

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**

**VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**“DISEÑO DEL EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO QUE  
DEBE SER INSTALADO EN UN ESPACIO FÍSICO DESTINADO  
PARA UNA ESTACIÓN DE RECARGA DE AGENTE LIMPIO  
PARA SISTEMAS DE SUPRESIÓN DE INCENDIO”**

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

**AUTOR: JOSÉ PABLO CALDERÓN PORRAS**

**TUTOR: ING. BILLY ANTONIO RETANA PEÑA**

**SEDE ARANJUEZ**

**DICIEMBRE, 2020**

## CONTENIDO.

Dedicatoria.....	15
Agradecimientos .....	16
Resumen .....	17
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>Problema .....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>21</b>
Objetivo general. ....	21
Objetivos específicos.....	21
Justificación.....	23
Limitaciones.....	24
Proyecciones .....	24
Antecedentes .....	25
Investigación y creación de un manual de diseño para sistemas de supresión por agente limpio «Novec» 1230.....	25
Análisis de seguridad humana basado en desempeño en caso de incendio del edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica.....	27
Diseño de un sistema de protección contra incendios para el cuarto de control de una refinería a base de agente HFC-227ea.....	29
Diseño de un sistema de protección contra incendios para la dirección de tecnología, información y comunicación de la Universidad Central de Venezuela. ....	31
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>33</b>
Reseña histórica de la protección contra incendios.....	33
Descripción de protección contra incendios.....	35
Fundamentos de dinámica del fuego .....	35
Definición del fuego.....	35
El triángulo y tetraedro del fuego.....	36

<b>Combustible, Comburente y Energía de activación.....</b>	<b>37</b>
<b>Combustible.....</b>	<b>37</b>
<b>Comburente.....</b>	<b>38</b>
<b>Energía de activación.....</b>	<b>38</b>
<b>Combustión.....</b>	<b>39</b>
<b>Tipos de combustión.....</b>	<b>39</b>
<b>Combustión lenta.....</b>	<b>39</b>
<b>Combustión normal.....</b>	<b>39</b>
<b>Combustión rápida.....</b>	<b>39</b>
<b>Productos de la combustión.....</b>	<b>40</b>
<b>Llamas.....</b>	<b>40</b>
<b>Humo.....</b>	<b>41</b>
<b>Gases.....</b>	<b>41</b>
<b>Calor.....</b>	<b>42</b>
<b>Transmisión de calor.....</b>	<b>42</b>
<b>Conducción.....</b>	<b>43</b>
<b>Convección.....</b>	<b>44</b>
<b>Radiación.....</b>	<b>45</b>
<b>Clases de fuego.....</b>	<b>47</b>
<b>Causas del fuego.....</b>	<b>49</b>
<b>Etapas de un incendio.....</b>	<b>50</b>
<b>Métodos de extinción.....</b>	<b>52</b>
<b>Enfriamiento.....</b>	<b>53</b>
<b>Sofocación.....</b>	<b>53</b>
<b>Eliminación del combustible.....</b>	<b>54</b>
<b>Inhibición de la reacción en cadena.....</b>	<b>54</b>
<b>Fenómenos presentes en un incendio.....</b>	<b>55</b>

Generación de calor .....	57
Análisis basado en desempeño para protección contra incendios .....	59
Introducción al análisis basado en desempeño.....	59
Tipos de análisis por desempeño.....	60
Sistemas de detección, supresión de incendios y compartimentación.....	61
Tipos de sistemas. ....	62
Sistemas de supresión.....	62
<i>Extintores portátiles.....</i>	62
<i>Sistemas fijos de protección contra incendio manuales basados en gabinetes de manguera.....</i>	63
<i>Sistema fijo de protección contra incendio basado en rociadores automáticos.....</i>	64
<i>Sistema de supresión con agente limpio. ....</i>	64
Sistemas de detección y alarma.....	69
Compartimentación contra incendios.....	70
Novec™ 1230: Fluido de protección contra el fuego .....	71
Propiedades físicas.....	73
Método de extinción.....	74
¿Cómo funciona el fluido Novec 1230? .....	75
Sistema de extinción de incendios que utiliza el fluido Novec 1230. ....	76
Aplicaciones típicas.....	77
NOAEL Y LOAEL.....	78
Margen de seguridad amplio.....	79
Usos y limitaciones.....	80
NFPA.....	81
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	83
Enfoque de la investigación.....	84
Enfoque cualitativo. ....	84

Enfoque cuantitativo.....	84
Enfoque mixto.....	84
<b>Alcance de la investigación .....</b>	<b>86</b>
Investigación descriptiva.....	86
Investigación correlacional.....	86
Investigación explicativa.....	86
Investigación exploratoria.....	86
<b>Método de la investigación .....</b>	<b>87</b>
Diseño experimental.....	87
Diseño no experimental.....	87
<b>Fuentes de información.....</b>	<b>88</b>
Muestra probabilística.....	89
Muestra no probabilística.....	89
<b>Variables o Unidades de Análisis .....</b>	<b>90</b>
<b>Instrumentos .....</b>	<b>92</b>
<b>Proceso para la Recolección de Datos .....</b>	<b>94</b>
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>96</b>
<b>Alcance.....</b>	<b>97</b>
<b>Propósito.....</b>	<b>97</b>
<b>Proceso de evaluación de las condiciones del edificio de EDINTEL S.A. para determinar cuál es el área ideal para instalar la estación de recarga de agente limpio basado en recomendaciones de Fike Corporation.....</b>	<b>98</b>
<b>Lectura y análisis del manual “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”, propiedad de Fike, el cual es una guía describir el proceso de recarga de los cilindros y la selección del equipamiento electromecánico necesario para el diseño de la estación de recarga de agente limpio.....</b>	<b>106</b>
<b>Precauciones de seguridad .....</b>	<b>106</b>
<b>Equipamiento.....</b>	<b>108</b>

Suministro a granel de agente extintor. (P/N 02-17015).	110
Estación de recarga (Bomba). (P/N 4G59523).	111
Adaptador de recarga - Herramienta de extracción del núcleo. (P/N 70-282).	113
Herramienta depresora central - Válvula de impulso. (P/N 70-281).	113
Accesorios, válvulas y mangueras, según sea necesario.	114
Termómetro de alta calidad. (P/N 9266T22).	115
Báscula. (P/N 19005T32).	116
Suministro de nitrógeno. (P/N P-4631-E).	116
Detector de fugas. (P/N 2G0002).	117
Estándar de fugas. (P/N LS-20).	118
Manómetro de prueba digital de alta precisión (P/N 3943K23).	118
Tabla de presión versus temperatura.	119
Libro de registro.	120
Válvulas de cierre para cilindro a granel.	120
Válvulas de cierre (incluido con la bomba). (P/N 1G51908).	121
Válvula de bola. (P/N 1G0084).	121
Polipasto eléctrico de cadena. (P/N 3316T972).	122
Cilindro Fike por recargar con agente limpio.	123
Válvula de bola de 3 vías (purga). (P/N 1G51902).	124
Válvula reguladora de alta presión montada en cilindro de nitrógeno. (P/N 6677A13).	125
Compresor de aire eléctrico horizontal. (P/N 4364K1).	126
Llave inglesa (válvula de impulso) (P/N 70-2153-100).	126
Llave inglesa. (P/N 02-12682).	127
Impresora de etiquetas. (P/N C11CC68122).	127
Calibración del equipo.	128
Preparación del cilindro	129

<b>Prueba e inspección.....</b>	<b>129</b>
<b>Reacondicionamiento de válvulas.....</b>	<b>129</b>
<b>Procedimiento de reacondicionamiento de la válvula de impulso de 1" (25mm) y 3" (80mm).....</b>	<b>130</b>
<b>Recarga de cilindros.....</b>	<b>136</b>
<b>Capacidad del cilindro.....</b>	<b>136</b>
<b>Densidad de llenado del cilindro.....</b>	<b>136</b>
<b>Transferencia de agente.....</b>	<b>136</b>
<b>Procedimiento de recarga (Llenado).....</b>	<b>137</b>
<b>Procedimiento de llenado de agente limpio para cilindros de válvula de impulso. ..</b>	<b>137</b>
<b>Procedimiento de súper presurización de nitrógeno para cilindros de válvula de impulso.....</b>	<b>139</b>
<b>Detección de fugas.....</b>	<b>141</b>
<b>Procedimiento de prueba de fugas.....</b>	<b>141</b>
<b>Identificación del cilindro.....</b>	<b>143</b>
<b>Elaboración del manual de revisión y manipulación para los cilindros que se desean recargar con el fin de determinar la condición física tanto interna como externa de los mismos y tener un criterio técnico para la aprobación o el rechazo de un cilindro que se pretenda recargar con agente limpio.....</b>	<b>145</b>
<b>Requisitos detallados.....</b>	<b>145</b>
<b>Recepción del cilindro a inspeccionar.....</b>	<b>145</b>
<i>Revisión de la identificación del cilindro.....</i>	<i>145</i>
<i>Número de serie.....</i>	<i>145</i>
<i>Especificación DOT y presión de servicio.....</i>	<i>146</i>
<i>Símbolo y marca del fabricante.....</i>	<i>146</i>
<i>Peso de tara.....</i>	<i>146</i>
<i>Estado de prueba periódica.....</i>	<i>146</i>
<b>Inspección de capacidad de servicio.....</b>	<b>146</b>

<i>Inspección externa</i> .....	146
<i>Inspección de pintura</i> .....	147
<i>Inspección de la tapa de protección de la válvula</i> .....	147
<i>Prueba hidrostática</i> .....	147
<i>Evaluación interna del cilindro</i> .....	149
<i>Prueba de martillo</i> .....	149
<i>Boroscopio</i> .....	149
<i>Rechazo de los cilindros</i> .....	150
<b>Registro de la inspección</b> .....	151
<b>Cálculo de la acometida eléctrica para la estación de recarga de agente limpio</b> .....	153
<b>Cálculo de la tubería de la acometida eléctrica</b> .....	166
<b>Caídas de voltaje de los circuitos ramales de la estación de recarga</b> .....	170
<b>Diseño de iluminación de acuerdo con el método de los lúmenes</b> .....	175
<b>Elaboración del presupuesto del equipamiento electromecánico necesario para entregar a Edificios Inteligentes EDINTEL S.A. el costo final de la estación de recarga y el respectivo estudio del cálculo de la viabilidad del proyecto</b> .....	178
<b>Presupuesto electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230</b> .....	179
<b>Análisis económico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230</b> .....	182
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	186
<b>Conclusiones</b> .....	186
<b>Recomendaciones</b> .....	189
<b>CAPÍTULO VI: PROPUESTA</b> .....	191
<b>Selección del equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga de agente limpio Novec 1230</b> .....	193
<b>Selección de los materiales eléctricos necesarios para la acometida eléctrica</b> .....	195
<b>Presupuesto electromecánico y análisis económico de la estación de recarga de agente limpio</b> .....	197

