativa UL 1971.

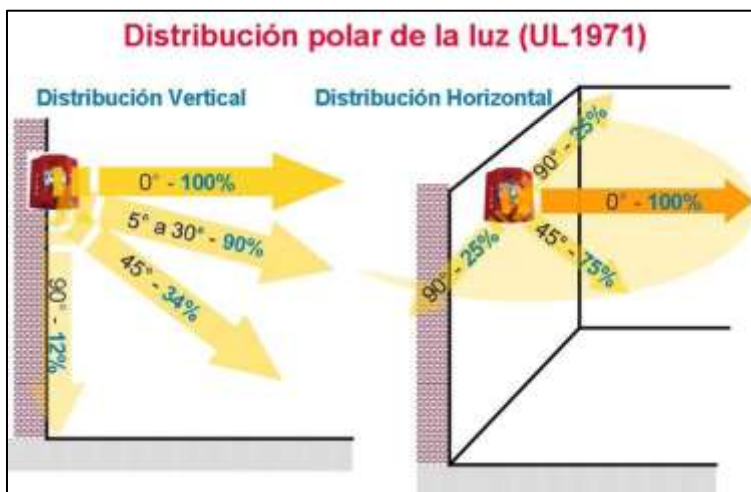


Figura 83. Espaciamiento de la luz según UL 1971.

Fuente: UL 1971.



Figura 84. Distribución polar de la luz según UL 1971.

Fuente: UL 1971.

Sincronización de estrobos.

Se requiere de sincronización para cuando se tiene más de dos instaladas en un mismo campo visual.

Reduce la posibilidad en las personas que se dé un ataque de epilepsia a los que tienen esta propensión.

La sincronización puede realizarse mediante dos métodos:

Por medio de un módulo de sincronización remoto o por medio de los NAC de sincronización en el panel de control o de las fuentes de alimentación remota para notificación de alarmas.

Criterios para definir y ubicar el panel central y anunciadores remotos.

En el diseño de alarma y detección de incendios, lo último que se define son las características y ubicación de paneles de control y anunciadores remotos. Las características del o los paneles centrales de control de alarma de incendio, se establecen según el proyecto particular, cualquier tecnología que se elija convencional o direccionable, lo primero que se debe hacer es un conteo de

todos los dispositivos de inicio y notificación, seguidamente se especifica la capacidad en puntos de inicio, cantidad de lazos y dispositivos de notificación. Cabe mencionar que las especificaciones mínimas de un panel de control de alarma son los descritos, sin embargo, los paneles que se utilizan se pueden configurarse con muchas opciones, algunas son, tarjetas de red para enlazar con otro panel, interface de internet para ser monitoreado remotamente, salidas de relé para aplicaciones especiales de control, teclados de control LCD o gráficos y salidas para integración con otros sistemas electrónicos de seguridad. En este punto es muy importante definir las baterías de respaldo del panel, estas se calculan con los métodos descritos en este manual.

La ubicación del panel se hará siempre pensando en algún lugar del proyecto en donde se encuentren personas la mayor cantidad posible de tiempo, sin embargo, cuando el panel se ubica en un cuarto eléctrico o cerrado por disposiciones de seguridad, se debe colocar un anunciador remoto en el lugar mencionado. El ejemplo típico es, se coloca el panel central en el cuarto de cómputo o eléctrico y el anunciador remoto se ubica en la caseta de guarda. Es importante tener presente cuando se elige un sistema de alarma y detección de incendios que todos los dispositivos sean de una sola marca del mercado, porque cada marca tiene su propio lenguaje de comunicación y no son compatibles con las demás. Otro punto por tomar en cuenta es que los paneles deben estar listados UL 864 “Standard for Control Units and Accessories for Fire Alarm Systems”, en español estándar para las unidades de control y accesorios de los sistemas de alarma de incendio.

Sistema: Direccionable			
Características			
Marca:	Notifier	Simplex	Siemens
Modelo:	NFS2-3030	4100U	MXL
Cantidad de dispositivos direccionables que soporta:	Hasta 3180, mitad detectores y mitad módulos	Hasta 2000 en cualquier combinación	Hasta 2000 en cualquier combinación
Cantidad de lazos de dispositivos de notificación:	Hasta 8 en un solo gabinete	Hasta 9 en un solo gabinete	El panel trae 2
Red entre paneles:	Si hasta 5 paneles en red	Si hasta 6 paneles en red	Si
Monitoreo remoto por línea telefónica:	Si	Si	Si
Dispositivos de notificación direccionables:	No	Si hasta 9 Circuitos de notificación en un solo gabinete	No
Sistema de voceo de evacuación:	Si	Si	Si
Interfase de internet para monitoreo remoto:	Si	Si	Si
Interfase con sistemas de aspiración de aire:	No, requiere módulos por aparte	Si	Si
Cantidad de anunciadores remotos:	Hasta 32	Hasta 31	Hasta 32
Alertas de mantenimiento de sensores "sucios" en el software del panel:	No	Si	Si
Cantidad de eventos que almacena:	1000	1300	800
Protección con contraseña para programación:	Si hasta 9 usuarios	Si	Si
Salidas de relé adicional:	Si	Si	Si

Tabla 11. Comparación de especificaciones de paneles de diferentes fabricantes.

Fuente: Creación propia.

Tipos de cableado circuitos de inicialización (SLC).

La arquitectura de sistemas incluye dos tipos de alambrados (de punto a punto), sistemas distribuidos de multiplexado o direccionables y sistemas distribuidos de red. La gran ventaja de estos últimos dos es que requieren de menos alambrado y tienen tuberías de canalización más pequeñas. Es importante mencionar que la tendencia del tipo de cableado que se haga, depende del panel de alarma de incendio, ya que, este es el que tiene la tecnología direccionable o convencional.

Sistema de alambrado convencional.

Un sistema de alambrado convencional, es donde cada elemento del lazo de inicio (detectores de humo, estaciones manuales y dispositivos iniciadores de alarma de fuego) se cablea de punto a punto, o sea, por cada dispositivo va a ir un cable de dos o cuatro hilos hasta el panel de control de incendios principal. El funcionamiento de un sistema convencional es sencillo ya que solo se monitorea el cambio de estado de encendido y apagado de cada dispositivo.

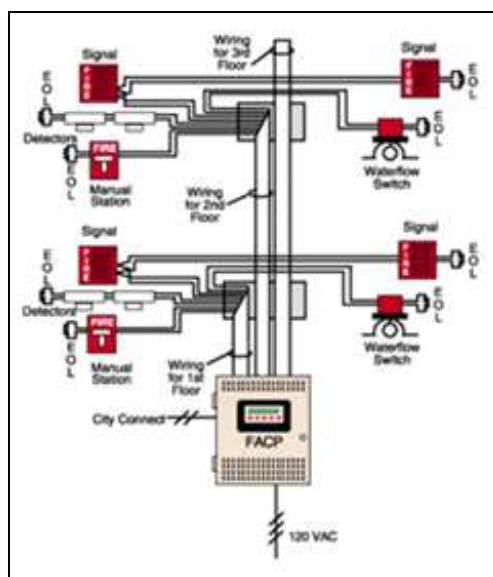


Figura 85. Alambrado tipo convencional.

Fuente: (Literatura S. , s.f.)

Este sistema es un sistema de alambrado convencional. Note que la gran cantidad de alambres de los periféricos en cada piso corre directamente al panel de control. Esto requiere de tubos «conduit» muy grandes y mucho alambre.

Resumiendo, los sistemas de alambrado con tecnología convencional, se manejan por zonas, donde cada zona es una entrada o salida del panel, ya sea de un dispositivo de inicio o notificación, cada sector se puede componer de uno o varios dispositivos según sea el caso y dicha zona será cableada independiente hasta el panel principal de alarmas de incendios.

Sistema de alambrado direccionable.

Un sistema de alambrado direccionable, posee dispositivos, tienen una codificación individual para indicar su cambio de estado (condición apagado / encendido) o es usado individualmente para controlar funciones del sistema de alarma de detección de incendios.

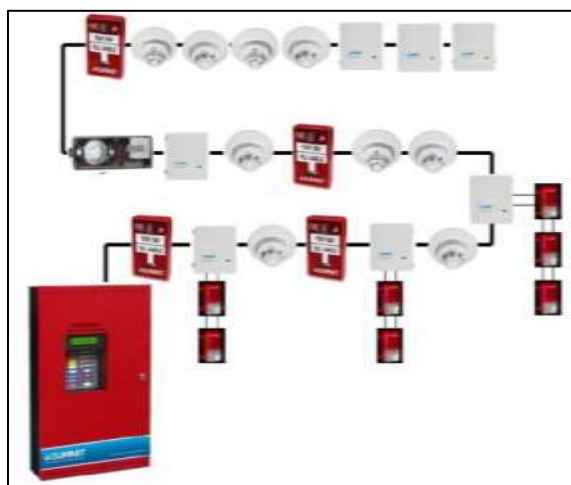


Figura 86. Alambrado direccionable.

Fuente: (Literatura S. , s.f.)

Como se puede observar, por un solo par de hilos viaja la información de cada dispositivo, lo importante de esta tecnología direccionable es que aparte de que ahorra mucho dinero en materiales, posee una identificación para cada dispositivo, lo que hace muy útil a la hora de localizar donde ocurrió una detección de incendios, contrario al sistema convencional que solo identificaría una zona en donde hay decenas de aposentos.

Circuitos clase A.

Se refiere a un arreglo cuando se presenta una falla de circuito a tierra o circuito abierto en los dispositivos iniciadores, circuito de señalización, o circuitos de notificación de alarma, se evita que se pierdan las funciones del sistema.

Generalmente este tipo de cableado en anillo solo se utiliza para tecnologías direccionables, ya que brindan una mayor flexibilidad.

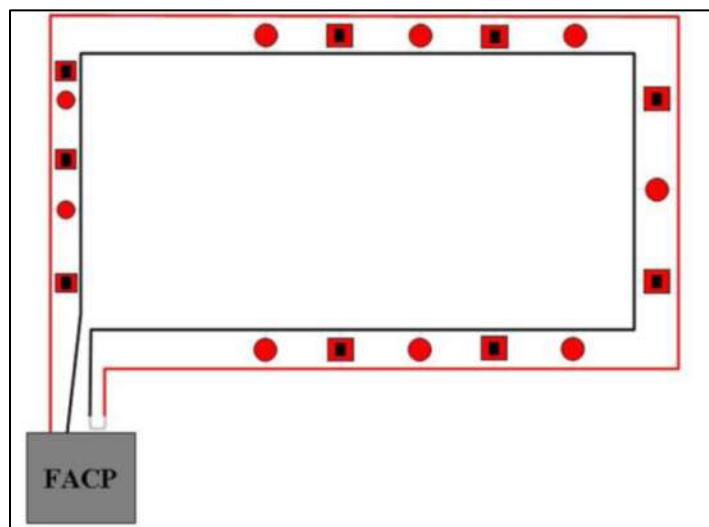


Figura 87. Cableado clase A.

Fuente: (Literatura S. , s.f.)

Cableado en general de los sistemas de incendios.

Todos los cableados en general se rigen por la norma NFPA 70 (código eléctrico nacional), este código da las prácticas comunes para realizar las instalaciones eléctricas de los sistemas de alarma y detección de incendio en su artículo 760.

Fuentes de alimentación y cálculo de baterías.

La fuente de energía principal de un panel de alarma y detección de incendio es 120 VAC, de una fase, 60 HZ. El panel convierte ese voltaje a 24 VDC que es el voltaje estandarizado para los sistemas de alarma de incendios.

Es recomendable en la medida de lo posible utilizar un circuito ramal de 120 VAC exclusivo para alimentar el panel principal.

Al ser un sistema vital en la vida de un edificio y las personas que lo habitan, el sistema de alarma de incendios, cuenta con un sistema de reserva mediante baterías, esto requerido por la NFPA 72 en su sección 4.4.1.5, todos los paneles llevaran dos baterías de 12 VDC, esto para poder brindar los 24 VDC requeridos por los dispositivos conectados.

La alimentación secundaria, tendrá la capacidad de conmutar para energizar la totalidad del sistema dentro de un tiempo máximo de 30 segundos contados a partir de que la fuente primaria falle o caiga por debajo del 80% del valor nominal.

Cálculo de baterías.

El cálculo de la batería debe cumplir con el punto 4.4.1.5.3.1(a), el cual indica que el sistema de alarmas de incendios deberá soportar en energía secundaria (baterías) un tiempo de 24 horas en funcionamiento sin alarma y 15 minutos en estado de alarma. Hay que recordar que las baterías

entran a funcionar solo si la fuente principal de energía falla, y que todos los paneles de marcas reconocidas poseen cargadores de baterías para asegurar el respaldo de la fuente secundaria.

Por lo tanto, el cálculo de la capacidad de las baterías se haría de la siguiente manera:

1. Sume la corriente de operación normal de todos los dispositivos: por ejemplo 0.5 amperios.
2. Multiplique por 24 horas: $24 \cdot 0.5 = 12.0$ amperios-hora.
3. Ahora sume la corriente en alarma de todos los dispositivos: por ejemplo 0.75 amperios.
4. Multiplique por los 15 minutos ($15/60$): $0.75 \cdot 0.25 = 0.1875$ amperios-hora.
5. Finalmente sume la operación normal más en alarma: $12 + 0.1875 = 12.1875$
6. Se multiplica por un factor de seguridad del 20%: $12.1875 \cdot 1.20 = 14.625$ amperios-hora.

Con este valor se escoge la batería comercial con la capacidad superior más cercana al cálculo.

Criterios de diseño de un sistema de supresión de incendio por medio de agente limpio

«NOVEC» 1230

Introducción.

El «Novec» 1230 de 3M es un agente limpio extinguidor del fuego que luego de ser descargado no deja ningún tipo de residuo y además es altamente dieléctrico. Este producto de alta tecnología no daña los equipos energizados ni afecta la estructura del papel gracias a sus propiedades altamente dieléctricas y su rápida vaporización.

Es un sistema automático de supresión de incendios de boquilla fija para fuegos de clase A, B y C. Este sistema está diseñado y se instala de acuerdo con la norma 2001 de la «National Fire Protection Association» (NFPA): “Sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios”.

Está listado por «Underwriters Laboratories», Inc. (UL) y «Underwriters Laboratories» de Canadá (ULC), y homologado por «Factory Mutual» (FM). El sistema puede llevar a cabo una detección y una activación automática y/o una activación manual a distancia. Hay disponibles diversas opciones de detección, incluyendo la detección de humo y la aspiración de aire. La exposición al líquido «NOVEC» 1230 a concentraciones de diseño de hasta el 10% (NOAEL) no es peligrosa para la salud.

Descripción del producto.

El líquido «Novec» 1230, denominado FK-5-1-12 en las normas NFPA 2001 e ISO 14250, es una cetona fluorada (o fluorocetona) de estructura química $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$. Se trata de un líquido transparente, incoloro e inoloro «sobrepresurizado» con nitrógeno y almacenado en botellas de alta presión. Aunque se almacena en forma líquida, el líquido «NOVEC» 1230 se transforma en un gas durante la descarga, lo que lo convierte en un agente eficaz de inundación total para diversos riesgos. Se trata de un agente limpio que no deja residuos y no afecta a equipos electrónicos sensibles de gran valor.

Beneficios.

- Agente gaseoso limpio, no deja residuo
- Uso seguro en habitaciones ocupadas (concentración de diseño baja, y sin reducción significativa de los niveles de oxígeno).
- No menoscaba la visión y electrónicamente no es conductivo.
- Sistema con pocos componentes, requisito mínimo de espacio.
- Tiempo rápido de inundación (< 10 segundos).
- No destruye la capa de ozono (ODP=0).

- Potencial de calentamiento global mínimo (GWP=1).

El líquido «NOVEC» 1230 está registrado con la Agencia de Protección Medioambiental de EE. UU. de acuerdo con la TSCA (Ley de control de sustancias tóxicas) y ELINCS (Lista Europea de Sustancias Químicas Notificadas). Este líquido cumple los requisitos para su registro de acuerdo con la política SNAP (Programa de nuevas alternativas significativas) y está aprobado para su uso como alternativa al halón 1301 para aplicaciones de inundación en espacios ocupados.

Planeamiento del diseño.

Antes de empezar con los cálculos y estimación de componentes del sistema, es necesario entender la aplicación del sistema, los tipos de riesgos y mucha información general que se requiere para de esta manera poder generar un diseño adecuado.

Información general inicial.

- Se debe consultar sobre la existencia de especificaciones técnicas del sistema solicitado, si existen se deben estudiar y plantear el diseño de acuerdo con estas.
- Es importante determinar quién es el propietario del recinto y qué tipo de elementos desea proteger.
- Debe investigarse sobre las jurisdicciones que realiza el sistema y revisar con las que cumple el sistema propuesto, en este caso NOVEC 1230 (FK 5-1-12).
- Se deben solicitar planos del área donde se encuentra el riesgo por proteger, si no se tiene acceso a estos se deben tomar medidas exactas del recinto.

Información sobre el tipo de riesgo.