<b>Proceso de revisión, manipulación y recarga de los cilindros.</b> .....	199
<b>REFERENCIAS</b> .....	201
<b>APÉNDICES</b> .....	203
<b>Apéndice A. Ficha técnica del agente limpio Novec 1230.</b> .....	203
<b>Apéndice B. Ficha técnica de los cilindros de Fike Corporation para agente limpio Novec 1230.</b> .....	211
<b>Apéndice C. Lista de evaluación de las condiciones de infraestructura del sitio propuesto para la estación de recarga.</b> .....	214
<b>Apéndice D. Manual de revisión y manipulación de los cilindros de agente limpio.</b> ....	216
<b>Apéndice E. Evidencia de la evaluación de las condiciones de infraestructura de la bodega en la planta baja del edificio de EDINTEL.</b> .....	218

## Tablas

Tabla 1. Lista de grupos de agentes limpios de supresión de incendio. Fuente: (Ybirma, L. 2017).....	65
Tabla 2. Lista de agentes limpios de supresión de incendio. Fuente: (Ybirma, L. 2017). .....	66
Tabla 3. Tabla de propiedades físicas del agente limpio Novec 1230. Fuente: (Ficha Técnica del Novec 1230, 2020).....	74
Tabla 4. Información sobre Agentes Halo carbonados Limpios. (NFPA 2001, 2012). .....	79
Tabla 5. Descripción de variables o unidades de análisis. Fuente: Elaboración propia, 2020. ...	91
Tabla 6. Instrumentos utilizados. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	93
Tabla 7. Características del edificio de EDINTEL. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	98
Tabla 8. Equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	99
Tabla 9. Evaluación de las condiciones de infraestructura de la bodega en la planta baja del edificio de EDINTEL S.A. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	100
Tabla 10. Continuación de la Evaluación de las condiciones de infraestructura de la bodega en la planta baja del edificio de EDINTEL S.A. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	101
Tabla 11. Equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	109
Tabla 12. Tabla de presión versus temperatura. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	119
Tabla 13. Cilindros de almacenamiento disponibles para sistemas que utilizan líquido de protección contra incendios 3M™ NOVEC™ 1230. Fuente: (Ficha Técnica de los cilindros de Fike, 2019). .....	124
Tabla 14. Kits de recarga para el reacondicionamiento de la válvula de impulso de 1" (25mm) y 3" (80mm). Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).....	130
Tabla 15. Tabla de tasas de fuga máxima permitida para contenedores de agente limpio. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	143
Tabla 16. Registro para inspección de cilindros de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	151
Tabla 17. Continuación de Registro para inspección de cilindros de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	152
Tabla 18. Resumen de las salidas fijas de los equipos eléctricos de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	154

Tabla 19. Tabla 220.12 Cargas de iluminación general por tipo de ocupación. Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014).....	159
Tabla 20. Resumen de los cálculos de las cargas de los equipos eléctricos de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	162
Tabla 21. Resumen del cálculo de la corriente de la acometida eléctrica. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	163
Tabla 22. Extracto de Tabla 310.15(B)(16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014). ....	164
Tabla 23. Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna. Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014). ....	165
Tabla 24. Resumen de los conductores de la acometida eléctrica. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	165
Tabla 25. Cálculo de la tubería de la acometida eléctrica. Fuente: Elaboración propia, 2020..	166
Tabla 26. Tabla 5 Dimensiones de conductores aislados y de cables de artefactos. Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014). ....	167
Tabla 27. Tabla 4 Dimensiones y área porcentual de conductos y tuberías (áreas de conductos o tuberías para las combinaciones de cables permitidas en la Tabla 1, Capítulo 9). Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014). ....	168
Tabla 28. Acometida eléctrica de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	169
Tabla 29. Tabla 8 Propiedades de conductores. Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014).....	171
Tabla 30. Circuitos ramales de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	171
Tabla 31. Caída de voltaje del circuito ramal “Circuito tomas generales 1”. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	172
Tabla 32. Caída de voltaje del circuito ramal “Circuito estándar de fugas / impresora de etiquetas”. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	172
Tabla 33. Caída de voltaje del circuito ramal “Circuito báscula / manómetro”. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	172
Tabla 34. Caída de voltaje del circuito ramal “Estación de recarga / Bomba”. Fuente: Elaboración propia, 2020.....	173

Tabla 35. Caída de voltaje del circuito ramal “Polipasto eléctrico”. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	173
Tabla 36. Caída de voltaje del circuito ramal “Circuito luces 1”. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	173
Tabla 37. Caída de voltaje del circuito ramal “Compresor de aire”. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	174
Tabla 38. Datos para el cálculo de la iluminación por el método de lúmenes. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	176
Tabla 39. Valores de servicio de iluminación, recomendados para diversas clases de tarea visual. Fuente: Norma INTECO (INTE 31-08-06-2000). ....	177
Tabla 40. Presupuesto de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	179
Tabla 41. Continuación del presupuesto de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	180
Tabla 42. Resumen de horas necesarias para la instalación y puesta en marcha de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	181
Tabla 43. Extracto de las tasas de los certificados de depósito a plazo en el Banco Nacional de Costa Rica. Fuente: Página web del Banco Nacional de Costa Rica, 2020. ....	182
Tabla 44. Cálculo de las ganancias generadas debido a la inversión a plazo en el Banco Nacional. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	183
Tabla 45. Cálculo de la cantidad de libras de Novec 1230 necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	184
Tabla 46. Promedio del equivalente en libras necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	184
Tabla 47. Listado del equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). ....	194
Tabla 48. Lista de materiales eléctricos necesarios para la acometida de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	195
Tabla 49. Inversión inicial de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	197

## Figuras

Figura 1. Triangulo del fuego. Fuente: (Esparza, 2002).....	37
Figura 2. Transmisión de calor por conducción. Fuente: (Protección Civil España, 2013). .....	43
Figura 3. Transmisión de calor por convección. Fuente: (Protección Civil España, 2013). .....	44
Figura 4. Transmisión de calor por convección, calentador de agua. Fuente: (Protección Civil España, 2013).....	45
Figura 5. Transmisión de calor por radiación. Fuente: (Protección Civil España, 2013).....	46
Figura 6. Fuego clase A. Fuente: (Melisam Extintores, 2018).....	47
Figura 7. Fuego clase B. Fuente: (Melisam Extintores, 2018).....	47
Figura 8. Fuego clase C. Fuente: (Melisam Extintores, 2018). .....	48
Figura 9. Fuego clase D. Fuente: (Melisam Extintores, 2018). .....	48
Figura 10. Fuego Clase K. Fuente: (Melisam Extintores, 2018).....	49
Figura 11. Tetraedro del fuego. Fuente: (SFPE, 2016).....	50
Figura 12. Fases de un fuego típico en un compartimiento cerrado. Fuente: (Inganson, Li, Lonnermark, 2015). .....	52
Figura 13. Zonas de Flashover y Backdraft en una curva de incendio de pruebas. Fuente: (Cuerpo de Bomberos de Nueva York, 2005). .....	56
Figura 14. Curvas según tipo de crecimiento de un incendio. Fuente: (NFPA, 2018). .....	58
Figura 15. Propiedades medio ambientales del Novec 1230. Fuente: (3M™ Novec™, 2017)....	72
Figura 16. Comparación del tiempo de descarga en segundos entre el CO <sub>2</sub> y el Novec 1230. Fuente: (3M™ Novec™, 2019). .....	75
Figura 17. Representación gráfica del sistema de extinción Novec 1230. Fuente: (3M™ Novec™, 2019).....	76
Figura 18. Comparación del margen de seguridad de los agentes limpios. Fuente: (3M™ Novec™, 2019).....	80
Figura 19. Diagrama del equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	108
Figura 20. Contenedor de agente limpio a granel Novec 1230 de 661 lb (300 kg). Fuente: (3M™ Novec™, 2020).....	110
Figura 21. Contenedor de agente limpio a granel Novec 1230 de 2425 lb (1100 kg). Fuente: (3M™ Novec™, 2020). .....	111
Figura 22. Esquema de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020). .....	112

Figura 23. Estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).....	112
Figura 24. Herramienta de extracción del núcleo. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	113
Figura 25. Herramienta depresora central. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).....	113
Figura 26. Conector recto de acero macho NPT de 1/4" a macho JIC N2 de 1/4". Fuente: (Fabricante EATON, 2019).....	114
Figura 27. Manguera trenzada de acero inoxidable de 1/4" con conexiones JIC hembra de 1/4" en ambos extremos. Fuente: (Fabricante Glacier Tanks, 2019). ....	115
Figura 28. Termómetro portátil de lectura remota. Fuente: (Fabricante McMaster-Carr, 2019). .....	115
Figura 29. Báscula de suelo, 2000 libras de capacidad. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019).....	116
Figura 30. Cilindro de gas nitrógeno. Fuente: (Fabricante Praxair Costa Rica S.A., 2020). ....	116
Figura 31. Detector de fugas. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, (2020).....	117
Figura 32. Estándar de fugas. Fuente: (Fabricante Bacharach Inc. 2019). ....	118
Figura 33. Manómetro de prueba digital de alta precisión. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019).....	119
Figura 34. Válvula de cierre y adaptador para contenedor de agente limpio Novec 1230 a granel. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).....	120
Figura 35. Válvula de bola de latón de 2 vías de 3/8". Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020). ....	121
Figura 36. Válvula de bola. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).....	121
Figura 37. Polipasto eléctrico de cadena. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019).....	122
Figura 38. Cilindros de almacenamiento de válvula de impulso para sistemas que utilizan líquido de protección contra incendios 3M™ NOVEC™ 1230. Fuente: (Ficha Técnica de los cilindros de Fike, 2019). ....	123
Figura 39. Válvula de bola de 3 vías. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).124	
Figura 40. Válvula reguladora de alta presión montada en cilindro de nitrógeno. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019).....	125
Figura 41. Compresor de aire eléctrico horizontal. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019). .....	126
Figura 42. Llave inglesa (válvula de impulso). Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). ..	126
Figura 43. Llave inglesa. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).....	127

Figura 44. Impresora de etiquetas. Fuente: (Fabricante Epson, 2020). .....	127
Figura 45. Descripción de componentes de la válvula de impulso de 1" y 3" respectivamente. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	131
Figura 46. Representación de la forma correcta de retirar la tuerca de sujeción. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	132
Figura 47. Posición del pin actuador. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	132
Figura 48. Interior de la válvula de impulso. (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	133
Figura 49. Instalación del disco en la válvula de impulso (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	134
Figura 50. Instalación del nuevo anillo de fricción en la válvula de impulso. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	135
Figura 51. Etiqueta de identificación de los cilindros recargados. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	144
Figura 52. Extracto del diseño en AutoCAD del posicionamiento de los equipos grandes de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	155
Figura 53. Extracto del diseño en AutoCAD de la distribución eléctrica, Planta de salidas eléctricas de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	156
Figura 54. Extracto del diseño en AutoCAD de la distribución eléctrica, Planta de iluminación de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020. ....	157
Figura 55. Equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020). .....	193

## Dedicatoria

*Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.*

*A mi madre, con todo mi amor y cariño, es mi ángel que me cuida y me da las fuerzas desde el cielo para seguir adelante.*

*A mi padre, por el valor y el coraje que ha tenido para levantarse ante cualquier adversidad, sin él esto no hubiera sido posible, por las enseñanzas que me ha dado y por el gran cariño y apoyo durante toda mi vida.*

*A mi compañera de vida Katherine, por su apoyo incondicional y verdadero, por su gran amor hacia mí, por estar conmigo y no dejarme solo en aquellos momentos en que el estudio ocupó mi tiempo y esfuerzo, su ayuda ha sido fundamental para poder cumplir este sueño, una mujer maravillosa que afortunadamente Dios puso en camino.*

*A mi hermana Patricia, por su gran apoyo y acompañamiento durante todo mi trayecto estudiantil y de vida. Me ha dado su confianza y amor eternamente cuando desde muy temprana edad se convirtió en mi segunda madre y siempre ha estado para mí en todo momento.*

*A mi hermana Silvia, una hermana ejemplar, por el gran apoyo que ha sido para mí desde mi nacimiento, por el gran amor que me tiene y porque también se convirtió en mi segunda madre a muy temprana edad y siempre está a mi lado muy pendiente y aconsejándome a pesar de la distancia física.*

*A mi hermano Jesús, por estar siempre a disposición de ayudarme y por apoyarme en todas mis decisiones.*

*A mi familia, porque sin el apoyo de ellos nada de esto sería posible.*

## **Agradecimientos**

*Agradezco eternamente a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.*

*A mi madre y mi padre por darme la vida y por el gran apoyo y amor hacia mí.*

*A mi compañera de vida, mi mayor motivación de superación, por todo el apoyo y la confianza puesta en mí,*

*A mis hermanas y hermano quienes con sus consejos y cariño me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de la vida.*

*A mi familia un eterno agradecimiento, tengo el privilegio de formar parte una familia ejemplar y de grandes valores, que con la ayuda de Dios se ha superado.*

*Un agradecimiento especial al Ing. Billy Retana Peña por haberme dado su ayuda profesional y guiado durante todo este proceso para que este trabajo culminara con éxito.*

*A la Gerencia de EDINTEL por permitirme realizar el proyecto en dicha empresa, un gran agradecimiento a la empresa en la cual laboro por toda la confianza y acompañamiento durante todo este proceso.*

*Mi profundo agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera, con sus oraciones y consejos han aportado una gran parte de este trabajo.*

## Resumen

El presente proyecto consistió en un diseño del equipamiento electromecánico que debe ser instalado en un espacio del edificio de EDINTEL para la instalación de una estación de recarga de agente limpio Novec 1230 para sistemas de supresión de incendio, con el fin de ser la primer empresa en la región centroamericana en contar con una estación de recarga y de esta forma ofrecer una disminución del tiempo en el proceso de recarga actual, el cual sería enviando a fábrica los cilindros e importarlos nuevamente ya recargados, con la estación de recarga en nuestro país los tiempos que puede ofrecer EDINTEL disminuyen considerablemente de 12 a 14 semanas que se dura la exportación e importación desde fábrica contra uno o dos días hábiles que tardaría EDINTEL en recargar los cilindros localmente y con los mismos estándares de calidad de la fábrica.

Para el análisis y entendimiento del proyecto se inició con la evaluación del edificio de EDINTEL y la definición del lugar correcto en el cual se haría el diseño electromecánico, se realizó la selección del equipamiento electromecánico procurando que cumpliera con todas las especificaciones y requerimientos tanto eléctricos como mecánicos. Se detallaron los pasos para los procedimientos a realizar desde el reacondicionamiento de las válvulas de los cilindros, los procedimientos y requerimientos de la recarga, la súper presurización de gas nitrógeno, el proceso para detección de fugas y la identificación del cilindro una vez que haya pasado por todos los procesos mencionados anteriormente. Se crea un manual de revisión y manipulación de los cilindros.

Adicionalmente, se realiza el diseño de la acometida y los circuitos ramales de acuerdo con las cargas consumidas por los equipos en estudio y se entrega un presupuesto que incluye todo el equipamiento necesario para poner en funcionamiento la estación de recarga y los materiales eléctricos por utilizar para la instalación eléctrica.

Se realiza un análisis financiero para definir las ganancias que tendría la empresa si decida invertir el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica por cinco años y el cálculo de la cantidad de libras necesarias que se deben recargar en este período para que el proyecto sea más rentable que una inversión bancaria.

Finalmente, se brinda la propuesta con el diseño y costos del equipamiento electromecánico necesario para el correcto funcionamiento de la estación de recarga.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Los sistemas de supresión de incendios mediante un agente limpio gaseoso han sido por mucho tiempo, la solución que protege equipos costosos, aparatos electrónicos, y artículos irremplazables contra incendios y los efectos perjudiciales del agua, ya que los agentes limpios no son conductores eléctricos y no dañan los circuitos electrónicos; el agua, que es un conductor excelente, arruina los equipos electrónicos.

Dichos sistemas a base de agua (rociadores) están diseñados para proteger a personas y estructuras. Pero cuando se trata de proteger archivos, equipos de telecomunicaciones, bienes de gran valor, computadoras y otros equipos electrónicos, el agua puede causar más daños que el fuego propiamente dicho.

El fluido del agente limpio extingue el incendio antes de que se inicie eliminando rápidamente el calor. En un sistema de inundación total típico, el fluido se almacena en forma de líquido en cilindros presurizados con nitrógeno. Los sensores de detección automática se activan cuando el incendio está en una fase incipiente, por lo que lo extingue en cuestión de segundos.

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 cilindros, puede utilizarse un diseño de disparo que permita activar todos en conjunto. Se deben incluir centrales de detección y control de incendio, dispositivos de disparo y alarmas, luces estroboscópicas y señales de advertencia. Se requiere una parte o la totalidad de estos equipos de detección de incendio al diseñar un sistema completo.

Este proyecto nace de la necesidad que presenta el país y propiamente la empresa Edificios Inteligentes EDINTEL S.A., de una estación con el equipamiento electromecánico necesario que permita realizar las recargas de agente limpio de los cilindros de supresión de incendio en el momento que los cilindros en los cuales se almacena el agente limpio sufran una descarga, con esta estación de recarga se podrían disminuir los tiempos de importación que normalmente se tendrían que considerar si se envían los cilindros a recargar hasta la fábrica en Estados Unidos de América, el proceso de exportación de los cilindros a fábrica y la importación nuevamente a nuestro país tarda aproximadamente de 12 a 14 semanas, aunado a lo anterior es importante tomar en cuenta que se podría tener un ahorro significativo de dinero en el costo de la recarga de agente limpio, así mismo también se disminuye el tiempo en que el recinto en el cual se descargó el sistema de supresión de incendio se encuentre sin protección contra posibles incendios.

Además, podemos resolver localmente y en períodos de tiempo muy cortos todas las necesidades que demanda esta especialidad cumpliendo con NFPA 2001, Norma sobre sistemas extintores de incendio mediante agentes limpios, desde el diseño, la instalación, recarga y mantenimiento.

Todo el trabajo que hoy se envía al exterior y pasa por el proceso de recarga y envío nuevamente, podremos realizarlo de manera mucho más rápida, con igual eficacia y bajo los mismos estándares de calidad.

**Problema**

¿Cuál es el diseño del equipamiento electromecánico que debe ser instalado en un espacio físico destinado para una estación de recarga de agente limpio para sistemas de supresión de incendio, basado en el manual de recarga de Fike “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”, el cual se encarga de regir el procedimiento para recargar cilindros de sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios?

## Objetivos

### Objetivo general.

- 1) Efectuar el diseño del equipamiento electromecánico que debe ser instalado en un espacio físico destinado para una estación de recarga de agente limpio para sistemas de supresión de incendio, basado en el manual de recarga de Fike “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”, el cual se encarga de regir el procedimiento para recargar cilindros de sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios.

### Objetivos específicos.

- 1) Evaluar las condiciones del edificio de EDINTEL S.A., para determinar cuál es el área ideal para instalar la estación de recarga de agente limpio basado en recomendaciones de Fike Corporation.
- 2) Leer y apegarse al manual “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”, propiedad de Fike, el cual es una guía describir el proceso de recarga de los cilindros y la selección del equipamiento electromecánico necesario para el diseño de la estación de recarga de agente limpio.
- 3) Leer y apegarse a la Norma NFPA 2001 “Norma sobre sistemas de extinción de incendios de agente limpio”, Norma NFPA 70 “Código Eléctrico Nacional” y fichas técnicas de los fabricantes Fike Corporation y 3M<sup>TM</sup> para asegurar el correcto funcionamiento del equipamiento de la estación de recarga tanto eléctrica como mecánicamente.
- 4) Elaborar un manual de revisión y manipulación para los cilindros que se desean recargar con el fin de determinar la condición física tanto interna como externa de los mismos y tener un criterio técnico para la aprobación o el rechazo de un cilindro que se pretenda recargar con agente limpio, basado en el manual de recarga del fabricante “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”.

- 5) Elaborar el presupuesto del equipamiento electromecánico necesario para entregar a Edificios Inteligentes EDINTEL S.A., el costo final de la estación de recarga y el respectivo cálculo de las ganancias generadas en caso de invertir el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica.
  
- 6) Determinar la cantidad mínima en libras (lbs) de agente limpio Novec 1230 que deben recargarse al año para que la estación de recarga sea un proyecto sea más rentable que invertir el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica durante 5 años.

## **Justificación**

La justificación del proyecto hace énfasis en realizar un estudio tanto técnico como económico para definir el equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga de agente limpio, incluyendo sus costos de ejecución y el porcentaje de ahorro que representa recargar los cilindros con agente limpio en nuestro país con respecto a enviar los cilindros a recargar a la fábrica Fike en Estados Unidos de América. Además, el estudio nos permite poder tomar decisiones a nivel de empresa ya que con esta estación de recarga se buscan nuevas oportunidades de negocio y por ende un crecimiento a partir de este mercado que no está cubierto por ninguna empresa a nivel centroamericano.