- Inicialmente corroborar las medidas del sitio físicamente, esto si es un lugar construido. Las medidas deben adoptarse tomando en cuenta que se determine volúmenes, se debe ser muy específico. Tomar medidas de anchos, largos, altos, cielos y pisos falsos, ángulos, esquinas, etc.
- Es muy importante determinar qué tipo de riesgo se va a cubrir, esto desde el punto de tipo de materiales combustibles que se encuentran en esta área.
- Se deben tomar medidas de los volúmenes sólidos o cerrados dentro del recinto por proteger.
- Tomar mediciones de temperaturas máximas y mínimas con intervalos de 15 minutos entre una medición y otra, de manera que se pueda obtener una temperatura promedio del volumen.
- Observar si hay existencia de aberturas dentro del recinto donde en una eventual descarga del sistema pueda haber pérdidas de agente. Solicitar una prueba de estanqueidad.

Requerimientos del sistema a base de «NOVEC» 1230.

Es de mucha importancia siempre tener en cuenta los requerimientos del sistema que se va proponer, por eso se deben considerar los siguientes puntos.

- El espacio para la instalación de los cilindros puede ser considerable según el tamaño del recinto por cubrir. Inspeccionar el lugar para determinar si los tanques pueden instalarse dentro de este o bien afuera del sitio.

- La temperatura del volumen por cubrir (donde se haría una eventual inundación de agente) debe contar con un rango de temperaturas de operación de 32°F a 130°F (0°C a 54°C).
- Determinar si el piso donde se instalarían los cilindros de agente tiene la capacidad de soportar el peso de estos. Se puede asumir un peso de 500 lb/ft² para este requerimiento.
- La pared donde se van a sujetar los cilindros debe ser lo suficientemente robusta para poder anclar los soportes. Si es una pared liviana se debe considerar desde el diseño un reforzamiento de la zona.
- Si se requiere contar con una reserva de agente adicional, se debe contemplar un «manifold» en el diseño para poder instalar más de un tanque en la misma tubería.
- Si se requiere hacer una descarga de prueba, es muy importante contemplar desde el diseño un cilindro de la misma capacidad.

Requerimientos de alarma y actuador.

- Determinar si el sistema se activará de forma manual o automática.
- Acordar qué tipo de activación manual es requerida.
- El sistema tiene capacidad de cubrir múltiples zonas con un mismo cilindro, por esta razón se debe determinar si se requiere cubrir una única zona o varias simultáneamente o si se diseñará para áreas independientes.
- Se deben identificar las ubicaciones de las estaciones manuales.
- Es importante conocer si el sistema de detección de incendios es existente o si se tiene que proponer como parte del diseño.

Información sobre tuberías y cableados.

- Establecer la ubicación del cilindro para poder estimar las tuberías de descarga desde este punto, así como estimar los demás requerimientos.
- Visualizar el sitio para determinar las mejores rutas de tuberías y cableados.
- Realizar una revisión sobre posibles obstrucciones que puedan afectar las rutas del sistema.

Información sobre problemas de ventilación y fugas.

- Determinar si existen posibles aberturas o escapes en el sitio de riesgo.
- Si existen «dampers» o ventilas de ingreso o salida de aire hacia ductos, debe saberse si estos serán operados eléctricamente o neumáticamente y se contemplar los accesorios necesarios para dicho manejo.

Diseño del sistema y aplicación de métodos.

El único método aprobado por la norma NFPA 2001 y por los fabricantes de estos sistemas es el de total inundación del volumen, esto quiere decir que la única forma de garantizar el sistema en un eventual incendio es garantizando que la descarga pueda inundar todo el volumen en el tiempo y la concentración requerida.

Los siguientes pasos deben ser seguidos en el orden que se presentan para un apropiado diseño del sistema de supresión de incendios por medio del agente limpio «NOVEC» 1230.

Paso número 1, determinación del volumen de riesgo.

El primer paso para diseñar un sistema con «NOVEC» 1230, es calcular el volumen de cada área que se va a proteger. Para esto se debe medir el largo del cuarto y multiplicarlo por el ancho

del lugar, con esto tenemos el área, ahora se debe determinar cuál es la altura del recinto y multiplicarla con el área para obtener el volumen. Si el área tiene una forma irregular, entonces se seccionan las áreas o volúmenes en subespacios regulares y posteriormente sumarlos para determinar el volumen de riesgo total.

Si la forma del recinto irregular afecta la distribución regular del agente, entonces se deben considerar cada subespacio como un riesgo independiente e incluir boquillas de descarga en cada una de ellas.

Ejemplo

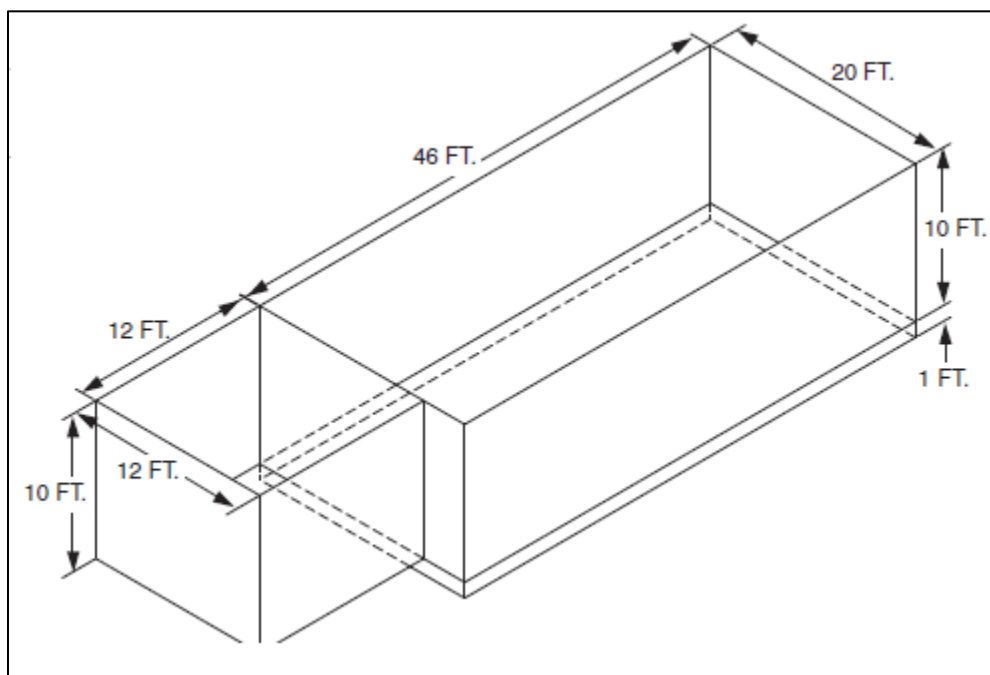


Figura 89. Figura de ejemplo para cálculo de volúmenes.

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul

Cálculo

Medidas recinto principal = 46 ft x 20 ft x 10 ft = 9200 cu ft

Medidas piso falso = 46 ft x 20 ft x 1 ft = 920 cu ft

Medidas «subrecinto» = 12 ft x 12 ft x 10 ft = 1440 cu ft

Volumen total = 9200 cu ft + 920 cu ft + 1440 cu ft = 11560 cu ft.

cu ft = pies cúbicos.

Paso número 2, determinación de volúmenes sólidos o estructuras permanentes.

Si en el área de riesgo existen volúmenes que no son removibles, se pueden reducir o restar del total del volumen calculado para el área de riesgo. Este volumen puede incluir columnas, secciones transversales, armarios, ductos de paso y cualquier otro objeto fijo que no vaya a ser removido de esta área.

Ejemplo

En el cálculo anterior del paso número 1, no existe ningún objeto que descontar al volumen total.

Paso número 3, cálculo de volumen reducido.

Una vez sustraído el volumen del objeto sólido permanente en el paso número 2, se debe hacer el ajuste en el volumen total mediante el siguiente cálculo:

Cálculo

Volumen total - volumen de objetos fijos = volumen reducido.

11560 cu ft. – 0 cu ft = 11560 cu ft.

Paso número 4, determinación de la mínima concentración de diseño.

El mínimo nivel de concentración de agente es determinado por las NFPA 2001, según la concentración requerida para el tipo de fluido escogido más un 20% de factor de seguridad para fuegos clase A y 30% para fuegos clase B.

La concentración de extinción es la concentración de agente requerida para poder extinguir un fuego dentro de un volumen. Los mínimos nivel de concentración requeridos para diseño se muestran en la siguiente tabla:

Class A Surface Fuels	4.2%
Class B Fuels	See Note 1*
Class C Fuels	4.2%

Tabla 12. Mínimos niveles de concentración por clasificación de combustibles.

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul

* Los porcentajes de concentración para combustibles clase B, pueden ser variables dependiendo el tipo de combustible para esta clase. El mínimo es 4.2%, pero algunos pueden requerir más, para esto se consulta al fabricante.

Paso número 5, determinación de la mínima cantidad de agente «NOVEC» 1230 es requerida.

Este paso es necesario para determinar cuanta cantidad de agente es requerida para proteger cada área de riesgo. La cantidad de agente calculada durante este paso es la mínima requerida, debe ser como mínima la calculada y puede ser superada, pero nunca inferior. Si no se respeta la cantidad de agente calculada en este paso, puede pasar que una eventual descarga durante un fuego no sea suficiente para suprimirlo.

Para poder estimar la cantidad de agente requerida, es necesario determinar previamente la temperatura más baja del recinto por proteger y determinar el tipo de riesgo que existe en el lugar desde el punto de vista de clasificación de combustibles.

La mínima temperatura en el ambiente es determinada durante la operación y condiciones normales del lugar. Esta temperatura se utiliza para diseñar en el “peor escenario”, esto significa que es el escenario en el que se utilizaría la mayor cantidad de agente.

Utilizando las dos variables anteriores se puede calcular el peso del agente requerido mediante las siguientes dos opciones:

Fórmula número 1, según NFPA 2001.

$$W = (V/S) \times (C/100-C)$$

W = Peso de agente requerido en libras (lb)

V = Volumen del riesgo por cubrir en (cu ft)

S = Volumen específico del vapor en (cu ft / lb), donde $S = 0.9856 + (0.002441 \times T)$

T = Temperatura de diseño en el área de riesgo a cubrir en °F

C = Porcentaje de concentración de diseño a la temperatura de diseño.

Opción número 2, por medio de tablas.

La segunda opción para calcular la cantidad de agente requerida consiste en utilizar factores preestablecidos en las tablas que se muestran a continuación y seguir el procedimiento.

TOTAL FLOODING QUANTITY (English Units)															
Temp. t (°F) ^b	Specific Vapor Volume s (ft ³ /lb) ^c	Weight Requirements of Hazard Volume, W/V (lb/ft ³) ^a													
		Design Concentration (% by volume)													
		4.2	4.5	5	5.5	5.85	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
-20	0.9368	0.0468	0.0503	0.0562	0.0621	0.0663	0.0681	0.0742	0.0803	0.0866	0.0928	0.0992	0.1056	0.1121	0.1186
-10	0.9612	0.0456	0.0490	0.0548	0.0606	0.0646	0.0664	0.0723	0.0783	0.0844	0.0905	0.0966	0.1029	0.1092	0.1156
0	0.9856	0.0445	0.0478	0.0534	0.0591	0.0630	0.0648	0.0705	0.0764	0.0823	0.0882	0.0943	0.1003	0.1065	0.1127
10	1.0100	0.0434	0.0467	0.0521	0.0576	0.0615	0.0632	0.0688	0.0745	0.0803	0.0861	0.0920	0.0979	0.1039	0.1100
20	1.0344	0.0424	0.0456	0.0509	0.0563	0.0601	0.0617	0.0672	0.0728	0.0784	0.0841	0.0898	0.0956	0.1015	0.1074
30	1.0588	0.0414	0.0445	0.0497	0.0550	0.0587	0.0603	0.0657	0.0711	0.0766	0.0821	0.0877	0.0934	0.0991	0.1049
40	1.0832	0.0405	0.0435	0.0486	0.0537	0.0574	0.0589	0.0642	0.0695	0.0749	0.0803	0.0858	0.0913	0.0969	0.1026
50	1.1077	0.0396	0.0425	0.0475	0.0525	0.0561	0.0576	0.0628	0.0680	0.0732	0.0785	0.0839	0.0893	0.0948	0.1003
60	1.1321	0.0387	0.0416	0.0465	0.0514	0.0549	0.0564	0.0614	0.0665	0.0716	0.0768	0.0821	0.0874	0.0927	0.0981
70	1.1565	0.0379	0.0407	0.0455	0.0503	0.0537	0.0552	0.0601	0.0651	0.0701	0.0752	0.0803	0.0855	0.0908	0.0961
80	1.1809	0.0371	0.0399	0.0446	0.0493	0.0526	0.0541	0.0589	0.0637	0.0687	0.0736	0.0787	0.0838	0.0889	0.0941
90	1.2053	0.0364	0.0391	0.0437	0.0483	0.0516	0.0530	0.0577	0.0624	0.0673	0.0721	0.0771	0.0821	0.0871	0.0922
100	1.2297	0.0357	0.0383	0.0428	0.0473	0.0505	0.0519	0.0565	0.0612	0.0659	0.0707	0.0755	0.0804	0.0854	0.0904
110	1.2541	0.0350	0.0376	0.0420	0.0464	0.0495	0.0509	0.0554	0.0600	0.0647	0.0693	0.0741	0.0789	0.0837	0.0886
120	1.2785	0.0343	0.0369	0.0412	0.0455	0.0486	0.0499	0.0544	0.0589	0.0634	0.0680	0.0727	0.0774	0.0821	0.0869
130	1.3029	0.0336	0.0362	0.0404	0.0447	0.0477	0.0490	0.0534	0.0578	0.0622	0.0667	0.0713	0.0759	0.0806	0.0853
140	1.3273	0.0330	0.0355	0.0397	0.0438	0.0468	0.0481	0.0524	0.0567	0.0611	0.0655	0.0700	0.0745	0.0791	0.0837
150	1.3518	0.0324	0.0349	0.0389	0.0431	0.0460	0.0472	0.0514	0.0557	0.0600	0.0643	0.0687	0.0732	0.0777	0.0822
160	1.3762	0.0319	0.0342	0.0382	0.0423	0.0452	0.0464	0.0505	0.0547	0.0589	0.0632	0.0675	0.0719	0.0763	0.0807
170	1.4006	0.0313	0.0336	0.0376	0.0416	0.0444	0.0456	0.0496	0.0537	0.0579	0.0621	0.0663	0.0706	0.0749	0.0793
180	1.4250	0.0308	0.0331	0.0369	0.0408	0.0436	0.0448	0.0488	0.0528	0.0569	0.0610	0.0652	0.0694	0.0737	0.0780
190	1.4494	0.0302	0.0325	0.0363	0.0402	0.0429	0.0440	0.0480	0.0519	0.0559	0.0600	0.0641	0.0682	0.0724	0.0767
200	1.4738	0.0297	0.0320	0.0357	0.0395	0.0422	0.0433	0.0472	0.0511	0.0550	0.0590	0.0630	0.0671	0.0712	0.0754
210	1.4982	0.0293	0.0315	0.0351	0.0388	0.0415	0.0426	0.0464	0.0502	0.0541	0.0580	0.0620	0.0660	0.0701	0.0742
220	1.5226	0.0288	0.0309	0.0346	0.0382	0.0408	0.0419	0.0457	0.0494	0.0533	0.0571	0.0610	0.0650	0.0689	0.0730

Tabla 13. Factor de inundación, sistema inglés.

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul

TOTAL FLOODING QUANTITY (SI UNITS)															
Temp. t (°C) ^b	Specific Vapor Volume s (m ³ /kg) ^c	Weight Requirements of Hazard Volume, W/V (kg/m ³) ^a													
		Design Concentration (% by volume) ^d													
		4.2	4.5	5	5.5	5.85	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
-20	0.0609	0.7197	0.7736	0.8640	0.9555	1.0200	1.0479	1.1413	1.2357	1.3311	1.4275	1.5250	1.6236	1.7233	1.8241
-17.7	0.0615	0.7123	0.7656	0.8552	0.9457	1.0096	1.0371	1.1296	1.2230	1.3174	1.4129	1.5094	1.6070	1.7056	1.8054
-15	0.0623	0.7039	0.7565	0.8450	0.9344	0.9976	1.0248	1.1161	1.2084	1.3018	1.3961	1.4915	1.5879	1.6853	1.7839
-10	0.0637	0.6887	0.7402	0.8268	0.9143	0.9761	1.0027	1.0921	1.1824	1.2737	1.3660	1.4593	1.5537	1.6490	1.7455
-5	0.0650	0.6742	0.7246	0.8094	0.8950	0.9555	0.9816	1.0690	1.1575	1.2469	1.3372	1.4285	1.5209	1.6143	1.7087
0	0.0664	0.6603	0.7096	0.7926	0.8765	0.9358	0.9613	1.0470	1.1336	1.2211	1.3096	1.3990	1.4895	1.5809	1.6734
5	0.0678	0.6469	0.6953	0.7766	0.8588	0.9168	0.9418	1.0258	1.1106	1.1964	1.2831	1.3707	1.4593	1.5489	1.6395
10	0.0691	0.6341	0.6815	0.7612	0.8417	0.8986	0.9232	1.0054	1.0886	1.1727	1.2576	1.3435	1.4304	1.5182	1.6070
15	0.0705	0.6217	0.6682	0.7464	0.8254	0.8812	0.9052	0.9859	1.0674	1.1498	1.2332	1.3174	1.4026	1.4887	1.5757
20	0.0719	0.6099	0.6555	0.7322	0.8096	0.8644	0.8879	0.9671	1.0471	1.1279	1.2096	1.2923	1.3758	1.4603	1.5457
21.1	0.0722	0.6073	0.6527	0.7291	0.8062	0.8607	0.8842	0.9630	1.0427	1.1232	1.2046	1.2869	1.3701	1.4542	1.5392
25	0.0733	0.5985	0.6432	0.7184	0.7945	0.8482	0.8713	0.9490	1.0275	1.1068	1.1870	1.2681	1.3500	1.4329	1.5167
30	0.0746	0.5875	0.6314	0.7052	0.7799	0.8326	0.8553	0.9315	1.0086	1.0865	1.1652	1.2448	1.3252	1.4066	1.4888
35	0.0760	0.5769	0.6200	0.6925	0.7658	0.8176	0.8399	0.9147	0.9904	1.0668	1.1442	1.2223	1.3013	1.3812	1.4620
40	0.0774	0.5666	0.6090	0.6802	0.7522	0.8031	0.8250	0.8985	0.9728	1.0479	1.1239	1.2006	1.2783	1.3567	1.4361
45	0.0787	0.5568	0.5984	0.6684	0.7391	0.7891	0.8106	0.8829	0.9559	1.0297	1.1043	1.1797	1.2560	1.3331	1.4111
50	0.0801	0.5472	0.5882	0.6570	0.7265	0.7756	0.7967	0.8677	0.9395	1.0121	1.0854	1.1595	1.2345	1.3103	1.3869
54.44	0.0813	0.5390	0.5794	0.6471	0.7156	0.7640	0.7848	0.8547	0.9254	0.9969	1.0691	1.1422	1.2160	1.2907	1.3661
55	0.0815	0.5380	0.5783	0.6459	0.7142	0.7625	0.7833	0.8531	0.9237	0.9950	1.0671	1.1400	1.2137	1.2882	1.3636
60	0.0829	0.5291	0.5687	0.6352	0.7024	0.7499	0.7704	0.8390	0.9084	0.9786	1.0495	1.1211	1.1936	1.2669	1.3410
65	0.0842	0.5205	0.5594	0.6249	0.6910	0.7377	0.7578	0.8253	0.8936	0.9626	1.0324	1.1029	1.1742	1.2463	1.3191
70	0.0856	0.5122	0.5505	0.6148	0.6799	0.7259	0.7457	0.8121	0.8793	0.9472	1.0158	1.0852	1.1554	1.2263	1.2980
75	0.0870	0.5041	0.5418	0.6052	0.6692	0.7144	0.7339	0.7993	0.8654	0.9323	0.9998	1.0681	1.1372	1.2070	1.2775
80	0.0883	0.4963	0.5334	0.5958	0.6588	0.7033	0.7225	0.7869	0.8520	0.9178	0.9843	1.0515	1.1195	1.1882	1.2577
85	0.0897	0.4887	0.5252	0.5866	0.6487	0.6926	0.7115	0.7749	0.8390	0.9038	0.9692	1.0355	1.1024	1.1701	1.2385
90	0.0911	0.4813	0.5173	0.5778	0.6390	0.6821	0.7008	0.7632	0.8263	0.8901	0.9547	1.0199	1.0858	1.1524	1.2198
95	0.0925	0.4742	0.5096	0.5692	0.6295	0.6720	0.6904	0.7519	0.8141	0.8769	0.9405	1.0047	1.0697	1.1353	1.2017
100	0.0938	0.4672	0.5022	0.5609	0.6203	0.6622	0.6803	0.7409	0.8022	0.8641	0.9267	0.9900	1.0540	1.1188	1.1842
105	0.0952	0.4605	0.4950	0.5528	0.6113	0.6527	0.6705	0.7302	0.7906	0.8517	0.9134	0.9758	1.0389	1.1026	1.1671
110	0.0966	0.4540	0.4879	0.5450	0.6027	0.6434	0.6609	0.7199	0.7794	0.8396	0.9004	0.9619	1.0241	1.0870	1.1505
115	0.0979	0.4476	0.4811	0.5374	0.5942	0.6344	0.6517	0.7098	0.7685	0.8278	0.8878	0.9485	1.0098	1.0718	1.1344
120	0.0993	0.4414	0.4744	0.5299	0.5860	0.6256	0.6427	0.7000	0.7579	0.8164	0.8756	0.9354	0.9958	1.0570	1.1188
125	0.1007	0.4354	0.4680	0.5227	0.5780	0.6171	0.6339	0.6904	0.7475	0.8053	0.8636	0.9226	0.9823	1.0426	1.1035
130	0.1021	0.4296	0.4617	0.5157	0.5703	0.6088	0.6254	0.6812	0.7375	0.7945	0.8520	0.9102	0.9691	1.0285	1.0887

Tabla 14. Factor de inundación, sistema internacional.

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul

Tal como se mencionaba anteriormente, este método consiste en determinar mediante las tablas 13 y 14, el factor por utilizar.

Pasos por seguir.

Ubicar en la primera columna de la izquierda la mínima temperatura del ambiente y luego desplazarse hasta la derecha y buscar el valor correspondiente para el porcentaje de concentración que se utilizará según el tipo de riesgo por cubrir.

Nota: si el valor mínimo de temperatura del ambiente o el valor de concentración no se encuentra en las tablas, entonces se debe interpolar para determinar el valor correcto.

Una vez determinado el factor de inundación en las tablas correspondientes (13 o 14), este valor se multiplica por el volumen reducido, calculado en los primeros pasos.

Se deben completar todos estos pasos para cada uno de los volúmenes de riesgo por calcular.

Ejemplo.

Temperatura mínima del ambiente = 60 °F.

Porcentaje de concentración = 4.2 %

Factor de inundación ubicado = 0.0387

Cálculo.

Medidas recinto principal = 9200 cu ft x 0.0387 = 356.0 lb de agente «NOVEC» 1230.

Medidas piso falso = 920 cu ft x 0.0387 = 35.6 lb de agente «NOVEC» 1230.

Medidas «subrecinto» = 1440 cu ft x 0.0387 = 55.8 lb de agente «NOVEC» 1230

Paso número 6, factor de corrección de cantidad de agente por altitud.

Es necesario aplicar un factor de corrección para ajustar la cantidad inicial de agente «NOVEC» 1230 requerido, esto debido a los efectos de la altitud.

Un incremento en la altitud puede causar que el agente se expanda y requiera de mayor espacio y si la altitud decrece puede causar el efecto contrario, es decir se ocupa más agente para llenar el mismo volumen.

Para el cálculo de esta corrección se debe utilizar la siguiente tabla:

NOVEC™ 1230 AGENT ATMOSPHERIC CORRECTION FACTORS (NFPA 2001)		
<u>Equivalent Altitude</u>	<u>Enclosure Pressure</u>	<u>Atmospheric Correction Factor</u>
-3,000 ft (914 m)	16.25 psia (84.0 cm Hg)	1.11
-2,000 ft (609 m)	15.71 psia (81.2 cm Hg)	1.07
-1,000 ft (305 m)	15.23 psia (78.7 cm Hg)	1.04
0 ft (000 m)	14.71 psia (76.0 cm Hg)	1.00
1,000 ft (305 m)	14.18 psia (73.3 cm Hg)	0.96
2,000 ft (609 m)	13.64 psia (70.5 cm Hg)	0.93
*3,000 ft (914 m)	13.12 psia (67.8 cm Hg)	0.89
4,000 ft (1220 m)	12.58 psia (65.0 cm Hg)	0.86
5,000 ft (1524 m)	12.04 psia (62.2 cm Hg)	0.82
6,000 ft (1829 m)	11.53 psia (59.6 cm Hg)	0.78
7,000 ft (2133 m)	11.03 psia (57.0 cm Hg)	0.75
8,000 ft (2438 m)	10.64 psia (55.0 cm Hg)	0.72
9,000 ft (2743 m)	10.22 psia (52.8 cm Hg)	0.69
10,000 ft (3048 m)	9.77 psia (50.5 cm Hg)	0.66

*Note: On systems between +3000 ft (914 m) and -3000 ft (914 m), using the Atmospheric Correction Factor is optional.

Tabla 15. Factores de corrección por altitud.

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul

Ejemplo.

La altitud de lugar donde se encuentra el riesgo es de 4000 ft. Para esta altitud según la tabla número 15, el factor de corrección sería 0.86.

Calculo.

Medidas recinto principal = 356.0 lb de agente «NOVEC» 1230 x 0.86 = 306.2 lb de agente.

Medidas piso falso = 35.6 lb de agente «NOVEC» 1230 x 0.86 = 30.6 lb de agente.

Medidas «subrecinto» = 55.8 lb de agente «NOVEC» 1230 x 0.86 = 47.9 lb de agente.

Paso número 7, determinación de la cantidad total de agente requerida.

Estimar la cantidad de agente para el total de las áreas es requerido para cuantificar el sistema total.

Cálculo. 306.2 lb + 30.6 lb + 47.9 lb = 384.7 lb de agente.

Paso número 8, determinación de la cantidad de tanques requeridos.

Para determinar el número de tanques requerido, se divide la cantidad de agente del total del sistema entre la capacidad de cada tanque, se debe escoger la capacidad inmediata superior entre las opciones de tanques disponibles.

Las capacidades de los tanques disponibles se encuentran en la siguiente tabla, así como los márgenes mínimos y máximos de llenado para cada uno de ellos.

Nota: para sistemas donde se requiera utilizar un «manifold» para conectar varios tanques, estos tendrán la misma capacidad.

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

Tabla 16. Capacidades nominales de los tanques y su rango de llenado.

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul.

Cálculo.

Se debe estimar el porcentaje de agente que requiere cada subárea con respecto al total el volumen.

% de gente por riesgo = volumen de subárea / suma de todos los volúmenes

Recinto principal = 9200 cu ft / 11560 cu ft = 79.58%

Piso falso = 920 cu ft / 11560 cu ft = 7.95%

«Subrecinto» = 1140 cu ft / 11560 cu ft = 12.45%

Como se puede notar, en el cálculo del piso falso el porcentaje es menor al 10% del total del volumen, por lo que requiere un tanque separado, esto por limitaciones hidráulicas.

Por lo anterior, se debe repetir el cálculo excluyendo el volumen del piso falso.

Recinto principal = 9200 cu ft / 10640 cu ft = 86.47%

«Subrecinto» = 1140 cu ft / 10640 cu ft = 13.53%

Piso falso = 920 cu ft / 920 cu ft = 100%

Para determinar la cantidad y tamaño de los tanques se suma la cantidad de agente por cada uno de los recintos que si pueden estimarse en conjunto.

306.2 lb Recinto principal + 47.9 lb «subrecinto» = 354 lb redondeado hacia arriba 355 lb de agente.

30.6 lb piso falso = 30.6 lb redondeado hacia arriba 31 lb de agente.

Con estos datos calculados, se revisa la tabla número 16, y se determina que se requieren dos tanques de las siguientes dimensiones:

1 x 390 lb.

1 x 50 lb.

Paso 9, determinación de la concentración de agente a máxima temperatura.

En este paso se estima la concentración de diseño en el área por proteger utilizando el volumen reducido y la cantidad de agente por área, pero a la máxima temperatura de ambiente. Es necesario asegurarse que no se va a sobre concentrar el nivel de agente en el área debido al agente adicional calculado para cada área, debido al incremento del volumen causado por el incremento de la temperatura.

Ejemplo.

Máxima temperatura de ambiente = 80°F.

Se utiliza la siguiente fórmula: $C = (100 \times W) / ((V/S) + W)$.

Donde:

W = Cantidad de agente calculado en lbs

V = Volumen del riesgo en cu ft

S = Volumen específico del vapor en cu ft / lb, donde $S = 0.9586 + 0.002447 \times T$

C = Concentración de diseño de «NOVEC» 1230 a máxima temperatura.

Luego de realizar este cálculo, se divide el resultado de “C”, entre el factor de corrección por altitud, de esto se obtiene el porcentaje de concentración a máxima temperatura.

Cálculo.

- Recinto principal

$$C = (100 (306.2 \text{ lb})) / ((9200 \text{ cu ft} / 1.181 \text{ cu ft} / \text{lb}) + 306.2 \text{ lb}) = 3.8\%$$

$$\text{Concentración de diseño} = 3.8 \% / 0.86 \text{ (factor de corrección por altitud)} = 4.4\%$$

- «Subrecinto»

$$C = (100 (47.9 \text{ lb})) / ((1440 \text{ cu ft} / 1.181 \text{ cu ft} / \text{lb}) + 47.9 \text{ lb}) = 3.8\%$$

$$\text{Concentración de diseño} = 3.8 \% / 0.86 \text{ (factor de corrección por altitud)} = 4.4\%.$$

- Piso falso

$$C = (100 (31 \text{ lb})) / ((920 \text{ cu ft} / 1.181 \text{ cu ft} / \text{lb}) + 31 \text{ lb}) = 3.8\%$$

$$\text{Concentración de diseño} = 3.8 \% / 0.86 \text{ (factor de corrección por altitud)} = 4.4\%.$$

Paso número 10, verificación que el porcentaje de concentración esté entre 4.2 % y 10 %.

Este paso es utilizado para verificar el peor escenario de la concentración de diseño y que no exceda los límites de supresión de fuego en el escenario más bajo, pero que tampoco comprometa una vida en el escenario más alto.

Según la norma NFPA 2001, establece que los sitios donde es aplicable los sistemas de supresión por medio de agente limpio e inundación total, no son sitios normalmente ocupados por personas. Para mayor información se puede referir a la NFPA 2001, párrafo 1-6.1.3-

Ejemplo.

Las concentraciones calculadas de 4.4% se encuentran dentro del rango aceptable de 4.2% y 10%.

Paso número 11, determinación de la cantidad de boquillas de descarga.

La cantidad de boquillas puede ser determinada por varios factores, como las dimensiones, forma del área de riesgo, altura de cielos, rangos de flujo a través de las boquillas, disponibilidad de orificios, etc.

En las figuras 90 y 91 que corresponden a las boquillas de 360° y 180° respectivamente, se muestran los posibles anchos y largos que cada boquilla puede cubrir.

Los rectángulos están determinados por la máxima área de cobertura, para las boquillas de 360° es un área de 1800 sq ft (167.2 m²) y con un radio de 30 ft (9.1 m) y para las boquillas de 180° es un radio de 49.25 ft (15.0 m).

Nota: ningún sistema puede pasar un máximo de 20 boquillas en total.

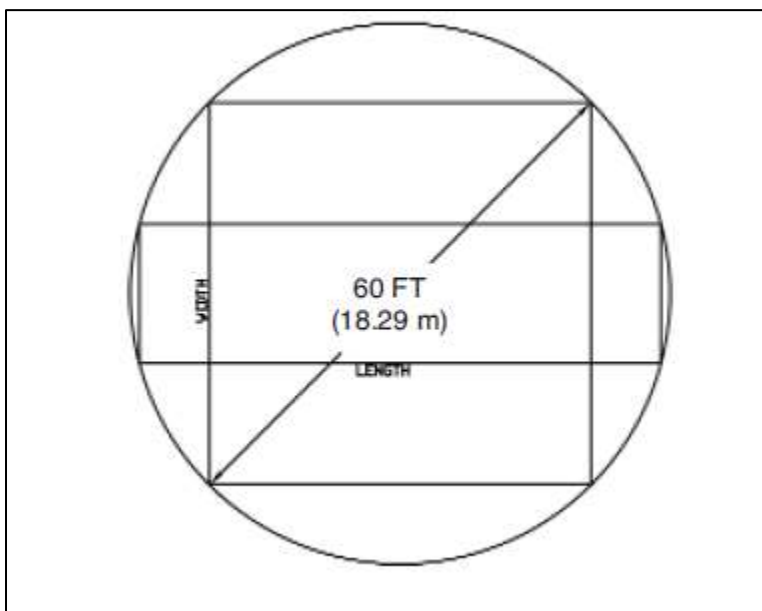


Figura 90. Posibles coberturas de la boquilla de 360°

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul.

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

Tabla 17. Cobertura compatible con las boquillas de 360°.

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul.

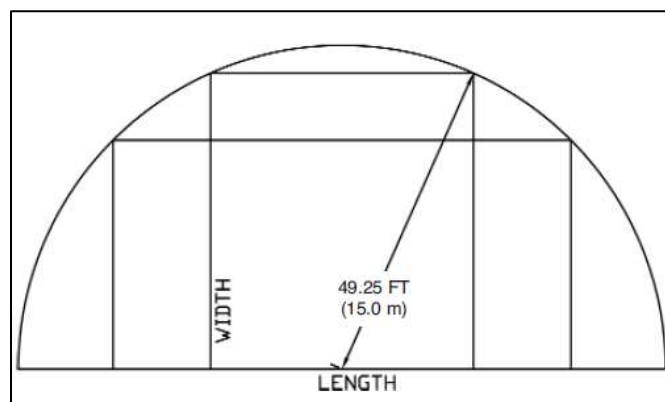


Figura 91. Posibles coberturas de la boquilla de 180°

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul.

180° Nozzle Coverage Capability					
Length ft	Width ft	Length ft	Width ft	Length ft	Width ft
4	98	39	45	68	26
6	97	40	45	69	26
8	97	41	43	70	25
10	96	42	42	71	25
12	95	43	41	72	25
14	94	44	40	73	24
16	93	45	40	74	24
17	92	46	39	75	24
18	91	47	38	76	23
19	90	48	37	77	23
20	90	49	36	78	23
21	85	50	36	79	22
22	81	51	35	80	22
23	78	52	34	81	22
24	75	53	33	82	21
25	72	54	33	83	21
26	69	55	32	84	21
27	66	56	32	85	21
28	64	57	31	86	20
29	62	58	31	87	20
30	60	59	30	88	20
31	58	60	30	89	20
32	56	61	29	90	20
33	54	62	29	91	19
34	52	63	28	92	17
35	51	64	28	93	16
36	50	65	27	94	14
37	48	66	27	95	13
38	47	67	26	96	11

Tabla 18. Cobertura compatible con las boquillas de 180°.