Este proyecto tendrá lugar en la empresa Edificios Inteligentes EDINTEL S.A., ubicada en Costa Rica, San José, Sabana Sur; EDINTEL S.A. es una empresa de ingeniería dedicada al diseño y desarrollo de proyectos en las áreas de sistemas contra incendio, seguridad electrónica, automatización y telecomunicaciones, además se encarga de proveer al mercado Centroamericano con herramientas de alta tecnología y calidad para la automatización, administración y seguridad de edificios. EDINTEL S.A. tiene una gran cantidad de clientes que prefieren comprar un sistema completamente nuevo antes de realizar una recarga del agente limpio, ya que es un proceso muy costoso económicamente porque se deben exportar e importar nuevamente los cilindros, por lo tanto, hoy para el cliente es más económico un cilindro nuevo, justamente acá es donde vemos nuestra oportunidad de negocio. Algunos ejemplos de estas empresas son; Western Union, Huawei, Tigo Costa Rica, Recope, CCSS...

## **Limitaciones**

- EDINTEL S.A. no posee planos arquitectónicos actualizados de su edificio.
- No hay antecedentes investigativos de estaciones de recarga de agente limpio, por lo tanto, es un proyecto completamente innovador.
- Dificulta alta para estimar la proyección de ventas debido a que se depende que la cantidad de cilindros que se descargan al año.

## **Proyecciones**

- La proyección de esta tesis se basa en entregar a la empresa Edificios Inteligentes EDINTEL S.A., un documento con el diseño del equipamiento electromecánico necesario, y el análisis de costos de una estación de recarga de agente limpio para sistemas de supresión de incendio capaz de cubrir las necesidades de los clientes en el momento que sus centros de datos o recintos protegidos corren peligro a causa de la descarga de un cilindro.
- Se evaluarán las condiciones de infraestructura de EDINTEL con el fin de determinar si el espacio disponible es apto para utilizar como estación de recarga.
- Se entregará un manual de evaluación y manipulación de los cilindros de acuerdo con una lista de chequeo que debe utilizarse a la hora de realizar la inspección de cada cilindro.
- Se creará un análisis financiero para realizar la comparación de la rentabilidad del proyecto invirtiendo el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica contra la cantidad de libras de agente limpio Novec 1230 que se deben recargar para que el proyecto sea más rentable dicha cantidad de dinero.

## **Antecedentes**

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

**Autor:** Jeremy Ellis Chavarría

**Institución:** Universidad Internacional de las Américas

**Año:** 2019

En el mes de agosto del 2019, fue presentado en la Escuela de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Internacional de las Américas, la investigación de tesis: “Investigación y creación de un manual de diseño para sistemas de supresión por agente limpio «Novec» 1230, por Jeremy Ellis Chavarría, como requisito para optar por el grado de bachillerato en Ingeniería Electromecánica.

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.

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.

En esta tesis 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.

Con los resultados obtenidos en las encuestas se logró determinar la temática por 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.

Después de analizar este proyecto de graduación puedo determinar que es una tesis de suma importancia para la Universidad Internacional de las Américas y para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica ya que pueden aprender a realizar un diseño de supresión de incendio con agente limpio con la ayuda del manual realizado por Jeremy Ellis Chavarría, además para mi tesis me ayuda mucho en la comprensión del funcionamiento del agente limpio Novec 1230, el cual es el agente limpio que se utilizará en la estación de recarga.

**Análisis de seguridad humana basado en desempeño en caso de incendio del edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica.**

**Autores:** Michael Alcázar Fallas, Luis Roberto Bolaños Esquivel, Silvio Alberto García Aguirre

**Institución:** Universidad de Costa Rica

**Año:** 2019

En el año 2019 fue presentado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, el trabajo final de graduación “Análisis de seguridad humana basado en desempeño en caso de incendio del edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica” por Michael Alcázar Fallas, Luis Roberto Bolaños Esquivel y Silvio Alberto García Aguirre, como requisito para optar al título de Licenciatura en Ingeniería Mecánica con énfasis en sistemas de protección contra incendios.

El propósito de este trabajo fue analizar las condiciones de seguridad humana del edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica utilizando criterios basados en el desempeño, para determinar el nivel de seguridad del edificio en sus condiciones actuales en caso de incendio. Por lo tanto, sirva como una referencia documentada para futuros trabajos basados en el método de desempeño para la carrera de Ingeniería Mecánica con énfasis en protección contra incendios.

Para alcanzar lo descrito anteriormente, se requirió analizar 3 factores para la selección de un escenario, los cuales son: la carga de fuego, las características del edificio y las características de los ocupantes. A partir de dicho análisis se estableció uno con altas probabilidades de ocurrencia y que afecte los medios de egreso.

Mediante el uso de programas informáticos pertinentes, se parametrizó y se desarrolló el modelo de comportamiento del fuego, humo y rutas de evacuación específicos para el edificio.

Una vez obtenido los resultados del comportamiento del humo y de la evacuación de los ocupantes, se procedió a comparar el tiempo de egreso seguro requerido (RSET), contra el tiempo donde las condiciones de sostenibilidad se pierden, tiempo de egreso seguro disponible (ASET).

De los factores que afectan el tiempo de evacuación, el principal fue la pérdida de la visibilidad de los ocupantes, seguido del daño térmico en las vías respiratorias de las personas y por último el factor de toxicidad en caso de aspirar los gases resultantes de la combustión.

Se debe considerar que el análisis por desempeño es un método que requiere de un análisis muy exhaustivo debido a que se adecua a las condiciones y necesidades específicas de cada edificación, de las características de cada ocupante y de los combustibles presentes, por lo tanto, no es un método generalizable.

Se determinó, que el efecto de instalar un sistema de supresión de incendios a base de rociadores automáticos, diseñado, instalado y dándole el respectivo mantenimiento basándose en la normativa NFPA aplicable, reduce los daños producidos por la liberación de calor asociada a un incendio. Esto debido a que cuando se alcanza la temperatura de activación, el rociador automático se activa y controla la tasa de liberación de calor (HRR), ayudando a que las condiciones de sostenibilidad se mantengan durante más tiempo, logrando así aumentar el tiempo disponible (ASET) para que los ocupantes evacuen de manera segura, según la simulación de rociador automático realizada.

Con la entrega de este documento y el informe de desempeño, realizados según la guía del SFPE y la NFPA en términos de seguridad humana, se aportó una referencia documentada la cual sirve como ejemplo para estudiantes y profesionales que deseen realizar futuros análisis basados en el método por desempeño en el país.

Después de analizar esta tesis de graduación puedo argumentar y tener una idea más clara de las normas vigentes en nuestro país con respecto a los sistemas de protección contra incendio y el respaldo técnico del funcionamiento y explicación de los sistemas de protección contra incendio y los fundamentos técnicos del fuego.

**Diseño de un sistema de protección contra incendios para el cuarto de control de una refinería a base de agente HFC-227ea.**

**Autor:** Manuel Alejandro Álvarez Jiménez

**Institución:** Universidad Nacional Autónoma de México

**Año:** 2012

En el mes de mayo del 2012, fue presentado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México, División de Ingeniería Civil y Geomática la investigación de tesis “Diseño de un sistema de protección contra incendios para el cuarto de control de una refinería a base de agente HFC-227ea”, por Manuel Alejandro Álvarez Jiménez, como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil.

La investigación se basa en mostrar el desarrollo del diseño de un sistema de protección integral contra incendios para un recinto con exigencias de seguridad muy específicas como las de un cuarto de control. Estas estancias cuentan siempre con personal al pendiente de la refinería y componen el cerebro de todo el conjunto, por lo que su protección contra siniestros provocados por fuego es de primordial importancia.

Dentro de los objetivos específicos que esta tesis pretende, se encuentra el ofrecer una visión práctica de los fundamentos teóricos de la protección contra incendios, así como justificar acertadamente la aplicación de la supresión con gas halo-carbonado.

Se comenzó abordando el estudio del fuego identificando los elementos que dan lugar a su aparición, su clasificación y las formas de extinguirlo. De igual manera se hizo una breve reseña sobre el análisis de riesgo de incendios, el cual ayuda a seleccionar el sistema de protección adecuado para un recinto.

El capítulo tres de esta tesis brinda una visión más práctica de la protección contra incendios. En esta sección se explicó de manera básica el funcionamiento de los sistemas

existentes, su estructura lógica, sus componentes y la función de cada uno, sus bondades y limitaciones, así como el lineamiento que tienen con la normatividad existente.

La conclusión principal de esta tesis es que se ha logrado integrar una guía práctica sobre cómo realizar un sistema de supresión contra incendio a base de agente limpio, en este caso para un cuarto de control con gas HFC-227ea. Existen sistemas de supresión que utilizan otros agentes extintores, sin embargo, la metodología aquí mostrada es muy similar a la que se usaría en el diseño de estos.

Además, esta tesis incluye fundamentos teóricos básicos que permiten comprender mejor cómo se hace actualmente el estudio del fuego y cuáles son los principios que se toman en cuenta para lograr la supresión de un incendio.

La creación de nuevas tecnologías que ayuden a prevenir y combatir incendios y que resulten relativamente económicas tienen un alto potencial de lucro, pues el mercado aun es amplio y tiene muchísima necesidad de invertir menos y obtener mejores beneficios.

Otro aspecto fundamental en la protección contra incendio es la normatividad, la cual, como tal representa un negocio grande para las organizaciones predominantes en el medio, pues son propietarias de algo muy valioso, la experiencia de muchos años, además de que la inversión en investigación por parte de estos entes es su principal generador de activos. Como ingeniero, uno debe apegarse a las normas y aprobaciones de mayor prestigio, pues los usuarios siempre buscarán tener un respaldo que goce de amplia reputación.

Después de analizar este proyecto de graduación puedo determinar que es una tesis importante para mi proyecto ya que nos explica técnicamente cómo funcionan los sistemas de detección y supresión de incendio, en este caso se utilizó el agente limpio HFC-227 que fue un agente bastante utilizado hace aproximadamente 8 años, sin embargo, para mi tesis utilizaré el agente limpio Novec 1230, el cual es más amigable con el medio ambiente.

**Diseño de un sistema de protección contra incendios para la dirección de tecnología, información y comunicación de la Universidad Central de Venezuela.**

**Autor:** Omar Dordelly y Enrique Campos

**Institución:** Universidad Central de Venezuela

**Año:** 2010

En el año 2010 fue presentado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, Comisión de Estudios de Post Grado el trabajo especial de grado “Diseño de un sistema de protección contra incendios para la dirección de tecnología, información y comunicación de la Universidad Central de Venezuela” por Omar Dordelly y Enrique Campos, como requisito para optar el título de Ingeniero Mecánico.

El trabajo de investigación tuvo como objetivo fundamental el diseño de un sistema de protección contra incendio para la Dirección de Tecnología, Información Comunicación de la Universidad Central de Venezuela. Se realizó un análisis de riesgo bajo el método Meseri, para obtener la catalogación de los riesgos de las áreas a proteger. Se compararon tres agentes extintores y se seleccionó el NOVEC 1230, por su efectividad, costo y que cumpla con las normas de conservación del ambiente.

Se escogió para el edificio N°1 un sistema fijo automático de inundación total denominado SAPPHIRE, con sus respectivos dispositivos de detección y alarma, respetando las normas en el diseño bajo los esquemas del fabricante, así como también las normas nacionales.

En este trabajo se buscó diseñar un sistema que permitiera proteger las instalaciones de la Dirección de Tecnología, Información y Comunicación de la Universidad Central de Venezuela, ya que la misma es considerada un área de mucha importancia en toda la cadena administrativa de la universidad, en ella se procesa y almacena la información proveniente del campus universitario. Esta área tiene servidores que forzosamente necesitan ser resguardados por un sistema permanente las 24 horas del día, de modo que lo más ideal es diseñar un sistema que funcione tanto de forma automática como de forma manual en caso de presentarse alguna eventualidad.

Después de evaluar este trabajo de graduación, se determina la importancia saber diseñar un sistema de agente limpio Novec 1230, el mismo que utilizaré en mi tesis, se diseña el sistema desde el principio y utilizan un software de diseño muy parecido al que yo estoy utilizando para el diseño, además del sistema de supresión se diseñó también el sistema de detección de incendio que es un sistema muy importante para que el sistema de agente limpio pueda funcionar correctamente.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

El presente capítulo corresponde a la investigación teórica y consiste en detallar, teóricamente, los temas que se van a presentar a lo largo del proyecto, para lograr una mejor comprensión del lector. Por ende, es indispensable conocer el significado, el origen y la utilidad de los términos más importantes y mencionados en la investigación, ya que esto permitirá un mejor entendimiento de lo que es el análisis y la solución del problema planteado.

Este capítulo se realiza mediante la recopilación de información, con las respectivas referencias, de diferentes autores en libros, artículos, revistas, documentos de fabricantes y sitios web, que esté relacionada a los sistemas de supresión de incendio por agente limpio y a los equipos y herramientas que se requieren para ejecutarlo.

A continuación, se van a desarrollar las herramientas y los conceptos importantes que se van a utilizar en el proyecto.

### **Reseña histórica de la protección contra incendios**

El fuego ha existido desde la formación del universo y es una constante de él. A partir de que la humanidad descubrió el fuego y comenzó a manipularlo, su desarrollo se ha acelerado hasta transformar el mundo tal como lo conocemos hoy.

Sin embargo, cuando el fuego se sale de control, puede provocar catástrofes que afectan al ser humano de manera considerable. En la sociedad urbana, se han adoptado prácticas para tratar de prevenir siniestros provocados por un incendio. Estas actividades dan lugar a la protección contra incendios.

La protección contra incendios tiene como principio fundamental permitir a los ocupantes de un edificio donde comience un siniestro evacuarlo por sus propios medios hasta llegar a un lugar seguro sin sufrir daño corporal. Así también, se da cabida a la protección del edificio y sus instalaciones.

A través del tiempo, la humanidad ha enfrentado catástrofes que le han dejado la experiencia para tomar medidas preventivas ante los incendios. Sin embargo, se le da un enfoque más técnico a la protección contra incendios hasta mediados del siglo 17, cuando Londres, después del gran incendio de 1666 que destruyó el ochenta por ciento de la ciudad, adopta en su reglamento la edificación de casas a base de piedra y ladrillo resistente al fuego con paredes como separaciones.

A lo largo de los siglos dieciocho y diecinueve, disminuyeron los incendios en los inmuebles que cambiaron sus materiales de construcción de elementos combustibles a estructuras de mamposterías, hormigón y acero. Por otro lado, la industrialización representó un incremento en el riesgo de fuego en las fábricas que procesaban productos como telas y papel, por lo que los incidentes en estos lugares eran frecuentes. Ante estas dificultades, los esfuerzos por contar con sistemas fijos de combate al fuego desembocaron en los rociadores automáticos, teniendo su primera patente en 1874 otorgada a Henry S. Parmalee.

Durante el siglo diecinueve, la ingeniería de protección contra el fuego fue impulsada mayormente por las compañías aseguradoras, creando organizaciones que dieron pie al nacimiento de normatividades y estandarizaciones con el fin primordial de reducir la pérdida de vidas y de bienes. Así nacen asociaciones como la NFPA (National Fire Protection Association), FM (Factory Mutual) y UL (Underwriters Laboratories).

Es hasta la segunda mitad del siglo veinte que la protección contra incendios nace como una profesión. En nuestros días, se cuentan con una amplia normatividad que trata de estandarizar las actividades de seguridad, sin embargo, esta evoluciona conforme los avances tecnológicos van dando paso a mejores herramientas.

## **Descripción de protección contra incendios**

La protección contra incendios es una disciplina que se puede afirmar se basa en cuatro metas fundamentales: proteger la vida, preservar el medio ambiente, resguardar la estructura y salvaguardar la continuidad de las operaciones.

Para poder cumplir estas metas, es necesario poder entender conceptos claves que describen el comportamiento tanto del fuego como el de los seres humanos dentro de una emergencia. La protección contra incendios incluye ramas de la ciencia tales como: termoquímica, mecánica de fluidos, dinámica del fuego, dinámica de humos, comportamiento humano, evacuación, compartimentación, comportamiento estructural y modelado computacional, solo por citar algunas disciplinas.

## **Fundamentos de dinámica del fuego**

A continuación, se presentarán conceptos fundamentales de protección contra incendio necesarios para un entendimiento del análisis presentado en este proyecto.

### **Definición del fuego.**

Para definir qué es el fuego, primero se debe resaltar la diferencia entre flama y fuego. Para el primero, concretaremos que "es el resultado de una reacción química que libera energía en forma de calor, con una temperatura de entre 1500 K (1226,85 °C) y 2500 K (2226,85 °C) cuando la reacción se da en el aire" (Quintiere, 1998), a diferencia de las definiciones clásicas donde se afirmaba que el fuego es una reacción química que libera calor y luz, no obstante, en algunos casos estos productos no se presentan. Por ejemplo, en la flama de hidrógeno se genera calor no obstante su luz es imperceptible para el ojo humano. Una flama también podría ser el resultado de un proceso adiabático, por lo que el calor no sería liberado del todo. Como resultado de esto, el fuego "es la combinación turbulenta de muchas flamas" (Quintiere, 1998). Esta combinación es conocida como Flama Laminar y se caracteriza por contar con un espesor del orden de  $10^{-3}$  cm y una tasa de liberación de energía de al menos 108 W/cm<sup>3</sup>.

Sin embargo, esta definición es un poco difícil de medir, ya que la mayoría de las personas no están relacionadas con las dimensiones fundamentales usadas en su definición. Por lo tanto, usaremos la definición propuesta por Quintiere tratando de reacomodar las ideas propuestas.

Entonces, el fuego es la reacción química exotérmica que combina oxígeno con alguna sustancia (combustible) con una tasa de liberación de calor dependiente de la temperatura y los efectos catalíticos.

### **El triángulo y tetraedro del fuego.**

“El estudio de la dinámica del fuego y de su extinción supone la utilización de disciplinas tales como la mecánica de fluidos, las transferencias de calor y materia y la cinética química” (Esparza, 2002). Sin embargo, con frecuencia los textos emplean un triángulo o un tetraedro para representar los elementos básicos del fuego, siendo ésta una forma intuitiva del fuego y de sus métodos de extinción.

Una simplificación gráfica habitual para describir el proceso de la combustión es el denominado triángulo del fuego.

Con él se quiso representar que el fuego no podía producirse sin que se unieran tres elementos: el combustible, el comburente y la energía de activación (calor).

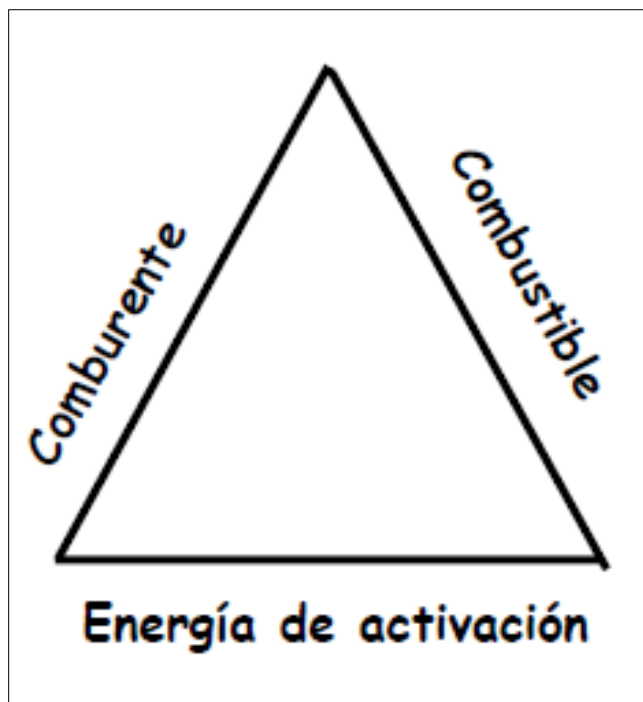


Figura 1. Triángulo del fuego. Fuente: (Esparza, 2002).

### **Combustible, Comburente y Energía de activación.**

Los elementos descritos anteriormente, los podemos definir de la siguiente manera:

#### ***Combustible.***

Es cualquier sustancia que en presencia de oxígeno y aportándole una cierta energía de activación, es capaz de arder (Esparza, 2002). Los combustibles pueden clasificarse, según su naturaleza:

- Combustibles sólidos: Carbón mineral, madera, plástico y textiles
- Combustibles líquidos: Productos de la destilación del petróleo (gasolina, gasoil, fuel-oil, aceites, etc.), alcoholes y disolventes
- Combustibles gaseosos: Gas natural, metano, propano, butano e hidrógeno.

### ***Comburente.***

Es el elemento en cuya presencia el combustible puede arder (normalmente oxígeno). Sustancia que oxida al combustible en las reacciones de combustión (Esparza, 2002).

El oxígeno es el agente oxidante más común. Por ello, el aire, que contiene aproximadamente un 21 % en volumen de oxígeno, es el comburente más habitual en todos los fuegos e incendios.

Algunas sustancias químicas que desprenden oxígeno bajo ciertas condiciones son; Nitrato Sódico ( $\text{Na NO}_3$ ) y Clorato Potásico ( $\text{KClO}_3$ ), los cuales son agentes oxidantes cuya presencia puede provocar la combustión en ausencia de comburente; otros productos, como la nitrocelulosa, arden sin ser necesaria la presencia de aire por contener oxígeno en su propia estructura molecular.