Fuente: Literatura Sapphire de Ansul.

Requerimientos de las boquillas de 360°.

- La máxima área de cobertura de la boquilla es de 1800 sq ft (167.2 m²).
- El máximo radio por boquilla es de 30 ft (9.1 m). Esta distancia debe ser medida del punto más lejano del área a proteger.
- La boquilla debe instalarse lo más cercano al centro posible del área o riesgo a cubrir. En casos donde se requiera más de una boquilla, las distancias entre cada una deben ser lo consistente posible.

Requerimientos de las boquillas de 180°.

- La máxima área de cobertura de la boquilla es de 1800 sq ft (167.2 m²).
- El máximo radio por boquilla es de 49.25 ft (15 m). Esta distancia debe ser medida del punto más lejano del área a proteger.
- La boquilla debe instalarse al menos a 12 in (305 mm) de la pared del área por cubrir.
- La boquilla deberá instalarse en el centro de la pared, de forma tal que la distancia en cada uno de sus 90° sea igual.

Requerimientos en común para cualquier boquilla.

- La máxima altura de instalación permitida para una única fila de boquillas deberá ser de 14 ft (4.3 m), medidos desde la parte superior del piso. Para cielos de mayor altura a los 14 ft, deberá contemplarse otra fila de boquillas.
- Las boquillas siempre deben estar dentro del área a cubrir, siempre lo más centras posibles ya sean de 360° o 180°. Si existen contenidos separados o áreas parciales como por ejemplo un piso falso, debe contemplarse una boquilla adicional.
- Si el volumen a cubrir tiene una forma extremadamente irregular, se recomienda incluir una boquilla adicional para asegurar el desplazamiento uniforme del agente.

Equipos mínimos necesarios que requiere cualquier sistema de supresión por medio de agente limpio.

El siguiente listado es estándar que muestra las descripciones de los equipos mínimos que se deben contemplar en un sistema de supresión por medio de agente limpio «NOVEC» 1230.

ESTACION MANUAL DE DESCARGA
MÓDULO DE MONITOREO
MÓDULO DE DESCARGA
ESTACIÓN DE ABORTO
ESTACIÓN DE MANTENIMIENTO
CAMPANA
SIRENA CON ESTROBO
PROTECTOR DE ESTACIÓN MANUAL
CILINDRO DE AGENTE LIMPIO CON ACCESORIOS
AGENTE LIMPIO «NOVEC» 1230 (LBS)
ABRAZADERA CILINDRO
INDICADOR DE POSICIÓN DE VÁLVULA
ACTUADOR ELÉCTRICO
ACTUADOR MANUAL
BOQUILLA 360° O 180°
AVISO DE ADVERTENCIA EN INTERIOR DEL CUARTO (IDIOMA INGLÉS)
AVISO DE ADVERTENCIA EN EXTERIOR DEL CUARTO (IDIOMA INGLÉS)
«SWITCH» DE BAJA PRESIÓN
MANGUERA FLEXIBLE DE DESCARGA

Tabla 19. Equipos mínimos necesarios.

Fuente: Johnson Controls Costa Rica.

Recomendaciones generales.

Máxima distancia de tubería ced 40 para la línea de actuadores en múltiples tanques.

Esta distancia no deberá ser mayor a los 120 ft (36.6 m).

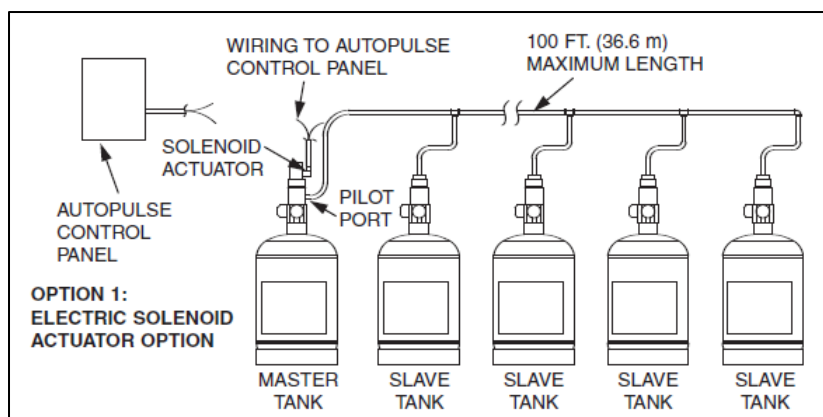


Figura 92. Máxima distancia de tubería de línea de actuadores.

Fuente: Literatura Sapphire Ansul.

Cantidad máxima de tanques en fila.

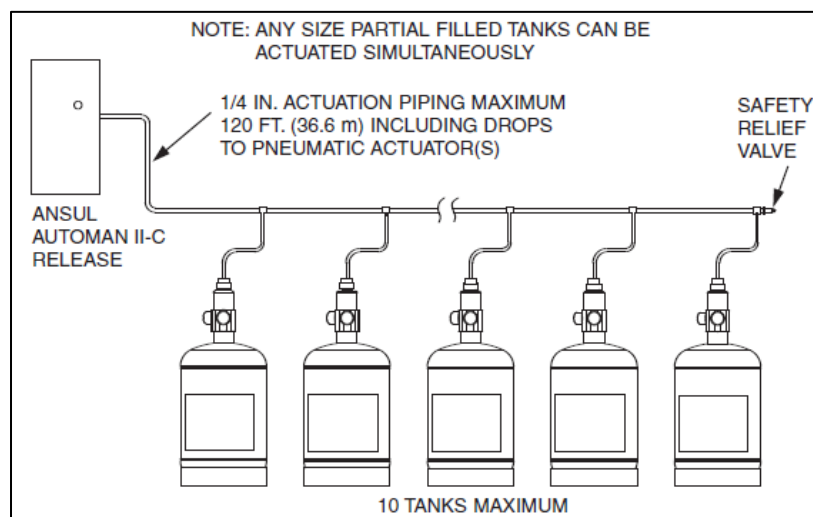


Figura 93. Cantidad máxima de tanques en fila.

Fuente: Literatura Sapphire Ansul.

Recomendaciones para la figuración de tuberías y accesorios.

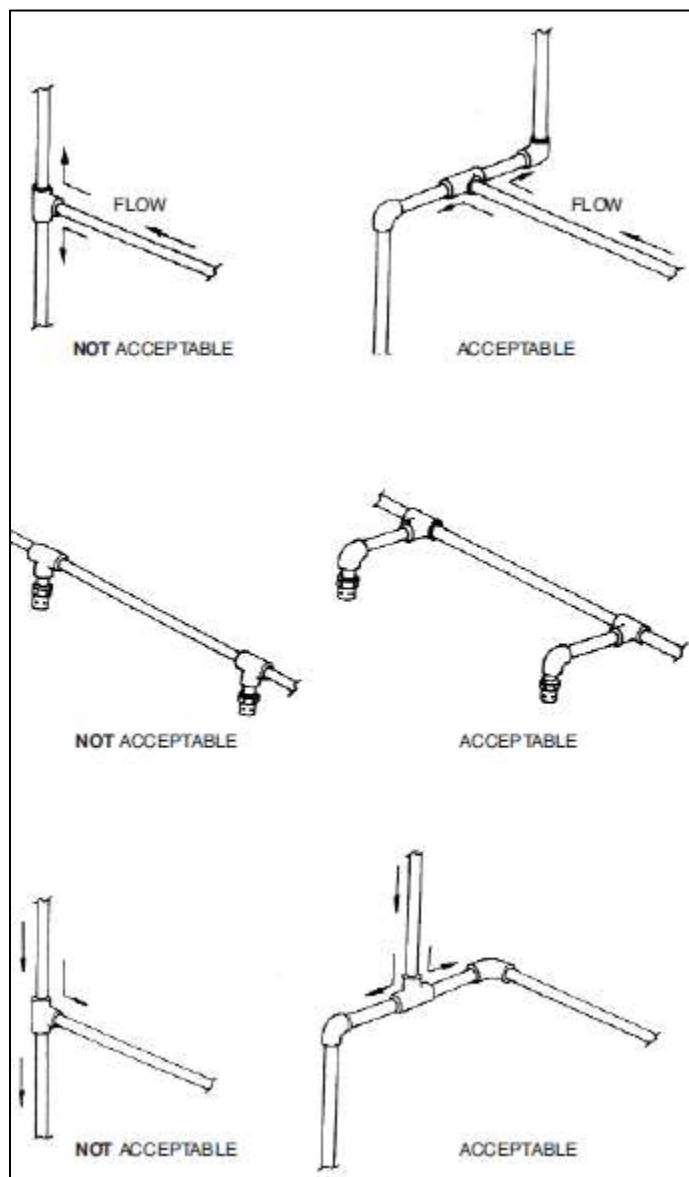


Figura 94. Recomendaciones para la figuración de tuberías.

Fuente: Literatura Sapphire Ansul.

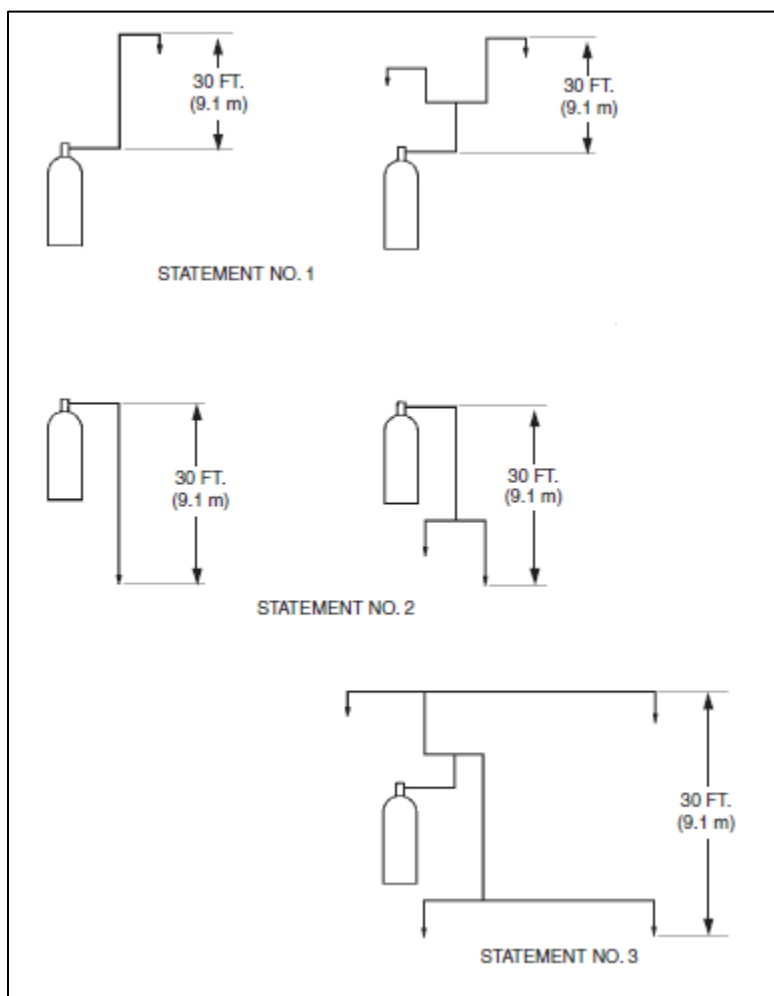


Figura 95. Figuración de tubería respecto a la ubicación del cilindro.

Fuente: Literatura Sapphire Ansul.

Costos de referencia para sistemas para calculados para distintos volúmenes.

Nota: los costos no incluyen mano de obra ni panel principal, ya que son montos que se calculan con las características específicas de cada edificio y sistema.

Cuarto número 1, con dimensiones de área 13.5 m², altura 2.65 m, volumen 35.775 m³.

1 // Suministro de Equipos CUARTO 1								
1,01	4099-9015	ESTACION MANUAL DE DESCARGA	SIMPLEX	UND	1	\$	38,12	\$ 38,12
1,02	4090-9001	MÓDULO DE MONITOREO	SIMPLEX	UND	3	\$	18,74	\$ 56,22
1,03	4090-9006	MÓDULO DE DESCARGA	SIMPLEX	UND	1	\$	227,13	\$ 227,13
1,04	2080-9057	ESTACIÓN DE ABORTO	SIMPLEX	UND	1	\$	124,89	\$ 124,89
1,05	2080-9070	ESTACIÓN DE MANTENIMIENTO	SIMPLEX	UND	1	\$	188,61	\$ 188,61
1,06	INT-GB6-24	CAMPANA	SIMPLEX	UND	1	\$	28,37	\$ 28,37
1,07	4906-9127	SIRENA CON ESTROBO	SIMPLEX	UND	1	\$	35,48	\$ 35,48
1,08	STI-13210FR	PROTECTOR ESTACIÓN MANUAL	STI	UND	1	\$	57,69	\$ 57,69
1,09	570634	CILINDRO DE AGENTE LIMPIO DE 90 LBS CON ACCESORIOS	ANSUL	UND	1	\$	1 772,46	\$ 1 772,46
1,10	OP0020	AGENTE LIMPIO «NOVEC» 1230 (LBS)	ANSUL	UND	48	\$	24,95	\$ 1 197,60
1,11	570085	ABRAZADERA CILINDRO	ANSUL	UND	1	\$	76,40	\$ 76,40
1,12	441871	INDICADOR DE POSICIÓN DE VÁLVULA	ANSUL	UND	1	\$	63,92	\$ 63,92
1,13	570537	ACTUADOR ELECTRICO	ANSUL	UND	1	\$	444,32	\$ 444,32
1,14	570549	ACTUADOR MANUAL	ANSUL	UND	1	\$	137,20	\$ 137,20
1,15	570604	BOQUILLA 1" 360°	ANSUL	UND	1	\$	137,20	\$ 137,20
1,16	570581	AVISO DE ADVERTENCIA EN INTERIOR DEL CUARTO (IDIOMA INGLÉS)	ANSUL	UND	1	\$	26,51	\$ 26,51
1,17	570580	AVISO DE ADVERTENCIA EN EXTERIOR DEL CUARTO (IDIOMA INGLÉS)	ANSUL	UND	1	\$	22,61	\$ 22,61
1,19	570585	«SWITCH» DE BAJA PRESIÓN	ANSUL	UND	1	\$	92,77	\$ 92,77
1,20	570539	MANGUERA FLEXIBLE DE DESCARGA	ANSUL	UND	1	\$	73,67	\$ 73,67
1,21	SR- 000118	MATERIALES (TUBERÍA HG CED 40, TUBERÍA EMT, CABLEADO 16 AWG FPLR)	JCI	UND	1	\$	926, 01	\$ 926, 01
1,22	RE- 000030	MANO DE OBRA POR INSTALACION DE EQUIPOS	JCI	UND	1	\$	731,67	\$ 731,67
1,23	RE- 000031	PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	JCI	UND	1	\$	1230,05	\$ 1230,05
// Subtotal Suministro de Equipos CUARTO 1								\$ 7 688,90

Tabla 20. Presupuesto de referencia 1.

Fuente: Johnson Controls Costa Rica.

Cuarto número 2, con dimensiones de área 24.9 m², altura 2.65 m, volumen 65.985 m³.

2		// Suministro de Equipos CUARTO 2							
2,01	4099-9015	ESTACION MANUAL DE DESCARGA	SIMPLEX	UND	1	\$ 35,66	\$ 35,66		
2,02	4090-9001	MÓDULO DE MONITOREO	SIMPLEX	UND	1	\$ 16,17	\$ 16,17		
2,03	4090-9006	MÓDULO DE DESCARGA	SIMPLEX	UND	1	\$ 196,00	\$ 196,00		
2,04	2080-9057	ESTACIÓN DE ABORTO	SIMPLEX	UND	1	\$ 107,78	\$ 107,78		
2,05	2080-9070	ESTACIÓN DE MANTENIMIENTO	SIMPLEX	UND	1	\$ 162,76	\$ 162,76		
2,06	INT-GB6-24	CAMPANA	SIMPLEX	UND	1	\$ 24,49	\$ 24,49		
2,07	4906-9127	SIRENA CON ESTROBO	SIMPLEX	UND	1	\$ 30,62	\$ 30,62		
2,08	STI-13210FR	PROTECTOR ESTACIÓN MANUAL	STI	UND	1	\$ 57,69	\$ 57,69		
2,09	570638	CILINDRO DE AGENTE LIMPIO DE 140 LBS CON ACCESORIOS	ANSUL	UND	1	\$ 2 671,23	\$ 2 671,23		
2,10	OP0020	AGENTE LIMPIO «NOVEC» 1230 (LBS)	ANSUL	UND	89	\$ 24,95	\$ 2 220,55		
2,11	570092	ABRAZADERA CILINDRO	ANSUL	UND	1	\$ 78,74	\$ 78,74		
2,12	441871	INDICADOR DE POSICIÓN DE VÁLVULA	ANSUL	UND	1	\$ 63,92	\$ 63,92		
2,13	570537	ACTUADOR ELECTRICO	ANSUL	UND	1	\$ 444,32	\$ 444,32		
2,14	570549	ACTUADOR MANUAL	ANSUL	UND	1	\$ 137,20	\$ 137,20		
2,15	570605	BOQUILLA 1.25" 360°	ANSUL	UND	1	\$ 143,43	\$ 143,43		
2,16	570581	AVISO DE ADVERTENCIA EN INTERIOR DEL CUARTO (IDIOMA INGLÉS)	ANSUL	UND	1	\$ 26,51	\$ 26,51		
2,17	570580	AVISO DE ADVERTENCIA EN EXTERIOR DEL CUARTO (IDIOMA INGLÉS)	ANSUL	UND	1	\$ 22,61	\$ 22,61		
2,19	570585	«SWICHT» DE BAJA PRESIÓN	ANSUL	UND	1	\$ 92,77	\$ 92,77		
2,20	570538	MANGUERA FLEXIBLE DE DESCARGA	ANSUL	UND	1	\$ 413,14	\$ 413,14		
1,21	SR- 000118	MATERIALES (TUBERÍA HG CED 40, TUBERÍA EMT, CABLEADO 16 AWG FPLR)	JCI	UND	1	\$ 926, 01	\$ 926, 01		
1,22	RE- 000030	MANO DE OBRA POR INSTALACIÓN DE EQUIPOS	JCI	UND	1	\$ 731,67	\$ 731,67		
1,23	RE- 000031	PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	JCI	UND	1	\$ 1230,05	\$ 1230,05		
// Subtotal Suministro de Equipos CUARTO 2							\$ 9 833,32		

Tabla 21. Presupuesto de referencia 2.

Fuente: Johnson Controls Costa Rica.

Cuarto número 3, con dimensiones de área 14.8 m², altura 2.65 m, volumen 39.22 m³.

3		// Suministro de Equipos CUARTO 3							
3,01	4099-9015	ESTACION MANUAL DE DESCARGA	SIMPLEX	UND	1	\$ 35,66	\$ 35,66		
3,02	4090-9001	MÓDULO DE MONITOREO	SIMPLEX	UND	3	\$ 16,17	\$ 48,51		
3,03	4090-9006	MÓDULO DE DESCARGA	SIMPLEX	UND	1	\$ 196,00	\$ 196,00		
3,04	2080-9057	ESTACIÓN DE ABORTO	SIMPLEX	UND	1	\$ 107,78	\$ 107,78		
3,05	2080-9070	ESTACIÓN DE MANTENIMIENTO	SIMPLEX	UND	1	\$ 162,76	\$ 162,76		
3,06	INT-GB6-24	CAMPANA	SIMPLEX	UND	1	\$ 24,49	\$ 24,49		
3,07	4906-9127	SIRENA CON ESTROBO	SIMPLEX	UND	1	\$ 30,62	\$ 30,62		
3,08	STI-13210FR	PROTECTOR ESTACIÓN MANUAL	STI	UND	1	\$ 57,69	\$ 57,69		
3,09	570634	CILINDRO DE AGENTE LIMPIO DE 90 LBS CON ACCESORIOS	ANSUL	UND	1	\$ 1 772,46	\$ 1 772,46		
3,10	OP0020	AGENTE LIMPIO «NOVEC» 1230 (LBS)	ANSUL	UND	53	\$ 24,95	\$ 1 322,35		
3,11	570085	ABRAZADERA CILINDRO	ANSUL	UND	1	\$ 76,40	\$ 76,40		
3,12	441871	INDICADOR DE POSICIÓN DE VÁLVULA	ANSUL	UND	1	\$ 63,92	\$ 63,92		
3,13	570537	ACTUADOR ELECTRICO	ANSUL	UND	1	\$ 444,32	\$ 444,32		
3,14	570549	ACTUADOR MANUAL	ANSUL	UND	1	\$ 137,20	\$ 137,20		
3,15	570604	BOQUILLA 1" 360°	ANSUL	UND	1	\$ 137,20	\$ 137,20		
3,16	570581	AVISO DE ADVERTENCIA EN INTERIOR DEL CUARTO (IDIOMA INGLÉS)	ANSUL	UND	1	\$ 26,51	\$ 26,51		
3,17	570580	AVISO DE ADVERTENCIA EN EXTERIOR DEL CUARTO (IDIOMA INGLÉS)	ANSUL	UND	1	\$ 22,61	\$ 22,61		
3,18	437900	«SWITCH» DE DESCARGA	ANSUL	UND	1	\$ 328,96	\$ 328,96		
3,19	570585	«SWITCH» DE BAJA PRESIÓN	ANSUL	UND	1	\$ 92,77	\$ 92,77		
3,20	570539	MANGUERA FLEXIBLE DE DESCARGA	ANSUL	UND	1	\$ 73,67	\$ 73,67		
1,21	SR- 000118	MATERIALES (TUBERÍA HG CED 40, TUBERÍA EMT, CABLEADO 16 AWG FPLR)	JCI	UND	1	\$ 926, 01	\$ 926, 01		
1,22	RE- 000030	MANO DE OBRA POR INSTALACIÓN DE EQUIPOS	JCI	UND	1	\$ 731,67	\$ 731,67		
1,23	RE- 000031	PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	JCI	UND	1	\$ 1230,05	\$ 1230,05		
							\$	8 049,61	

Tabla 22. Presupuesto de referencia 3.

Fuente: Johnson Controls Costa Rica.

REFERENCIAS

3M. (2012). *Ficha Técnica NOVEC 1230 (FK 5-1-12)*.

3m. (s.f.). *Fire Suppression - 3M NOVEC 1230 (FK 5-1-12)*. Obtenido de https://www.3m.com/3M/en_US/novec-us/applications/fire-suppression/

ANSUL. (s.f.). *SAPPHIRE Systems - Ansul*. Obtenido de <https://www.ansul.com/en/us/pages/ProductDetail.aspx?productdetail=SAPPHIRE+Systems>

Bracho, A. S. (Marzo de 2012). *Diseño y Propuesta Sistema Detección, Alarma y Control de Incendios*. Quito, Ecuador.

Colegio de Ingenieros Electricistas, M. e. (2018). *CIEMI*.

DEMSA. (2011).

E.P.A, U. . (s.f.).

ExPower. (s.f.). *Expower*. Obtenido de <http://www.expower.es/triangulo-tetraedro-fuego.htm>

Extintores, M. (2017).

Ferretero, E. (2017).

Literatura, K. (s.f.).

Literatura, S. (s.f.). *Simple-fire.com*.

Nación, L. (2016). *El Teatro Nacional corre para protegerse contra incendios*.

NFPA 13. (2013).

NFPA 2001. (2012).

NFPA 2001. (2012). *NOAEL*.

NFPA. (2013).

NFPA. (2017). National Fire Protection Assciation .

PINZÓN, J. A. (2017). DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE EXTINCIÓN Y DETECCIÓN. *Tesis*. Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

Rodríguez, A. N. (2008). *INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS*.

Senecal, J. A. (2013). *NFPA Journal Latinoamericano*.

Wikipedia Enciclopedia Libre. (16 de Febrero de 2018). *es.wikipedia.org*. Obtenido de [es.wikipedia.org: https://es.wikipedia.org/wiki/Novec_1230](https://es.wikipedia.org/wiki/Novec_1230)

APÉNDICES

Brochur técnico sistema Sapphire de Ansul



For Total Fire Suppression & Building Protection

SISTEMAS DE SUPRESIÓN DE INCENDIOS MEDIANTE AGENTE LIMPIO SAPPHIRE™

Datos/Especificaciones

CARACTERÍSTICAS

- Listado por UL/ULC
- Homologado por FM
- ▶ Inundación total eficaz en fuegos de clase A, B y C
- Agente limpio adecuado para la protección de activos de gran valor
- Alternativa sostenible a largo plazo frente al halón, HFC y PFC

APLICACIÓN

- ▶ El sistema de supresión de incendios con agente limpio ANSUL
- ▶ SAPPHIRE™ utiliza el líquido de protección contra incendios 3M™ NOVEC™ 1230 como agente extintor. El líquido NOVEC 1230 puede ser aplicado de manera eficaz en aplicaciones de supresión de incendios de inundación total en las siguientes áreas:
 - Centros de procesamiento de datos
 - Almacenamiento por cartuchos de cinta
 - Bóvedas
 - Zonas de equipos electrónicos normalmente ocupadas o no ocupadas en las que dichos equipos sean muy sensibles o irremplazables
 - Salas de telecomunicaciones, incluidos los centros de tecnología móvil y los de conmutación
 - Sistemas militares, incluidos los vehículos de combate y las salas de máquinas de buques
 - Transporte, incluidos los buques de la marina mercante y los vehículos de transporte colectivo de pasajeros
 - Aplicaciones recreativas, como embarcaciones de placer y coches de carreras

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

- ▶ El sistema de supresión de incendios SAPPHIRE utiliza el líquido NOVEC 1230. Este líquido posee un potencial nulo de agotamiento de la capa de ozono, una duración en la atmósfera de sólo cinco días y un potencial de calentamiento global de 1.0. El líquido NOVEC 1230 está registrado con la Agencia de Protección Medioambiental de EE. UU. de acuerdo con la TSCA (Ley de control de sustancias tóxicas) y ELINCS (Lista Europea de Sustancias Químicas Notificadas). Este líquido cumple los requisitos para su registro de acuerdo con la política SNAP (Programa de nuevas alternativas significativas) y está aprobado para su uso como alternativa al halón 1301 para aplicaciones de inundación en espacios ocupados.

DESCRIPCIÓN

- ▶ El sistema SAPPHIRE es un sistema automático de supresión de incendios de boquilla fija que utiliza el líquido de protección contra incendios NOVEC 1230 para fuegos de clase A, B y C.

Este sistema está diseñado y se instala de acuerdo con la norma 2001 de la National Fire Protection Association (NFPA): "Sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios". Está listado por Underwriters Laboratories, Inc. (UL) y Underwriters Laboratories de Canadá (ULC), y homologado por Factory Mutual (FM).

El sistema puede llevar a cabo una detección y una activación automática y/o una activación manual a distancia.

- ▶ La función de detección del sistema de supresión de incendios proporciona una detección automática por medio del sistema de detección y control AUTOPULSE. Hay disponibles diversas opciones de detección, incluyendo la detección de humo y la aspiración de aire.



- La exposición al líquido NOVEC 1230 a concentraciones de diseño de hasta el 10% (NOAEL) no es peligrosa para la salud. Consulte los requisitos de la exposición en la norma NFPA 2001. Al igual que sucede con los halones, la EPA y la National Fire Protection Association recomiendan evitar cualquier exposición innecesaria a cualquier agente y evacuar el personal de las áreas protegidas lo más rápido posible, para así evitar los productos de la descomposición del fuego.

Hay disponible un manual de instalación y mantenimiento del sistema con información sobre los componentes y procedimientos del sistema relativos al diseño, funcionamiento, inspección, mantenimiento y recarga.

Este sistema es instalado e inspeccionado por distribuidores autorizados capacitados por el fabricante.

- ▶ **Uso básico** – El sistema de supresión de incendios SAPPHIRE resulta particularmente útil para suprimir incendios en riesgos en los que resulta fundamental o deseable utilizar un medio no conductor de la electricidad, en los que la limpieza de otros agentes representa un problema o en los que el riesgo está normalmente ocupado y se requiere por tanto un agente no tóxico.

Composición y material – El sistema básico consiste en el agente extintor almacenado en recipientes de acero. Hay disponibles diversos tipos de actuadores, neumáticos y eléctricos, para la descarga del agente en la zona de riesgo. El agente se distribuye y se descarga en la zona de riesgo a través de una red de tuberías y boquillas. Cada boquilla posee un número fijo de orificios calculados para proporcionar una descarga uniforme en la zona protegida. En riesgos de gran superficie, en los que se requieren dos o más botellas, puede utilizarse un diseño de disparo que permita activar varias botellas.

DESCRIPCIÓN

- **El equipamiento opcional** – Incluye además centrales de detección y control AUTOPULSE, dispositivos de disparo y alarmas, luces estroboscópicas y señales de advertencia. Se requiere una parte o la totalidad de estos elementos al diseñar un sistema completo.

Líquido de protección contra incendios 3M Novec 1230 – El líquido Novec 1230, denominado FK-5-1-12 en las normas NFPA 2001 e ISO 14250, es una cetona fluorada (o fluorocetona) de estructura química $CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$. Se trata de un líquido transparente, incoloro e inodoro sobrepresurizado con nitrógeno y almacenado en botellas de alta presión como parte integrante del sistema de supresión SAPPHIRE. Aunque se almacena en forma líquida, el líquido NOVEC 1230 se transforma en un gas durante la descarga, lo que lo convierte en un agente eficaz de inundación total para diversos riesgos. Se trata de un agente limpio que no deja residuos y no afecta a equipos electrónicos sensibles de gran valor. Consulte la ficha técnica del agente

- extintor (formulario n.º F-2003127) para obtener información más detallada.

Conjunto de botella – Las botellas de almacenamiento de agente se fabrican de acuerdo con la norma DOT4BW450 y consisten en un recipiente dotado de una válvula y un tubo de sifón interno. Las botellas están disponibles en ocho tamaños. Las cantidades de agente están disponibles en incrementos de llenado de 1 libra. Cada botella posee una placa de características adherida que muestra el peso del agente y el peso bruto.

Actuador eléctrico – El actuador eléctrico de 24 V CC es necesario para disparar eléctricamente la válvula de botella. Se recibe una señal eléctrica desde la central AUTOPULSE que acciona el solenoide del actuador. Esto hace que el actuador abra la válvula de botella y descargue el agente. En sistemas de múltiples recipientes sólo se necesita un actuador en la válvula de botella principal. Los recipientes restantes son disparados neumáticamente a través de un manguito de acero inoxidable de 1/4 pulg. instalado entre cada toma de la presión de control.

- **Actuador neumático** – El actuador neumático es necesario para disparar neumáticamente los recipientes de agente. Este actuador funciona a partir de la presión del cartucho de nitrógeno situado en el dispositivo de disparo ANSUL AUTOMAN II-C. Cuando el actuador neumático se presuriza, el pistón interno del actuador empuja el husillo de la válvula hacia abajo, abre la válvula de botella y permite la descarga del agente.

- **Sistema de detección y control AUTOPULSE** – El sistema de detección y control AUTOPULSE está diseñado para supervisar riesgos fijos de incendio. Este sistema de control puede disparar automáticamente el sistema de supresión de incendios tras recibir una señal de entrada de uno o varios dispositivos de disparo, como por ejemplo, de un actuador de disparo manual o un detector. El sistema de control incorpora una fuente de alimentación interna, baterías de emergencia en línea y circuitos electrónicos de estado sólido.

- **Dispositivo de disparo ANSUL AUTOMAN II-C** – El dispositivo de disparo ANSUL AUTOMAN II-C consiste de una carcasa metálica que contiene un mecanismo de disparo de aguja de perforación con muelle, un cartucho de disparo, circuitos eléctricos y una regleta de contactos de entrada/salida para realizar las conexiones eléctricas. El dispositivo de disparo ANSUL AUTOMAN II-C proporciona un disparo neumático automático del sistema de supresión SAPPHIRE. Cuando se conecta a un sistema de control AUTOPULSE, proporciona una detección y un disparo eléctricos supervisados. También permite realizar el disparo manual utilizando el botón pulsador de la carcasa de disparo.

Boquillas – Hay disponibles seis tamaños de boquillas de descarga. Las boquillas están diseñadas para descargar agente con un patrón de 360° o 180°. El diámetro de las boquillas y de los orificios se determina mediante el programa de análisis hidráulico.

- **Programa de análisis hidráulico** – Los sistemas de supresión SAPPHIRE están diseñados en base a un programa de análisis hidráulico. Este programa calcula el flujo en dos fases del agente Novec 1230 y el nitrógeno a través de una red de tuberías. Una vez introducida la información sobre el compartimiento protegido, el programa calcula los tamaños de tubería, diámetros de las boquillas, presiones medias de las boquillas y tiempos de descarga requeridos. Dado que los cálculos del sistema resultan fundamentales para el éxito del sistema de supresión, sólo se permite a personal capacitado en fábrica llevar a cabo dicho análisis.

► Indica información modificada.
3M NOVEC es una marca registrada de 3M Company (St. Paul, Minnesota).

DATOS TÉCNICOS

- **Normas aplicables** – El sistema de supresión SAPPHIRE cumple con NFPA 2001 ("Norma para sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios") y el programa SNAP (Programa de nuevas alternativas significativas) de la EPA.
- Este sistema está listado por Underwriters Laboratories, Inc. (UL) y Underwriters Laboratories de Canadá (ULC), y homologado por Factory Mutual (FM).

INSTALACIONES

Todos los componentes y accesorios del sistema deben ser instalados por personal capacitado por el fabricante. Todas las instalaciones deben llevarse a cabo de acuerdo con las recomendaciones descritas en el manual de diseño, instalación, funcionamiento, recarga y mantenimiento del fabricante.

DISPONIBILIDAD Y COSTE

- **Disponibilidad** – Los sistemas de supresión SAPPHIRE se venden y mantienen a través de una red de distribuidores independientes presentes en la mayoría de estados de EE. UU. y de otros muchos países.
- **Coste** – El coste varía según el tipo de sistema, tamaño y diseño especificados.

SERVICIO TÉCNICO

- Para obtener información acerca del diseño e instalación correctos, póngase en contacto con un distribuidor local autorizado de sistemas de supresión de incendios SAPPHIRE. El departamento de ingeniería de aplicaciones también está disponible para consultas sobre diseño e instalación.