### ***Energía de activación.***

Es la energía (calor) que es preciso aportar para que el combustible y el comburente reaccionen. Es la energía necesaria para el inicio de la reacción (Esparza, 2002).

Para que las materias en estado normal actúen como reductores necesitan que se les aporte una determinada cantidad de energía para liberar sus electrones y compartirlos con los más próximos del oxígeno. Esta energía se llama “energía de activación” y se proporciona desde el exterior por un foco de ignición (calor).

De la energía desprendida en la reacción, una parte se disipa en el ambiente provocando los efectos térmicos derivados del incendio y el resto calienta a unos productos reaccionantes aportando la energía de activación precisa para que el proceso continúe.

Las fuentes de ignición que proporcionan esta energía pueden ser: sobrecargas o cortocircuitos eléctricos, rozamientos entre partes metálicas, equipos de soldadura, estufas, reacciones químicas y chispas.

## **Combustión**

La combustión es una reacción de oxidación entre un combustible y un comburente, iniciada por una cierta energía de activación y con desprendimiento de calor (reacción exotérmica). El proceso de combustión transcurre esencialmente en fase de vapor (Protección Civil España, 2013).

Los sólidos se someten primero a un proceso de descomposición de su estructura molecular, a elevada temperatura, hasta llegar a la formación de gases que pueden ser oxidados.

Los líquidos primero se vaporizan, luego se mezclan con el comburente y se someten a la acción de la llama para iniciar la reacción.

### **Tipos de combustión.**

#### ***Combustión lenta.***

Se produce sin emisión de luz y con poca emisión de calor. Se da en lugares con escasez de aire, combustibles muy compactos o cuando la generación de humos enrarece la atmósfera (sótanos, habitaciones cerradas, etc.). Son muy peligrosas, ya que en el caso de que entre aire fresco puede generarse una súbita aceleración del incendio, e incluso una explosión (Protección Civil España, 2013).

#### ***Combustión normal.***

Se produce al aire libre o con aire suficiente y sin aporte de elementos extraños que mantengan la combustión. Serían los fuegos o incendios normales (Protección Civil España, 2013).

#### ***Combustión rápida.***

Se produce con fuerte emisión de luz y calor, con llamas (Protección Civil España, 2013). Si dicha velocidad es muy elevada se generará una onda de presión y estaremos ante una explosión, que según la velocidad de propagación recibe el nombre de:

- Deflagración: es una combustión rápida, con llama, en la que la velocidad de propagación del frente en llamas es menor que la velocidad del sonido (340m/s)
- Detonación: sólo se produce con ciertos materiales inestables que reaccionan ante cualquier impulso mecánico o aumento de temperatura, alcanza una velocidad de propagación mayor que la velocidad del sonido, pudiendo alcanzar velocidades de km/s.

### **Productos de la combustión.**

Los incendios acarrear innumerables pérdidas, tanto en el orden económico como en el orden de víctimas. La inmensa mayoría de las víctimas mortales de incendios, casi el 90%, no fallecen por quemaduras, sino por asfixia. Un incendio que se produce muy lejos del lugar donde estaba la víctima origina unos productos que van mucho más lejos que lo que es el propio incendio (Protección Civil España, 2013).

Estos productos de la combustión los podemos clasificar en llamas, humo, gases y calor.

#### ***Llamas.***

Las llamas son gases incandescentes y se originan cuando la combustión se produce en una atmósfera lo suficientemente “rica” en oxígeno.

Las llamas suelen ser visibles, porque emiten radiaciones luminosas, aunque hay ocasiones en que esto no ocurre así (combustión completa materias orgánicas).

La presencia de llamas denota la emisión de gases por efecto del calor del combustible implicado y la posible afectación de los combustibles cercanos.

El color de la llama depende de muchos factores, entre los que destacan la composición química del combustible y la proporción de oxígeno en el ambiente (amarillo = sales de sodio, rojo = sales de calcio, verde = sales de cobre, violeta = sales de potasio).

### ***Humo.***

Se debe a combustiones incompletas de los materiales en reacción. Está formado por partículas sólidas parcialmente combustionadas y por condensaciones de vapores y gases de combustión.

El color y la opacidad dependerán, de nuevo, de la naturaleza y composición química de los productos reaccionantes, así como de la concentración de oxígeno en el ambiente, el color del humo se puede diferenciar de la siguiente forma:

- Blanco o gris pálido: indica que arde libremente
- Negro o gris oscuro: indica normalmente fuego caliente y falta de oxígeno
- Amarillo, rojo o violeta: generalmente indica la presencia de gases tóxicos.

El humo dificulta la visión y puede producir desorientación y pánico. Suele estar a alta temperatura, lo que se traduce en dificultades de respiración (asfixia) y posibles quemaduras. Provoca numerosos daños materiales, sobre todo en incendios de viviendas.

### ***Gases.***

Son el producto de la combustión y muy peligrosos para las personas. Suelen ser tóxicos y/o asfixiantes. También se pueden producir gases inflamables, lo que contribuye a aumentar el incendio y sus consecuencias. Los gases más comunes son:

- Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>
- Monóxido de Carbono CO
- Ácido Cianhídrico CNH
- Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub>
- Ácido Sulfhídrico SH<sub>2</sub>.

### ***Calor.***

De todos los productos de combustión, es el principal responsable de que el fuego se propague, ya sea a través del calentamiento de los materiales circundantes o por el movimiento del aire que calienta.

El calor es una forma de energía, y no hay que confundir su concepto con el de “temperatura”:

- Calor: es el flujo de energía entre dos cuerpos con diferente temperatura
- Temperatura: es el nivel de energía interna de cada cuerpo.

### **Transmisión de calor**

Siempre que existe una diferencia de temperatura en el universo, la energía se transfiere de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura (calor), bien sea de un cuerpo a otro o en el interior del mismo cuerpo o materia; este mecanismo lo denominaremos transmisión del calor (Protección Civil España, 2013).

Los Mecanismos de Transmisión del Calor que vamos a considerar son:

- Conducción
- Convección
- Radiación.

## Conducción.

Es la forma de transmisión de calor que se produce por el contacto directo entre materias a distinta temperatura. Las moléculas calientes, con un estado de vibración mayor, chocan con sus vecinas, traspasándoles parte de su energía. La conducción se verá favorecida en todas aquellas sustancias en las que el grado de disgregación de la materia sea pequeño; siendo mejor la conducción en sólidos que en líquidos, y en éstos mejor que en los gases (Protección Civil España, 2013).

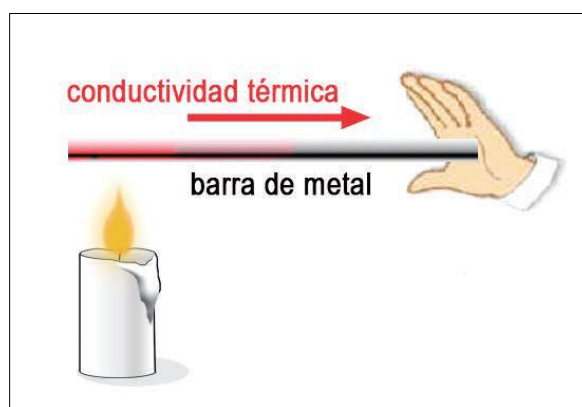


Figura 2. Transmisión de calor por conducción. Fuente: (Protección Civil España, 2013).

La capacidad de conducción del calor o conductividad térmica es una propiedad física de cada sustancia y puede variar ligeramente en función de la temperatura y de las características particulares del material (humedad).

Cuanto mayor sea la conductividad térmica, tanto mayor será la cantidad de calor que pase por unidad de tiempo. Los mejores conductores son la plata y el cobre. Son poco conductores los sólidos no metálicos, todos los líquidos excepto el mercurio, y los gases.

## Convección.

La expresión convección se aplica a la propagación del calor de un lugar a otro, por un movimiento real de la sustancia caliente. Si la sustancia se mueve de forma natural, se dice que es una convección natural o libre; en caso contrario, se trata de una convección forzada (Protección Civil España, 2013).

Este mecanismo consiste en la transmisión del calor por la “mezcla” de una parte de un fluido (líquido o gas) con otra que tiene menos temperatura. Para que se produzca esta “mezcla” tiene que haber un movimiento del fluido, de ahí que no se pueda dar este mecanismo en los sólidos.

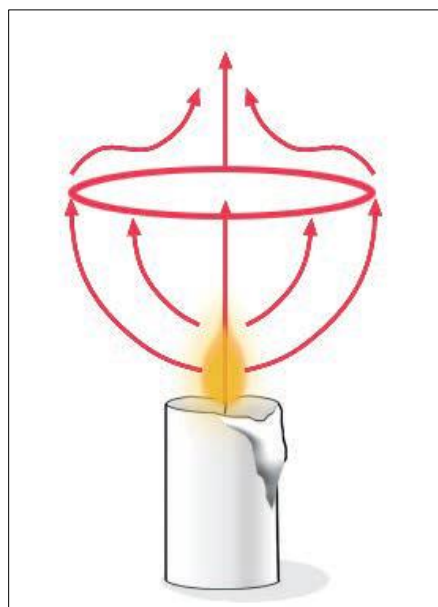


Figura 3. Transmisión de calor por convección. Fuente: (Protección Civil España, 2013).

Un mismo fluido (líquido o gas), tiene menos densidad (menor peso por unidad de volumen), cuanto mayor sea su temperatura (Protección Civil España, 2013).

La convección se basa en este movimiento originado por distintas densidades para conseguir esa “mezcla” que transmite el calor. Así funcionan, por ejemplo, las calefacciones de agua de cualquier vivienda.

La expansión de un fuego por convección probablemente tiene más influencia que los otros métodos a la hora de definir la estrategia de intervención. En la mayoría de los casos el calor que se está transmitiendo tendrá una dirección vertical, aunque el aire pueda llevarlo en cualquier otra dirección.

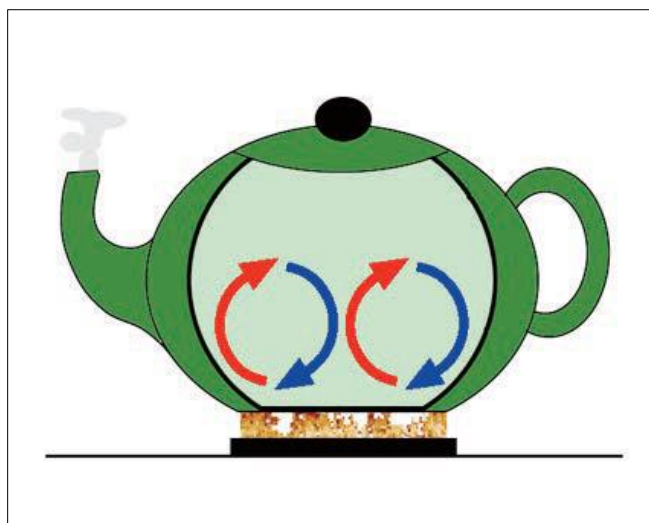


Figura 4. Transmisión de calor por convección, calentador de agua. Fuente: (Protección Civil España, 2013).