Novec™ 1230

Fluido de protección contra el fuego

Información del producto

Presentación

Fluido de protección contra fuego 3M™ Novec™ 1230, dodecafluoro-2-metilpentani-3-ona, (CF₃CF₂C(O)CF(CF₃)₂), es un fluido con poco olor y claro, incoloro, uno de la larga línea de productos 3M diseñados como sustitutos de las sustancias reductoras del ozono (ODSs) y mezclas con altos potenciales de calentamiento global (GMPs), tales como HFCs y PFCs.

El fluido Novec 1230 es un agente de extinción de fuegos eficaz en escenarios de fuegos estándar donde el halón históricamente se ha utilizado y donde las alternativas al mismo se están utilizando ahora.

Aplicaciones típicas

El fluido Novec 1230 se puede aplicar de forma eficaz en aplicaciones de canalizaciones, inundaciones localizadas, saturaciones totales, inertización y supresión de la explosión en las siguientes áreas:

- Centros de proceso de datos
- Telecomunicaciones
 - Sitios celulares
 - Centros de conmutación
- Aviación comercial
 - A bordo de aeronaves
 - Vehículos de rescate de accidentes aéreos
- Aviación militar
 - Líneas de fuego
 - Vehículos de rescate de accidentes
- Sistemas militares
 - Vehículos de combate
 - Salas de motores marina
- Exploración de gas y petróleo
 - Plataformas de helipuerto
 - Sellados de llanta de tanque de almacenaje
- Transporte
 - Barcos mercantes
 - Vehículos de tránsito
- Entretenimiento
 - Barcos de placer
 - Coches de carreras

Especificación de materiales

Propiedades	Fluido Novec 1230
Dodecafluoro-2-metilpentani-3-ona	99.0 mol %, mínimo
Residuos no volátiles	0.05 g/100 ml, máximo
Contenido ácido y de agua	Las especificaciones están bajo desarrollo.

Rendimiento de extinción de fuego

El rendimiento en la extinción de fuego del fluido Novec 1230 se demostró en pruebas a pequeña y a gran escala. La eficacia inicial se ha demostrado en aplicaciones militares tales como líneas de fuego y en escenarios de fuegos estándar como parte de un listado de laboratorios de aseguradoras y de mutuas industriales.

Características de fluido de protección contra fuego 3M™ Novec™ 1230

El perfil medio ambiental del fluido Novec 1230, las características de toxicidad, y el rendimiento contra el fuego consiguen una tecnología sostenible como una alternativa al sustituto del halón para Halones, HFC y PFC.

Una ventaja de un agente líquido es que se pueda transportar en tambores y en cajones más que en bombonas a presión. Eso significa que puede enviar transporte aéreo el fluido Novec 1230 en cantidades a granel si fuera necesario para relleno en vez de cantidades muy limitadas de gases que se pueden transportar por aire. Además, si se a una fuga en el extintor o en el sistema tras una superpresurización, el N₂ se puede fácilmente ventilar y el agente retenido mientras se repara el sellado de la bombona o de la junta de estanqueidad. Con gases, el agente se debería perder.

El líquido es vertible, bajo en viscosidad y fácil de manejar. Se puede bombear fácilmente con bombas manuales o eléctricas.

Puede fácilmente bombearse tanto como un agente de canalización (p. ej. Extintores manuales) o como un agente de inundación en sistemas fijos. El líquido es compatible con una amplia gama de materiales de construcción, y es estable en almacenaje.

Descripción de las propiedades

No para propósitos de especificación

Todos los valores determinados a 25°C (77°F) a menos que se especifique lo contrario

Propiedades físicas típicas	Fluido Novec 1230
Fórmula química	CF ₃ CF ₂ C(O)(CF ₂) ₂
Peso molecular	316.04
Punto de ebullición @ 1 atm	49.2°C (120.6°F)
Punto de congelación	-108.0°C (-162.4°F)
Temperatura crítica	168.7°C (335.6°F)
Presión crítica	18.65 bar (270.44 psi)
Volumen crítico	494.5 cc/mol (0.0251 ft ³ /lbm)
Densidad crítica	639.1 kg/m ³ (39.91 lbm/ft ³)
Densidad, Sol. Líquido	1.60 g/ml (99.9 lbm/ft ³)
Densidad, Gas @ 1 atm	0.0136 g/ml (0.851 lbm/ft ³)
Volumen específico, Gas @ 1 atm	0.0733 m ³ /kg (1.175 ft ³ /lb)
Calor, específico, líquido	1.103 kJ/kg°C (0.2634 BTU/lb°F)
Calor, específico, vapor @ 1 atm	0.891 kJ/kg°C (0.2127 BTU/lb°F)
Calor de vaporización @ punto de ebullición	88.0 kJ/kg (37.9 BTU/lb)
Viscosidad líquida @ 0°C/25°C	0.56/0.39 centistokes
Solubilidad del agua en el fluido Novec 1230	<0.001 % by wt.
Presión de vapor	0.404 bar (5.85 psig)
Resistencia dieléctrica relativa, 1 atm (N _r =1.0)	2.3

Todos los otros datos diferentes a aquellos del fluido Novec 1230 se compilaron de fuentes publicadas.

Seguridad de fluido Novec 1230 y Comparación de concentración de uso

Propiedades	Novec 1230	Halón 1301	HFC-125	HFC-227ea	Gas inerte	CO ₂
Punto de ebullición °C (°F)	49.2 (120.6)	-57.8 (-72.0)	-48.5 (-55.3)	-16.4 (2.5)	-196.0 (-320.8)	Sublima a bajas temperaturas
Concentración de uso	4-6%	5%	8.7-12.1%	7.5-8.7%	38-40%	30-75%
NOAEL*	10%	5%	7.5%	9%	43%	NA
Margen de seguridad	67-150%	nulo	nulo	3-20%	7-13%	Letal a conc. De uso.

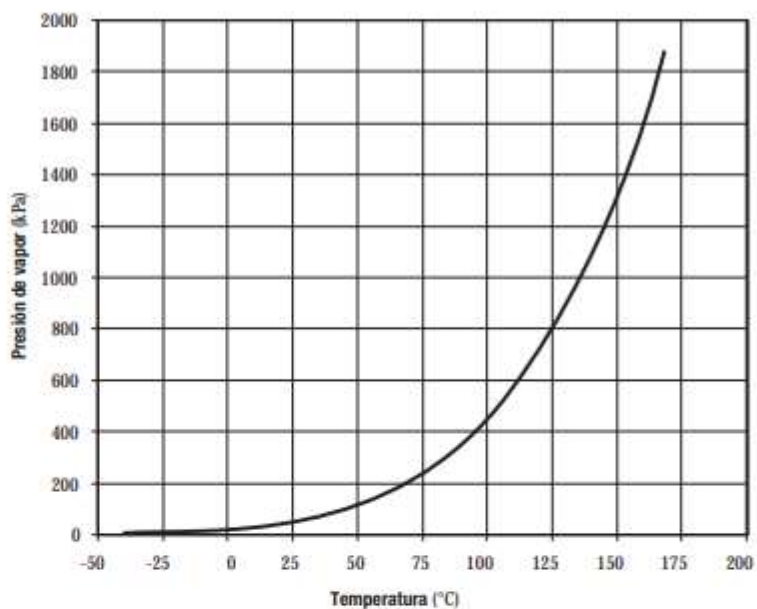
* No se observan niveles de efectos adversos para sensibilización cardiaca (halocarbonos), reducción de oxígeno (gas inerte) y efectos específicos al CO₂.

El fluido Novec 1230 ofrece márgenes notables de seguridad humana cuando se compara con el halón y con todas las alternativas viables

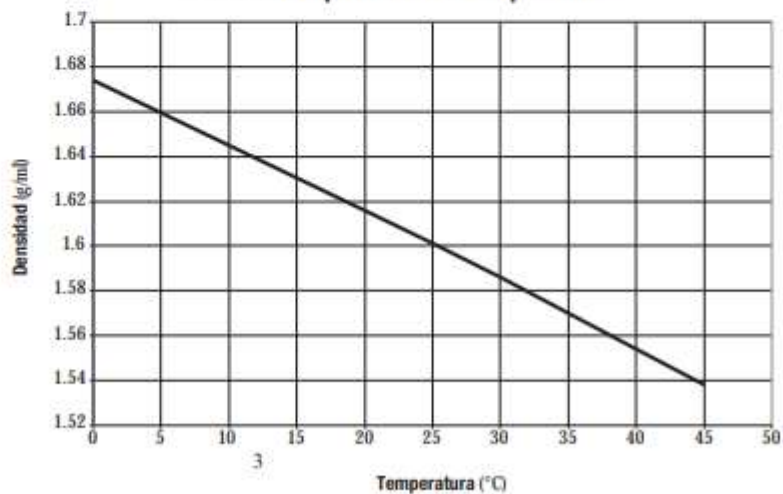
**Descripción de propiedad del fluido de protección contra el fuego
3M™ Novec™ 1230 (Continúa)**

No para propósitos
de especificación

**Fluido Novec 1230
Presión de vapor contra Temperatura**



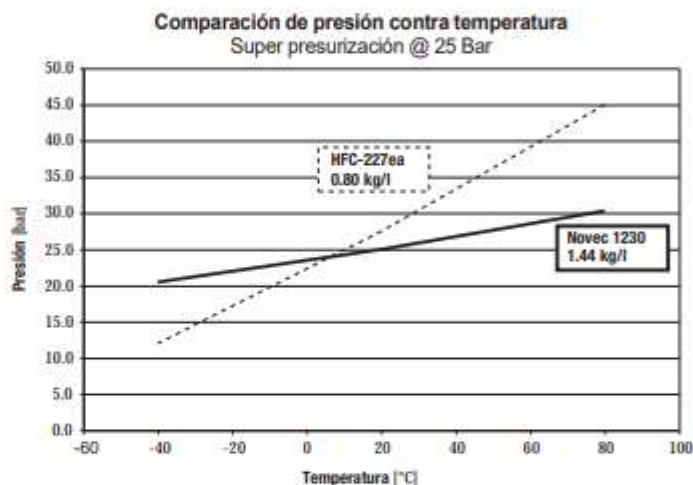
**Fluido Novec 1230
Densidad líquida contra Temperatura**



Fluido de protección contra el fuego 3M™ Novec™ 1230: Ventajas de un líquido sobre un gas

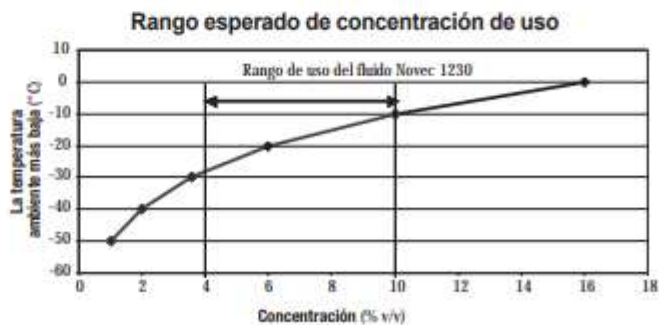
No para propósitos de especificación

El siguiente gráfico muestra las propiedades únicas que diferencia al fluido Novec 1230 de otros agentes. Sobre un amplio rango de temperaturas, un material de alta ebullición como el fluido Novec 1230, cuando se superpresuriza con nitrógeno en una bombona, no varía significativamente en la presión de almacenaje como los gases de ebullición más baja. Advierta la presión delta de sólo 10 bar del fluido Novec 1230, mientras que con algunos gases de más baja ebullición, puede ser tanto como 33 bar delta sobre el mismo rango de temperatura. La máxima densidad de relleno del fluido Novec 1230 es de 1,8 veces mayor que la de los gases de ebullición más baja sobre el rango de -40°C a 80°C . Esto es importante en aplicaciones donde hay se espera un amplio rango de temperaturas, tales como vehículos militares, aeronaves, o a bordo de barcos que pueden entrar en aguas tropicales o árticas.



Fuente: NFPA 2001 y 3M Labs

Aunque la mayoría de las aplicaciones no estarán en el rango de temperaturas, el siguiente gráfico ilustra que el fluido Novec 1230 es capaz de vaporizar eficazmente sobre el rango esperado de concentraciones de diseño a muy bajas temperaturas ambiente, i [Need more text translated](#).



Compatibilidad de materiales del fluido de protección contra fuego 3M™ Novec™ 1230

Compatibilidad de aros tóricos con el fluido Novec 1230
Tiempo de exposición: 1 Semana @ 25°C, 100°C

Tipo elastómero	Temp. Exposición	Cambio en dureza A Shore	% Cambio en peso	% Cambio en volumen
Neopreno	25°C	-1.8	-0.6	-1.2
	100°C	-2.2	+2.3	+0.8
Caucho butílico	25°C	-2.7	+0.2	+0.1
	100°C	-4.0	+4.3	+4.2
Fluoroelastómero	25°C	-6.2	+0.7	+0.6
	100°C	-12.6	+9.5	+10.6
EPDM	25°C	-4.7	+0.6	+0.3
	100°C	-5.7	+3.3	+2.4
Silicona	25°C	N/A	+3.1	+2.8
	100°C	-5.4	+6.0	+5.1
Nitrilo	25°C	-0.7	-0.3	-0.5
	100°C	+2.5	+4.6	+0.7

Efectos de la ebullición del fluido Novec 1230 en varios metales

Metales	Efecto
Aleación de aluminio 6262 T6511	A
Aleación de latón UNS C36000	A
AISI Tipo 304L acero inoxidable	A
AISI Tipo 316L acero inoxidable	A
Cobre UNS C12200	A
ASTM A 516, Grado 70 acero duro	A

A. Sin decoloración o destrucción del fluido o metal a temperatura indicada, 10 días de exposición mínima, 49°C.

**Seguridad y salud medio ambiental del fluido de protección contra el fuego
3M™ Novec™ 1230**

Un estudio realizado por MIT examinó los mecanismos de pérdida atmosférica del fluido Novec 1230. Los autores de este estudio determinaron que esta mezcla no reacciona con el radical hidroxil (OH) pero que se da una descomposición sustancial cuando se expone a la radiación UV. Los autores midieron el perfil UV para el fluido Novec 1230, descubriendo una longitud de onda máxima de absorbancia a 306 nm.

Debido a que esta mezcla muestra absorbancia significativa a longitudes de onda superiores a 300 nm, la fotólisis en la atmósfera más baja será un depósito significativo para esta mezcla. Los autores concluyeron diciendo que, "De hecho, el espectro de absorción es similar al del acetaldehído, una especie cuya vida útil contra la fotólisis es de alrededor de 5 días. Los perfiles de absorción del fluido Novec 1230 son algo más grandes; de ahí, que esperamos que la vida útil atmosférica del fluido Novec 1230 contra la radiación solar va a ser del orden de 3-5 días."

Las mediciones de laboratorio del nivel de fotodisociación del fluido Novec 1230 se hallaron que eran equivalentes a aquellas del acetaldehído, dentro del error experimental. De ahí, que un vida útil atmosférica de 5 días es adecuada para el fluido Novec 1230.

El potencial del fluido Novec 1230 para impactar el equilibrio radiactivo en la atmósfera (p. ej. Cambio climático) está limitado por su vida útil atmosférica muy corta y por el potencial de calentamiento global bajo (GWP). Utilizando un perfil IR medido y el método Pinnock et. AL, la fuerza radiactiva instantánea para el fluido Novec 1230 se calcula que es de $0.50 \text{ Wm}^{-2}\text{ppbv}^{-1}$. La fuerza radiactiva y la vida útil atmosférica de 5 días dan como resultado un valor GWP de 1 utilizando el método WMO 1999 y el horizonte de tiempo de integración de 100 años. Las mezclas con tales vidas útiles atmosféricas cortas no suponen riesgo con respecto al cambio climático potencial.

El fluido Novec 1230 se espera que se degrade rápidamente para los radicales fluorados alquil similares a aquellos producidos por otros fluorocarburos químicos. Los estudios de la química atmosférica de estas especies radicales y sus productos de degradación han concluido que no tienen impacto sobre el ozono atmosférico. Esto, combinado con su vida útil atmosférica corta, lleva a la conclusión de que el fluido Novec 1230 posee una reducción de ozono de cero.

Antes de usar este producto, lea por favor la Ficha actual de datos de seguridad del producto (disponible a través de la distribución 3M o del representante del servicio técnico) y las precauciones y formas de uso en el embalaje del producto. Siga todas las precauciones aplicables y las formas de uso.

3M™ Comparación de las propiedades medio ambientales del fluido de protección contra fuego de 3M™ Novec™ 1230

Propiedades	Novec 1230	Halón 1211	Halón 1301	HFC-125	HFC-227ea	HFC-23
Reducción del ozono Potencial (ODP) ¹	0.0	5.1	12.0	0.0	0.0	0.0
Potencial de calentamiento global-IPCC ²	1	1300	6900	3400	3500	12000
Vida útil atmosférica (años)	0.014	11	65	29	33	260
SNAP (Si/No)	Si	N/A	N/A	Si	Si	Si

No para propósitos de especificación
Todos los demás datos diferentes a los propios del fluido Novec 1230 se compilaron desde fuentes publicadas

¹ Organización Meteorológica Mundial (OMM) 1998, Método del Modelo-Derivado

² Panel intergubernamental sobre cambio climático (IPCC) 2001 Método, 100 Año ITH

Perfil de toxicidad

3M cuidadosa y meticulosamente caracteriza la toxicidad de los materiales de un nuevo candidato al principio del proceso de desarrollo. Estos estudios tempranos y los estudios posteriores conducidos por laboratorios independientes demuestran que el fluido Novec 1230 es muy bajo tanto en toxicidad aguda como crónica. Sin nivel de efectos adversos observados (NOAEL) para todos los puntos finales de toxicidad aguda es del 10% basado en un estudio cardiaco de la sensibilización y un estudio agudo de 4 horas de aspiración.

Comparación de propiedades tóxicas

Propiedades	Novec 1230	Halón 1301	HFC-125	HFC-227ea	Gas Inerte	CO ₂
NOAEL/LOAEL ¹ Sensibilización cardiaca (% v/v)	10.0/>10.0 ²	5.0/7.5	7.5/10.0	9.0/10.5	43.0/52.0	NA

No para propósitos de especificación

¹ Sin nivel de efectos adversos observados y nivel de efectos adversos más bajo para sensibilización cardiaca (halocarbonos) y reducción de oxígeno (gas inerte).

² Huntingdon, UK resultados, 2000

Embalaje y disponibilidad

El fluido Novec 1230 está actualmente disponible en 2645 lb (1200 Kg) de contenedores a granel intermedios (IBC), 353 lb (160 kg) en tambores y 11 lb (5 kg) en jarras de muestra.

Una bombona que contiene fluido Novec 1230 superpresurizado con nitrógeno varía sólo 150 psi sobre un rango de temperatura de 220°F (105°C).

Distribución y recursos del fluido de protección contra fuego del 3M™ Novec™ 1230

El fluido de protección contra fuego 3M™ Novec™ 1230 está apoyado por ventas mundiales, recursos de servicio al cliente y técnicos, con laboratorios de servicio técnico en USA, Europa, Japón, Latinoamérica y Asia suroriental. Los usuarios se benefician de la amplia base tecnológica de 3M y de la atención continua al desarrollo del producto, rendimiento, seguridad y temas medio ambientales.

Las políticas OEM extensivas y las directrices de diseño de equipo se han preparado para el reajuste del sistema, los instaladores y los fabricantes de equipo como soporte para el fluido Novec 1230.

Para obtener información técnica adicional sobre el fluido Novec 1230 en los Estados Unidos, o para obtener el nombre de un distribuidor local autorizado, llame a la División de materiales de rendimiento de 3M al **800.810.8513**.

Para otras oficinas mundiales de 3M, y para obtener información adicional de productos 3M, visite nuestro sitio web en **www.3M.com/novec1230fluid**.

Estados Unidos
3M Electronics Markets
Materials Division
3M Center, Building 223-3N-11
St. Paul, MN 55144-1000
800 810 8513
800 810 8514 (Fax)

Europa
3M Electronics Markets
Materials
3M Belgium N. V.
Haven 1005, Canadastraat 11
B-2070 Zwijndrecht
32 3 250 7826

Canadá
3M Electronics Markets
Materials
P.O. Box 5757
London, Ontario
N6A 4T1
800 364 3577

Japón
Sumitomo 3M Limited
33-1, Tamsagawada 2-chome
Setagaya-ku, Tokyo
158-8583 Japan
813 3709 8250

**Asia y Pacífico y
Latinoamérica**
Llame a (U.S.A) **651 736 6055**

Nota importante para el comprador: La información de esta publicación está basada en pruebas que creemos son fiables. Los resultados pueden variar debido a las diferencias en los tipos de pruebas y en las condiciones. Puede evaluar y determinar si el producto es adecuado para la aplicación que se le va a dar. Ya que las condiciones de uso del producto están fuera de control y pueden variar ampliamente, se ha hecho lo siguiente como medida de todas las garantías implícitas y expresas (incluyendo las garantías implícitas de comerciabilidad y la capacidad para un propósito particular): Excepto donde esté prohibido por ley, la obligación de 3M y su única responsabilidad, es sustituir, a elección de 3M, reembolsar el precio de compra original del producto que se demuestre ha sido defectuoso cuando se recibió. En ningún caso 3M será responsable de ningún daño por motivos directos indirectos, especiales, accidentales o como consecuencia de (incluyendo sin limitación, pérdida de beneficios, buena voluntad y oportunidad de negocios) basados en el incumplimiento de la garantía, condición o contrato, negligencia, delito, o cualquier otra teoría legal o equitativa.



**Electronics Markets
Materials Division**
3M Center
Building 224-3N-11
St. Paul MN 55144-1000
1-800-810-8513
www.3M.com/novec1230fluid

Recicle por favor.
Impreso en USA.
© 3M 2007.
Reservados todos los derechos.
Publicado: 9/07 5964HB
IPC 60-5002-0199-5

3M y Novec son marcas
registradas de la Compañía 3M.
Utilizado bajo la licencia por
filiales 3M y se afilia.

Tablas de Apoyo labor de diseño

Design

TOTAL FLOODING QUANTITY (English Units)

Temp. Specific Vapor t Volume (°F)^b (ft³/lb)^c Weight Requirements of Hazard Volume, W/V (lb/ft³)^a Design Concentration (% by volume)

	4.2	4.5	5	5.5	5.95	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
-20	0.9368	0.0468	0.0503	0.0562	0.0621	0.0663	0.0681	0.0742	0.0803	0.0866	0.0928	0.0992	0.1056	0.1186
-10	0.9612	0.0456	0.0490	0.0548	0.0606	0.0646	0.0664	0.0723	0.0783	0.0844	0.0905	0.0966	0.1029	0.1156
0	0.9856	0.0445	0.0478	0.0534	0.0591	0.0630	0.0648	0.0705	0.0764	0.0823	0.0882	0.0943	0.1003	0.1127
10	1.0100	0.0434	0.0467	0.0521	0.0576	0.0615	0.0632	0.0688	0.0745	0.0803	0.0861	0.0920	0.0979	0.1100
20	1.0344	0.0424	0.0456	0.0509	0.0563	0.0601	0.0617	0.0672	0.0728	0.0784	0.0841	0.0898	0.0956	0.1074
30	1.0588	0.0414	0.0445	0.0497	0.0550	0.0587	0.0603	0.0657	0.0711	0.0766	0.0821	0.0877	0.0934	0.1049
40	1.0832	0.0405	0.0435	0.0486	0.0537	0.0574	0.0589	0.0642	0.0695	0.0749	0.0803	0.0858	0.0913	0.1026
50	1.1077	0.0396	0.0425	0.0475	0.0525	0.0561	0.0576	0.0628	0.0680	0.0732	0.0785	0.0839	0.0893	0.1003
60	1.1321	0.0387	0.0416	0.0465	0.0514	0.0549	0.0564	0.0614	0.0665	0.0716	0.0768	0.0821	0.0874	0.0981
70	1.1565	0.0379	0.0407	0.0455	0.0503	0.0537	0.0552	0.0601	0.0651	0.0701	0.0752	0.0803	0.0855	0.0961
80	1.1809	0.0371	0.0399	0.0446	0.0493	0.0526	0.0541	0.0589	0.0637	0.0687	0.0736	0.0787	0.0838	0.0941
90	1.2053	0.0364	0.0391	0.0437	0.0483	0.0516	0.0530	0.0577	0.0624	0.0673	0.0721	0.0771	0.0821	0.0922
100	1.2297	0.0357	0.0383	0.0428	0.0473	0.0505	0.0519	0.0565	0.0612	0.0659	0.0707	0.0755	0.0804	0.0904
110	1.2541	0.0350	0.0376	0.0420	0.0464	0.0495	0.0509	0.0554	0.0600	0.0647	0.0693	0.0741	0.0789	0.0886
120	1.2785	0.0343	0.0369	0.0412	0.0455	0.0486	0.0499	0.0544	0.0589	0.0634	0.0680	0.0727	0.0774	0.0869
130	1.3029	0.0336	0.0362	0.0404	0.0447	0.0477	0.0490	0.0534	0.0578	0.0622	0.0667	0.0713	0.0759	0.0853
140	1.3273	0.0330	0.0355	0.0397	0.0438	0.0468	0.0481	0.0524	0.0567	0.0611	0.0655	0.0700	0.0745	0.0837
150	1.3518	0.0324	0.0349	0.0389	0.0431	0.0460	0.0472	0.0514	0.0557	0.0600	0.0643	0.0687	0.0732	0.0822
160	1.3762	0.0319	0.0342	0.0382	0.0423	0.0452	0.0464	0.0505	0.0547	0.0589	0.0632	0.0675	0.0719	0.0807
170	1.4006	0.0313	0.0336	0.0376	0.0416	0.0444	0.0456	0.0496	0.0537	0.0579	0.0621	0.0663	0.0706	0.0793
180	1.4250	0.0308	0.0331	0.0369	0.0408	0.0436	0.0448	0.0488	0.0528	0.0569	0.0610	0.0652	0.0694	0.0780
190	1.4494	0.0302	0.0325	0.0363	0.0402	0.0429	0.0440	0.0480	0.0519	0.0559	0.0600	0.0641	0.0682	0.0767
200	1.4738	0.0297	0.0320	0.0357	0.0395	0.0422	0.0433	0.0472	0.0511	0.0550	0.0590	0.0630	0.0671	0.0754
210	1.4982	0.0293	0.0315	0.0351	0.0388	0.0415	0.0426	0.0464	0.0502	0.0541	0.0580	0.0620	0.0660	0.0742
220	1.5226	0.0288	0.0309	0.0346	0.0382	0.0408	0.0419	0.0457	0.0494	0.0533	0.0571	0.0610	0.0650	0.0730

Design

TOTAL FLOODING QUANTITY (SI UNITS)

Temp. t (°C) ^b	Specific Vapor Volume s (m ³ /kg) ^c	Weight Requirements of Hazard Volume, WV (kg/m ³) ^a																		
		Design Concentration (% by volume) ^d																		
		4.2	4.5	5	5.5	5.85	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10					
-20	0.0609	0.7197	0.7736	0.8640	0.9555	1.0200	1.0479	1.1413	1.2357	1.3311	1.4275	1.5250	1.6236	1.7233	1.8241					
-17.7	0.0615	0.7123	0.7656	0.8552	0.9457	1.0096	1.0371	1.1296	1.2230	1.3174	1.4129	1.5094	1.6070	1.7056	1.8054					
-15	0.0623	0.7039	0.7565	0.8450	0.9344	0.9976	1.0248	1.1161	1.2084	1.3018	1.3961	1.4915	1.5879	1.6853	1.7839					
-10	0.0637	0.6887	0.7402	0.8268	0.9143	0.9761	1.0027	1.0921	1.1824	1.2737	1.3660	1.4593	1.5537	1.6490	1.7455					
-5	0.0650	0.6742	0.7246	0.8094	0.8950	0.9555	0.9816	1.0690	1.1575	1.2469	1.3372	1.4285	1.5209	1.6143	1.7087					
0	0.0664	0.6603	0.7096	0.7926	0.8765	0.9358	0.9613	1.0470	1.1336	1.2211	1.3096	1.3990	1.4895	1.5809	1.6734					
5	0.0678	0.6469	0.6953	0.7766	0.8588	0.9168	0.9418	1.0258	1.1106	1.1964	1.2831	1.3707	1.4593	1.5489	1.6395					
10	0.0691	0.6341	0.6815	0.7612	0.8417	0.8986	0.9232	1.0054	1.0886	1.1727	1.2576	1.3435	1.4304	1.5182	1.6070					
15	0.0705	0.6217	0.6682	0.7464	0.8254	0.8812	0.9052	0.9859	1.0674	1.1498	1.2332	1.3174	1.4026	1.4887	1.5757					
20	0.0719	0.6099	0.6555	0.7322	0.8096	0.8644	0.8879	0.9671	1.0471	1.1279	1.2096	1.2923	1.3758	1.4603	1.5457					
21.1	0.0722	0.6073	0.6527	0.7291	0.8062	0.8607	0.8842	0.9630	1.0427	1.1232	1.2046	1.2869	1.3701	1.4542	1.5392					
25	0.0733	0.5985	0.6432	0.7184	0.7945	0.8482	0.8713	0.9490	1.0275	1.1068	1.1870	1.2681	1.3500	1.4329	1.5167					
30	0.0746	0.5975	0.6314	0.7052	0.7799	0.8326	0.8553	0.9315	1.0086	1.0865	1.1652	1.2448	1.3252	1.4066	1.4888					
35	0.0760	0.5769	0.6200	0.6925	0.7658	0.8176	0.8399	0.9147	0.9904	1.0668	1.1442	1.2223	1.3013	1.3812	1.4620					
40	0.0774	0.5666	0.6090	0.6802	0.7522	0.8031	0.8250	0.8985	0.9728	1.0479	1.1239	1.2006	1.2783	1.3567	1.4361					
45	0.0787	0.5568	0.5984	0.6684	0.7391	0.7891	0.8106	0.8829	0.9559	1.0297	1.1043	1.1797	1.2560	1.3331	1.4111					
50	0.0801	0.5472	0.5882	0.6570	0.7265	0.7756	0.7967	0.8677	0.9395	1.0121	1.0854	1.1595	1.2345	1.3103	1.3869					
54.44	0.0813	0.5390	0.5794	0.6471	0.7156	0.7640	0.7848	0.8547	0.9254	0.9969	1.0691	1.1422	1.2160	1.2907	1.3661					
55	0.0815	0.5380	0.5783	0.6459	0.7142	0.7625	0.7833	0.8531	0.9237	0.9950	1.0671	1.1400	1.2137	1.2882	1.3636					
60	0.0829	0.5291	0.5687	0.6352	0.7024	0.7499	0.7704	0.8390	0.9084	0.9786	1.0495	1.1211	1.1936	1.2669	1.3410					
65	0.0842	0.5205	0.5594	0.6249	0.6910	0.7377	0.7578	0.8253	0.8936	0.9626	1.0324	1.1029	1.1742	1.2463	1.3191					
70	0.0856	0.5122	0.5505	0.6148	0.6799	0.7259	0.7457	0.8121	0.8793	0.9472	1.0158	1.0852	1.1554	1.2263	1.2980					
75	0.0870	0.5041	0.5418	0.6052	0.6692	0.7144	0.7339	0.7993	0.8654	0.9323	0.9998	1.0681	1.1372	1.2070	1.2775					
80	0.0883	0.4963	0.5334	0.5958	0.6588	0.7033	0.7225	0.7869	0.8520	0.9178	0.9843	1.0515	1.1195	1.1882	1.2577					
85	0.0897	0.4887	0.5252	0.5866	0.6487	0.6926	0.7115	0.7749	0.8390	0.9038	0.9692	1.0355	1.1024	1.1701	1.2385					
90	0.0911	0.4813	0.5173	0.5778	0.6390	0.6821	0.7008	0.7632	0.8263	0.8901	0.9547	1.0199	1.0858	1.1524	1.2198					
95	0.0925	0.4742	0.5096	0.5692	0.6295	0.6720	0.6904	0.7519	0.8141	0.8769	0.9405	1.0047	1.0697	1.1353	1.2017					
100	0.0938	0.4672	0.5022	0.5609	0.6203	0.6622	0.6803	0.7409	0.8022	0.8641	0.9267	0.9900	1.0540	1.1188	1.1842					
105	0.0952	0.4605	0.4950	0.5528	0.6113	0.6527	0.6705	0.7302	0.7906	0.8517	0.9134	0.9758	1.0389	1.1026	1.1671					
110	0.0966	0.4540	0.4879	0.5450	0.6027	0.6434	0.6609	0.7199	0.7794	0.8396	0.9004	0.9619	1.0241	1.0870	1.1505					
115	0.0979	0.4476	0.4811	0.5374	0.5942	0.6344	0.6517	0.7098	0.7685	0.8278	0.8878	0.9485	1.0098	1.0718	1.1344					
120	0.0993	0.4414	0.4744	0.5299	0.5860	0.6256	0.6427	0.7000	0.7579	0.8164	0.8756	0.9354	0.9958	1.0570	1.1188					
125	0.1007	0.4354	0.4680	0.5227	0.5780	0.6171	0.6339	0.6904	0.7475	0.8053	0.8636	0.9226	0.9823	1.0426	1.1035					
130	0.1021	0.4296	0.4617	0.5157	0.5703	0.6088	0.6254	0.6812	0.7375	0.7945	0.8520	0.9102	0.9691	1.0285	1.0887					

EQUIVALENT LENGTH FOR PIPE FITTINGS

Diameter mm	(in)	90° Elbow		45 °Elbow		Thru Tee		Side Tee		Union	
		m	(ft)	m	(ft)	m	(ft)	m	(ft)	m	(ft)
10	(3/8)	0.4	(1.2)	0.18	(0.5)	0.24	(0.7)	0.82	(2.5)	0.09	(0.3)
15	(1/2)	0.52	(1.6)	0.24	(0.7)	0.3	(0.9)	1.04	(3.2)	0.12	(0.4)
20	(3/4)	0.67	(2.0)	0.3	(0.9)	0.42	(1.3)	1.37	(4.2)	0.15	(0.5)
25	(1)	0.85	(2.6)	0.4	(1.2)	0.55	(1.7)	1.74	(5.3)	0.18	(0.6)
32	(1 1/4)	1.13	(3.4)	0.52	(1.6)	0.7	(2.1)	2.29	(7.0)	0.24	(0.7)
40	(1 1/2)	1.31	(4.0)	0.61	(1.7)	0.82	(2.5)	2.65	(8.0)	0.27	(0.8)
50	(2)	1.68	(5.1)	0.79	(2.4)	1.06	(3.2)	3.41	(10.4)	0.37	(1.1)
65	(2 1/2)	2.01	(6.1)	0.94	(1.5)	1.25	(3.8)	4.08	(12.4)	0.43	(1.3)
80	(3)	2.5	(7.6)	1.16	(3.5)	1.55	(4.7)	5.06	(15.4)	0.55	(1.7)
100	(4)	3.26	(10.0)	1.52	(4.6)	2.01	(6.1)	6.64	(20.2)	0.73	(2.2)
125	(5)	4.08	(12.4)	1.92	(5.9)	2.56	(7.8)	8.35	(25.5)	0.91	(2.8)
150	(6)	4.94	(15.0)	2.32	(7.1)	3.08	(9.4)	10	(30.5)	1.07	(3.3)