### **Radiación.**

Es la forma de transmisión del calor por emisión continua de energía desde la superficie de un cuerpo en forma de ondas electromagnéticas (energía radiante) (Protección Civil España, 2013).

Todas las formas de energía radiante se propagan en línea recta a la velocidad de la luz.

Cuando la energía radiante incide sobre un cuerpo, existen tres posibilidades:

- Absorción: (el cuerpo radiado absorbe el calor)
- Reflexión: (el cuerpo radiado refleja el calor)
- Transmisión: (la radiación pasa a través del cuerpo).

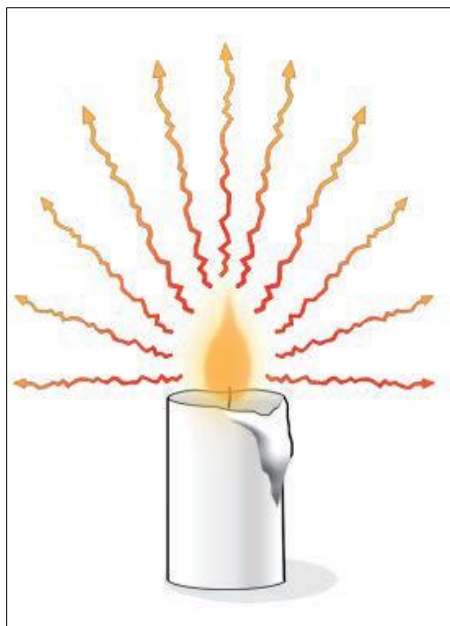


Figura 5. Transmisión de calor por radiación. Fuente: (Protección Civil España, 2013).

Las características de la superficie del cuerpo afectan a su capacidad para absorber, reflejar o transmitir la radiación. Como norma general, los buenos reflectantes suelen ser malos absorbentes. Cuanto menor sea la densidad mayor transmisión.

Los cuerpos en los que predominan la absorción y la reflexión se denominan opacos, aquellos en los que predomina la transmisión se denominan transparentes.

El calor radiado viaja por el espacio hasta ser absorbido por un cuerpo opaco.

## Clases de fuego

Dependiendo de cuál sea el tipo de combustible así estará definida la clase de fuego que se desarrolle. Según el BCBCR (2013) en su Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios, los tipos de fuego son los siguientes:

- Clase A: se refiere a fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela, papel, caucho y plásticos. Esta clase de fuegos son principalmente (no siempre) en combustibles sólidos



Figura 6. Fuego clase A. Fuente: (Melisam Extintores, 2018).

- Clase B: estos fuegos son característicos por abarcar combustibles del tipo líquido y gases, entre ellos aceites, grasas, alquitranes, bases de pinturas, lacas entre otros



Figura 7. Fuego clase B. Fuente: (Melisam Extintores, 2018).

- Clase C: este tipo de fuego es el que vincula como combustible equipo que funcione por medio de electricidad



Figura 8. Fuego clase C. Fuente: (Melisam Extintores, 2018).

- Clase D: son fuegos en metales que al estar en partículas (sodio metálico), tienen la capacidad de entrar en combustión. Como ejemplo de esto se encuentran Magnesio, titanio, zirconio, litio, potasio entre otros



Figura 9. Fuego clase D. Fuente: (Melisam Extintores, 2018).

- Clase K: para este último caso el fuego está presente en utensilios o áreas de cocina que involucren como medio combustible aceites o grasas, animales o vegetales.



Figura 10. Fuego Clase K. Fuente: (Melisam Extintores, 2018).

### **Causas del fuego**

Un incendio se puede originar cuando se genera fuego de manera accidental y este se sale de control. Las principales causas de incendios pueden agruparse de este modo:

- Causas naturales. Por ejemplo, el efecto de lupa a través de los vidrios
- Causas humanas. La imprudencia, la ignorancia y/o la mala vigilancia en actividades laborales
- Corriente eléctrica. Instalaciones sobrecargadas, provisionales y obsoletas
- Aparatos de calefacción con llama viva y chimeneas
- Líquidos inflamables, esencialmente en la industria. Los vapores que estos emiten son inflamables y forman, con el aire, una mezcla explosiva.
- Gases de combustión inflamables, mezclados con el aire, explotan cuando entran en contacto con un punto de ignición.
- La electricidad estática debida al frotamiento de dos cuerpos y que puede producir chispas (trasvase de hidrocarburos, fricción de correas de transmisión, utilización de fibras y tejidos artificiales y aparatos a muy alta tensión). Únicamente una puesta a tierra bien proyectada puede eliminar este peligro.

- Causas diversas tales como: sobrecalentamiento mecánico (rodamientos mal lubricados), inflamaciones espontáneas (descargas, polvos de carbón) y reacciones químicas mal controladas
- El rayo constituye también causa del incendio, pero la probabilidad es relativamente baja en los edificios normales.

### **Etapas de un incendio**

El fenómeno del fuego ha sido estudiado de tal manera que se le ha asignado un tetraedro para entender de mejor forma el modo en que los factores que intervienen, como el combustible, la energía de activación y el comburente, se relacionan mediante la reacción en cadena. Cabe resaltar que a partir del mismo se han logrado conceptualizar las maneras más efectivas de controlar sus efectos.

La supresión mediante agentes y la compartimentación de edificios son ejemplos sencillos, pero de gran valor por la misma razón. La Figura 11 obtenida del manual de protección contra incendios de la Sociedad de Ingenieros de Protección Contra Incendios (SFPE por sus siglas en inglés) logra sintetizar la idea.

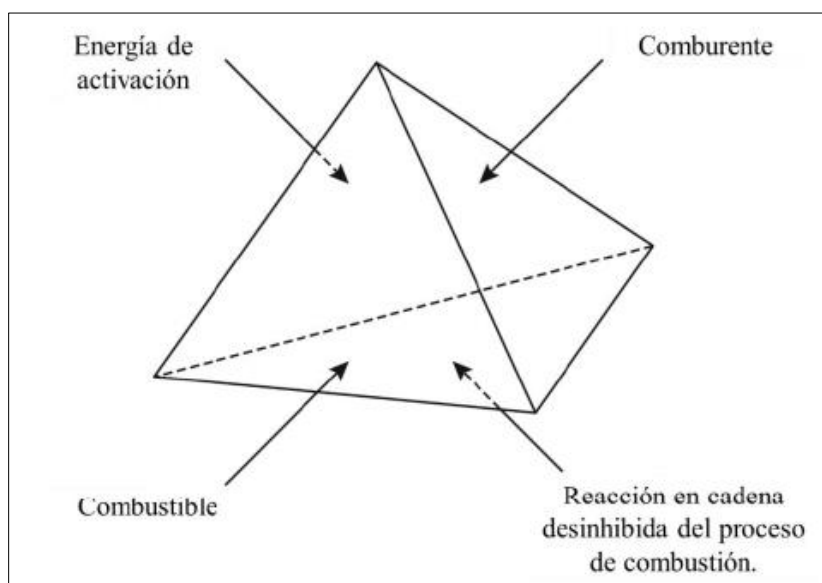


Figura 11. Tetraedro del fuego. Fuente: (SFPE, 2016).

Según el enfoque utilizado, se deberá entender cómo se vincula el tiempo en el desarrollo del fuego, esta correlación es llamada etapas del fuego (NFPA, 2018) y se explican a continuación:

- Ignición: es la etapa cuando el combustible, la energía de activación y el oxígeno se combinan y reaccionan produciendo la flama.
- Crecimiento: la flama inicial se convierte en la energía de activación de la siguiente flama y así de manera sucesiva. En este momento los mecanismos de transferencia de calor (convección y radiación) inician flamas en otras superficies dependiendo de la carga combustible presente. Los gases calientes derivados de la combustión ayudan a que la pluma de fuego aumente su tamaño haciendo que por efectos físicos los gases fríos cargados de oxígeno alimenten la combustión.
- Crecimiento pleno: el fuego ha alcanzado todo el combustible por lo tanto esta es la etapa donde la generación de calor es la más alta y la combustión es más rica.
- Decaimiento (Burnout): en este momento la tasa de generación de calor empieza a decaer debido a que el fuego ha consumido todo el combustible disponible, por lo tanto, la temperatura también empieza a descender hasta entrar en equilibrio con la temperatura del ambiente donde se desarrolló el fuego.

Lo anterior se visualiza de manera gráfica en la Figura 12. La curva mostrada corresponde a la de generación de un fuego típico en un compartimento cerrado.

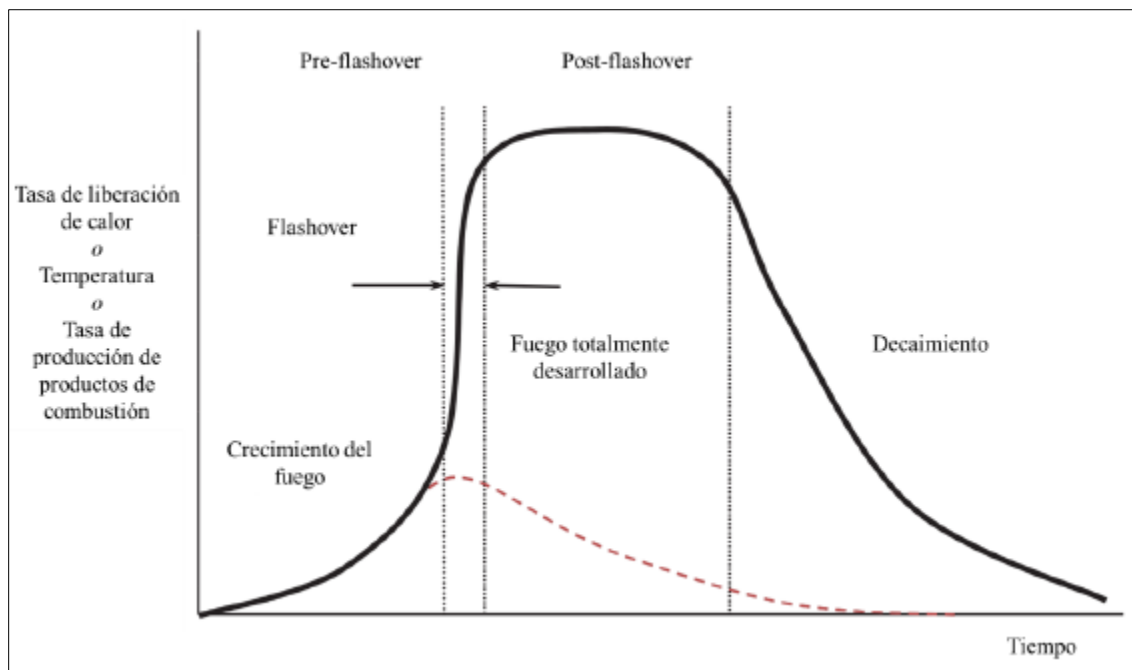


Figura 12. Fases de un fuego típico en un compartimiento cerrado. Fuente: (Inganson, Li, Lonnermark, 2015).