Equivalent Length Table for Pipe Fittings. Figures based upon schedule 40 ASTM A 106-77 pipe (nominal pipe size given in table)

EQUIVALENT LENGTH FOR OTHER SYSTEM COMPONENTS

Hardware Set	Size		Equivalent Length	
Valve	25 mm	(1 in.)	6.096 m	(20 ft)
	50 mm	(2 in.)	10.668 m	(35 ft)
	80 mm	(3 in.)	25.91 m	(85 ft)
Flex Hose	25 mm	(1 in.)	3.14 m	(10.3 ft)
	50 mm	(2 in.)	5.36 m	(17.6 ft)
	80 mm	(3 in.)	1.55 m	(5.1 ft)
Flex Hose and Check Valve Combination	25 mm	(1 in.)	3.54 m	(11.6 ft)
	50 mm	(2 in.)	12.02 m	(39.4 ft)
	80 mm	(3 in.)	15.85 m	(52 ft)
Valve Outlet Adaptor	25 mm	(1 in.)	0.18 m	(0.6 ft)
	50 mm	(2 in.)	0.37 m	(1.2 ft)
	80 mm	Flared to NPT	0.55 m	(1.8 ft)
	80 mm	Flared to Grooved	0.55 m	(1.8 ft)
	80 mm	Flared to BSP	0.55 m	(1.8 ft)

Figures based upon schedule 40 ASTM A 106-77 pipe (nominal pipe size given in table)

Design

ACTUATION DETAILS (Continued)

Option No. 2 – All tanks actuated directly from ANSUL AUTOMAN II-C option – This option allows 10 SAPPHIRE tanks to be simultaneous actuated from the nitrogen pressure from the ANSUL AUTOMAN II-C releasing device. All tanks are actuated pneumatically via a pneumatic actuator located on top of each tank valve.

The maximum length of 1/4 in. Schedule 40 piping or stainless hose or tubing that can be utilized from the ANSUL AUTOMAN II-C release to actuate one pneumatic valve actuator is 120 ft (36.6 m) (including all drops to the valves). When additional tanks are required, refer to Actuation Piping Table below for maximum actuation pipe length.

Actuation Piping Chart (For Option No. 2)

Quantity of Pneumatic Actuated Valves	Maximum Length of 1/4 in. Actuation Line
1	120 ft (36.6 m)
2	118 ft (35.9 m)
3	116 ft (35.4 m)
4	114 ft (34.7 m)
5	112 ft (34.1 m)
6	110 ft (33.5 m)
7	108 ft (32.9 m)
8	106 ft (32.3 m)
9	104 ft (31.7 m)
10	102 ft (31.1 m)

Note: It is important to note that the actuation lengths listed include branch lines to accessory items (pressure switches, pressure trips, etc.). For each actuation line accessory, deduct a foot from the above maximum lengths.

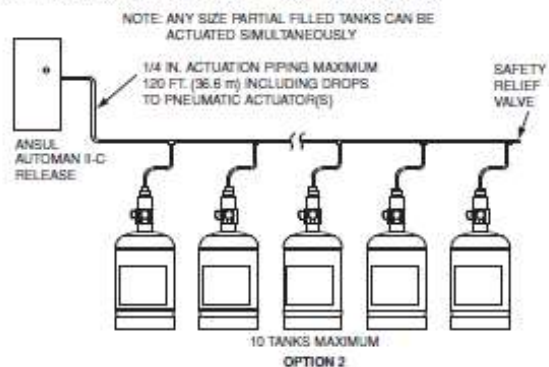


FIGURE 5
000714

NOVEC™ 1230 AGENT ATMOSPHERIC CORRECTION FACTORS (NFPA 2001)

Equivalent Altitude	Enclosure Pressure	Atmospheric Correction Factor
-3,000 ft (914 m)	16.25 psia (84.0 cm Hg)	1.11
-2,000 ft (609 m)	15.71 psia (81.2 cm Hg)	1.07
-1,000 ft (305 m)	15.23 psia (78.7 cm Hg)	1.04
0 ft (000 m)	14.71 psia (76.0 cm Hg)	1.00
1,000 ft (305 m)	14.18 psia (73.3 cm Hg)	0.96
2,000 ft (609 m)	13.64 psia (70.5 cm Hg)	0.93
*3,000 ft (914 m)	13.12 psia (67.8 cm Hg)	0.89
4,000 ft (1220 m)	12.58 psia (65.0 cm Hg)	0.86
5,000 ft (1524 m)	12.04 psia (62.2 cm Hg)	0.82
6,000 ft (1829 m)	11.53 psia (59.6 cm Hg)	0.78
7,000 ft (2133 m)	11.03 psia (57.0 cm Hg)	0.75
8,000 ft (2438 m)	10.64 psia (55.0 cm Hg)	0.72
9,000 ft (2743 m)	10.22 psia (52.8 cm Hg)	0.69
10,000 ft (3048 m)	9.77 psia (50.5 cm Hg)	0.66

*Note: On systems between +3000 ft (914 m) and -3000 ft (914 m), using the Atmospheric Correction Factor is optional.

Corrida de ejemplo software SAPPHIRE de Ansul**Example – Computer Room, Storage Room, and Subfloor**

Sapphire™ Designer Program - ANSL3.60b
UL: EX4510 FM: 3014140
File Name: Example - AnsulManualCMSR.FLC

**Consolidated Report
Customer Information**

Company Name: Tyco Fire Suppression and Building Products
Address: One Stanton Street
Marinette, WI 54143-2542

Phone: 715-735-7411
Contact:
Title:

Project Data

Project Name:
Designer:
Number:
Account:
Location:
Description:

Page: 1 of 9

Calculation Date/Time: Thursday, August 26, 2010, 11:52:26 AM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Ansul Incorporated

99999

Example – Computer Room, Storage Room, and Subfloor



**Consolidated Report
Enclosure Information**

Elevation: 4000 ft (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor: 0.86

Enclosure Number: 1
Name: Computer Room
Enclosure Temperature...
Minimum: 70 F
Maximum: 70 F
Maximum Concentration: 4.204 %
Design Concentration...
Adjusted: 4.204 %
Minimum: 4.200 %
Minimum Agent Required: 300.5 lbs
Width: 46.0 ft
Length: 20.0 ft
Height: 10.0 ft

Volume: 9200.0 cubic ft
Non-permeable: 0.0 cubic ft

Total Volume: 9200.0 cubic ft
Adjusted Agent Required: 300.8 lbs
Number of Nozzles: 1

Example – Computer Room, Storage Room, and Subfloor



Consolidated Report Enclosure Information

Elevation: 4000 ft (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor: 0.86

Enclosure Number: 2
Name: Storage Room
Enclosure Temperature...
Minimum: 70 F
Maximum: 70 F
Maximum Concentration: 4.214 %
Design Concentration...
Adjusted: 4.214 %
Minimum: 4.200 %
Minimum Agent Required: 47.1 lbs
Width: 12.0 ft
Length: 12.0 ft
Height: 10.0 ft

Volume: 1440.0 cubic ft
Non-permeable: 0.0 cubic ft

Total Volume: 1440.0 cubic ft
Adjusted Agent Required: 47.2 lbs
Number of Nozzles: 1

Page: 3 of 9

Calculation Date/Time: Thursday, August 26, 2010, 11:52:26 AM
Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Ansul Incorporated

000050

Example – Computer Room, Storage Room, and Subfloor



Consolidated Report Agent Information

Agent: Novec / Propellant N2
(Novec is a trademark of 3M)

Adjusted Agent Required: 348.0 lbs
 Container Name: 450 lb Cylinder Assembly
 Container Part Number: 570641
 Number of Main Containers: 1
 Number of Reserve Containers: 0
 Manifold: No Manifold
 Starting Pressure: 360 psig
 Pipe Take Off Direction: Horizontal
 Agent Per Container: 348.0 lbs
 Fill Density: 54.7 lbs / cubic ft
 Container Empty Weight: 233.2 lbs
 Weight, All Containers + Agent: 581.2 lbs
 Floor Area Per Container: 1.40 square ft
 Floor Loading Per Container: 416 lbs / square ft

Pipe Network

Part 1 - Pipe

Description	Start	End	Pipe			
			Type	Diameter	Length	Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		2 in	5.36 ft	5.36 ft
Flex Hose	1	2		2 in	0.39 ft	0.00 ft
Flex Hose	2	3		2 in	1.71 ft	1.71 ft
Pipe	3	4	40T	2-1/2 in	4.45 ft	4.45 ft
Pipe	4	5	40T	2-1/2 in	2.50 ft	0.00 ft
Pipe	5	6	40T	2 in	2.50 ft	0.00 ft
Pipe	6	7	40T	2 in	21.00 ft	0.00 ft
Pipe	7	8	40T	2 in	4.00 ft	0.00 ft
Pipe/E1-N1	8	9	40T	1-1/2 in	0.25 ft	-0.25 ft
Pipe	5	10	40T	3/4 in	2.50 ft	0.00 ft

Page: 4 of 9

Calculation Date/Time: Thursday, August 26, 2010, 11:52:26 AM
 Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Ansul Incorporated

Example – Computer Room, Storage Room, and Subfloor



Consolidated Report

Part 1 - Pipe

Description	Start	End	Type	Diameter	Pipe	
					Length	Elevation
Pipe	10	11	40T	3/4 in	5.20 ft	0.00 ft
Pipe	11	12	40T	3/4 in	5.80 ft	0.00 ft
Pipe/E2-N1	12	13	40T	3/4 in	0.75 ft	-0.75 ft

Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0		0.00 ft	35.0 ft
1	2	0	0	0	0	0	2inFlexN1	0.00 ft	0.4 ft
2	3	1	0	0	0	0	2inFlexN2	0.00 ft	17.2 ft
3	4	0	0	0	0	0		0.00 ft	4.5 ft
4	5	1	0	0	0	0		0.00 ft	9.1 ft
5	6	0	0	1	0	0		0.00 ft	6.0 ft
6	7	1	0	0	0	0		0.00 ft	26.5 ft
7	8	1	0	0	0	0		0.00 ft	9.5 ft
8	9	1	0	0	0	0		0.00 ft	4.6 ft
5	10	0	0	0	1	0		0.00 ft	7.0 ft
10	11	1	0	0	0	0		0.00 ft	7.4 ft
11	12	1	0	0	0	0		0.00 ft	8.0 ft
12	13	1	0	0	0	0		0.00 ft	3.0 ft

Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	348.0 lbs				
1	2	348.0 lbs				
2	3	348.0 lbs				
3	4	348.0 lbs				
4	5	348.0 lbs				
5	6	300.8 lbs				
6	7	300.8 lbs				
7	8	300.8 lbs				
8	9	300.8 lbs	E1-N1	1-1/2 in	16 Port - BR	1.0380 square in
5	10	47.2 lbs				
10	11	47.2 lbs				
11	12	47.2 lbs				

Page: 5 of 9

Calculation Date/Time: Thursday, August 26, 2010, 11:52:26 AM

Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Ansul Incorporated

Example – Computer Room, Storage Room, and Subfloor



Consolidated Report

Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
12	13	47.2 lbs	E2-N1	3/4 in	16 Port - BR	0.3436 square in

Parts Information

Total Agent Required: 348.0 lbs
 Container Name: 450 lb Cylinder Assembly (Part: 570641)
 Number Of Containers: 1
 Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	16 Port - BR	1-1/2 in	1.0380 square in	570606
E2-N1	16 Port - BR	3/4 in	0.3436 square in	570603

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	0.2874 inches	7.30 mm
E2-N1	0.1654 inches	4.20 mm

Pipe:	Type	Diameter	Length
	40T	3/4 in	14.25 ft
	40T	1-1/2 in	0.25 ft
	40T	2 in	27.50 ft
	40T	2-1/2 in	6.95 ft

'Other' Items:
 1 - 2 in Flexible Discharge Hose (Part: 570538)

List of 90 degree elbows:
 1 - 1-1/2 in
 2 - 2 in
 1 - 2-1/2 in
 3 - 3/4 in

List of Tees:
 1 - 2-1/2 in

Example – Computer Room, Storage Room, and Subfloor



Consolidated Report System Acceptance

System Discharge Time: 9.5 seconds
 Percent Agent In Pipe: 31.7%
 Percent Agent Before First Tee: 11.7%

Enclosure Number: 1
 Enclosure Name: Computer Room

Minimum Design Concentration: 4.200%
 Adjusted Design Concentration: 4.204%
 Predicted Concentration: 4.205%
 Maximum Expected Agent Concentration: 4.205% (At 70 F)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	300.5 lbs	300.8 lbs	300.8 lbs	112 psig

Enclosure Number: 2
 Enclosure Name: Storage Room

Minimum Design Concentration: 4.200%
 Adjusted Design Concentration: 4.214%
 Predicted Concentration: 4.210%
 Maximum Expected Agent Concentration: 4.210% (At 70 F)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E2-N1	47.1 lbs	47.2 lbs	47.2 lbs	76 psig

Page: 7 of 9

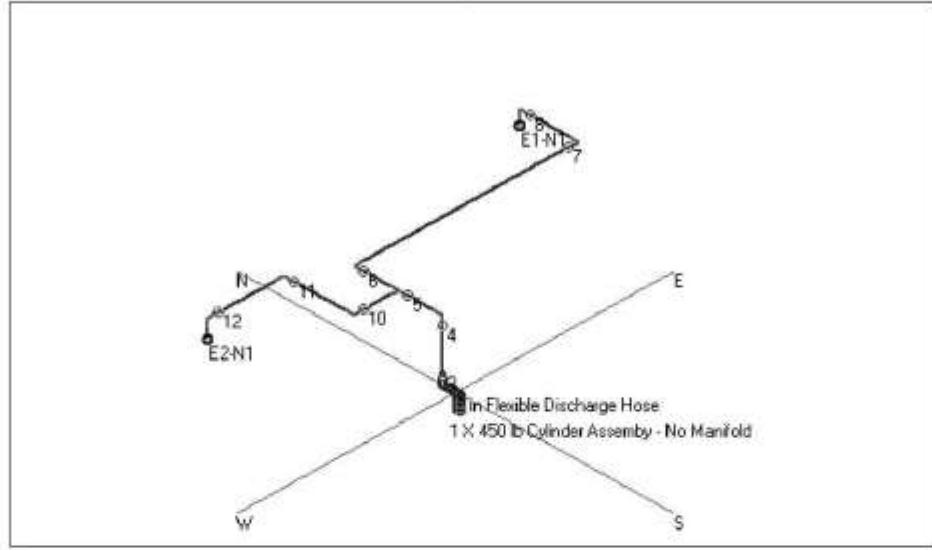
Calculation Date/Time: Thursday, August 26, 2010, 11:52:26 AM
 Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Ansul Incorporated

Example – Computer Room, Storage Room, and Subfloor

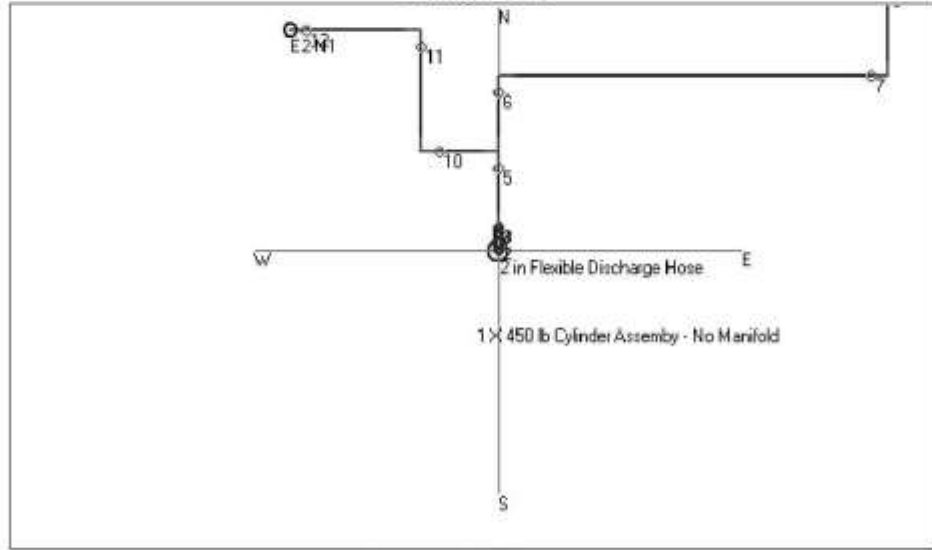


Consolidated Report

Drawing View: 1



Drawing View: 5



Example – Computer Room, Storage Room, and Subfloor



Consolidated Report

Drawing View: 9