La curva roja discontinua indica el caso en que la fuente de oxígeno que alimenta el fuego se agota, lo que lleva a que se apague.

### Métodos de extinción

Para que el fuego progrese es necesario que el Tetraedro del fuego esté completo; los distintos métodos de extinción actúan sobre uno de los componentes de este Tetraedro de forma que quede incompleto (Protección Civil España, 2013). En función del elemento sobre el que actúe, el método de extinción será:

### **Enfriamiento.**

Se actúa sobre el componente Calor.

Es el método más conocido y consiste en proyectar sobre el fuego una materia no combustible que absorba el calor de la combustión, haciendo disminuir la temperatura hasta un punto en que la combustión ya no sea posible.

El agente extintor más frecuente es el agua, con una gran eficacia dado su alto calor específico (calor necesario para elevar un grado la temperatura de una sustancia) y sobre todo por su alto calor de vaporización (540 calorías por gramo de agua evaporado). Cuanto más pulverizada esté, más eficaz será.

También tienen cierto efecto de refrigeración, aunque en menor medida que el agua, otros agentes extintores, como el CO<sub>2</sub>, que disminuye drásticamente su temperatura, muy por debajo de 0° (del orden de -73°C), durante la expansión que experimenta al pasar de la presión de envasado a la presión atmosférica (Protección Civil España, 2013).

### **Sofocación.**

Se actúa sobre el componente Comburente.

Consiste en la eliminación o dilución del comburente (el oxígeno). Un ejemplo de esta eliminación del oxígeno se da cuando cubrimos la materia incendiada con una manta, una tapa, arena, etc.

Dentro de los agentes extintores que actúan por sofocación el principal es el CO<sub>2</sub>, que actúa diluyendo el oxígeno. En menor medida sofocan los agentes extintores de polvo o el agua al desplazar su vapor al oxígeno (Protección Civil España, 2013).

**Eliminación del combustible.**

Se actúa sobre el componente Combustible.

Consiste en la eliminación del combustible, interrumpiendo la continuidad, del mismo. Es el método más seguro para la extinción de fuegos de escapes de gases, cerrando las válvulas de paso correspondientes.

En el caso de recintos cerrados con gases inflamables también se puede evitar la combustión, de los mismos desplazando su concentración por debajo del L.I.I, o por encima del L.S.I, pero son maniobras exclusivas de profesionales (Protección Civil España, 2013).

**Inhibición de la reacción en cadena.**

Se actúa sobre el componente Reacción en Cadena.

Consiste en proyectar sobre el fuego agentes químicos que bloquean los radicales libres que intervienen en la reacción en cadena.

El agente principal es el polvo químico. Anteriormente se utilizaban también otros productos, como los halones, pero, dado su riesgo medioambiental, su uso actualmente está restringido exclusivamente a ciertos Servicios (Ejército y Aviación, por ejemplo) (Protección Civil España, 2013).

## **Fenómenos presentes en un incendio**

Resulta importante definir algunos términos que serán clave para el completo entendimiento del fenómeno del fuego, como son el “rollover”, “flashover” y “backdraft”.

La NFPA921: Guía para Investigación de Incendios y Explosiones (2017) define el “rollover” como la condición donde el combustible no quemado por el fuego (material pirolizado) se acumula en la capa superior de la habitación a una concentración suficiente para que entre en ignición y arda; puede suceder sin ignición y luego de la ignición de otros combustibles separados del origen.

Los otros dos términos son fenómenos que ocurren cuando se genera un incendio en un espacio cuyas dimensiones no varían (conocido como recinto).

Los términos próximos por describir son de suma importancia, ya que su entendimiento genera un espacio de análisis cuando se desea prevenir y atacar un incendio en pro de salvar tanto las vidas de los ocupantes como de los mismos combatientes (la mayoría de las veces los bomberos). Sin embargo, ambos términos tienden a confundirse o son definidos erróneamente, por esa razón los siguientes párrafos explican cuál es la diferencia entre el “flashover” y el “backdraft”.

Según el cuerpo de bomberos de Nueva York (2005), el “flashover” se define como el repentino envolvimiento de las llamas desde el piso hasta el techo dentro del recinto, producto de la radiación que retroalimenta los gases producidos por la combustión y que todavía no se terminan de consumir. Es de suma importancia decir que en este punto todos los contenidos combustibles llegan a su temperatura de ignición y arden. Todo lo antes descrito indica que el incendio en este punto ha alcanzado su máxima temperatura posible (temperatura adiabática) y se ha convertido en un incendio completamente desarrollado. Entre los factores que contribuyen a que ocurra el “flashover” destacan los siguientes: la ventilación del recinto (uno de los más importantes), las dimensiones del recinto (un recinto pequeño es más propenso a sufrir un “flashover”), la carga combustible del recinto y finalmente la resistencia térmica que posea el recinto (mientras más resistencia más calor se acumulará dentro del mismo).

Ahora, respecto al “backdraft”, el mismo Cuerpo de Bomberos lo define como “la explosión del humo cuando es añadido aire al recinto”, esto ya sea porque se abrió una puerta o se rompió una ventana, inclusive puede ocurrir cuando la carga combustible fue consumida y lo que queda dentro del recinto son solo los gases producidos por su combustión.

El factor que se debe resaltar en este momento es que el “backdraft” se produce meramente por la alimentación de aire dentro de la mezcla combustible caliente y no por la temperatura envolvente como ocurre con el “flashover”. Esto indica que el “backdraft” puede ocurrir en cualquier momento durante la combustión ya que depende de la temperatura de ignición de las cargas combustibles. La Figura 13 ayuda a entender la diferencia entre estos dos fenómenos.

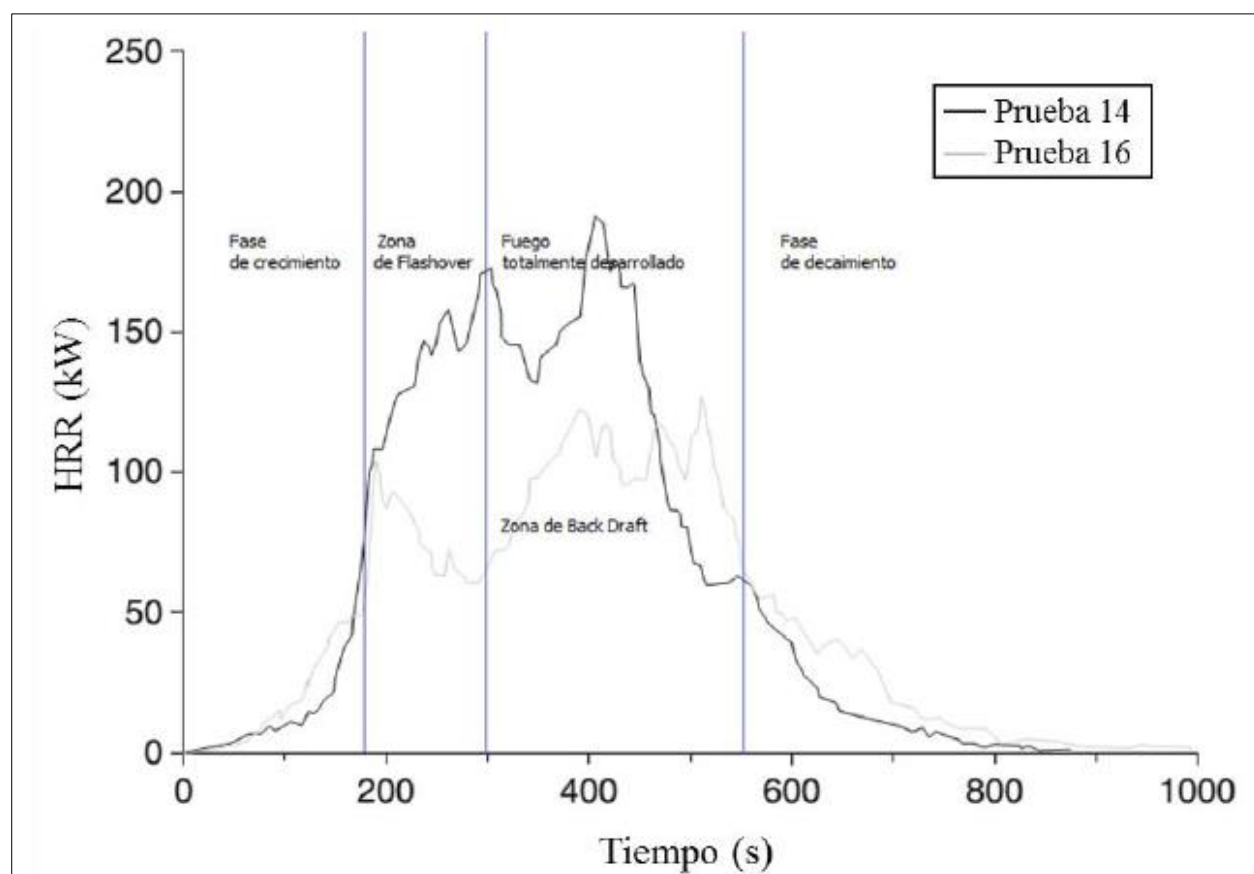


Figura 13. Zonas de Flashover y Backdraft en una curva de incendio de pruebas. Fuente: (Cuerpo de Bomberos de Nueva York, 2005).

## Generación de calor

Analizando la Figura 13, se puede observar un comportamiento de parábola desde el tiempo de ignición hasta que se alcanza la temperatura de “flashover”, este comportamiento se llama crecimiento del incendio y es definido por la siguiente ecuación.

$$q = \alpha\tau^2$$

Ecuación 1. Crecimiento del incendio. Fuente: (Cuerpo de Bomberos de Nueva York, 2005).

Donde:

$q$ : Tasa de sesión de calor (kW)

$\alpha$ : Coeficiente de crecimiento de fuego (kW/s<sup>2</sup>)

$\tau$ : Tiempo (s)

Los resultados de muchos años de ensayos lograron determinar valores experimentales para  $\alpha$  los cuales han sido clasificados según su velocidad de sesión de calor (HRR por sus siglas en inglés) en cuatro tipos de crecimiento: ultra rápido, rápido, medio y lento. Esta clasificación mostrada en la NFPA 204 (2018) se aprecia gráficamente en la Figura 14.

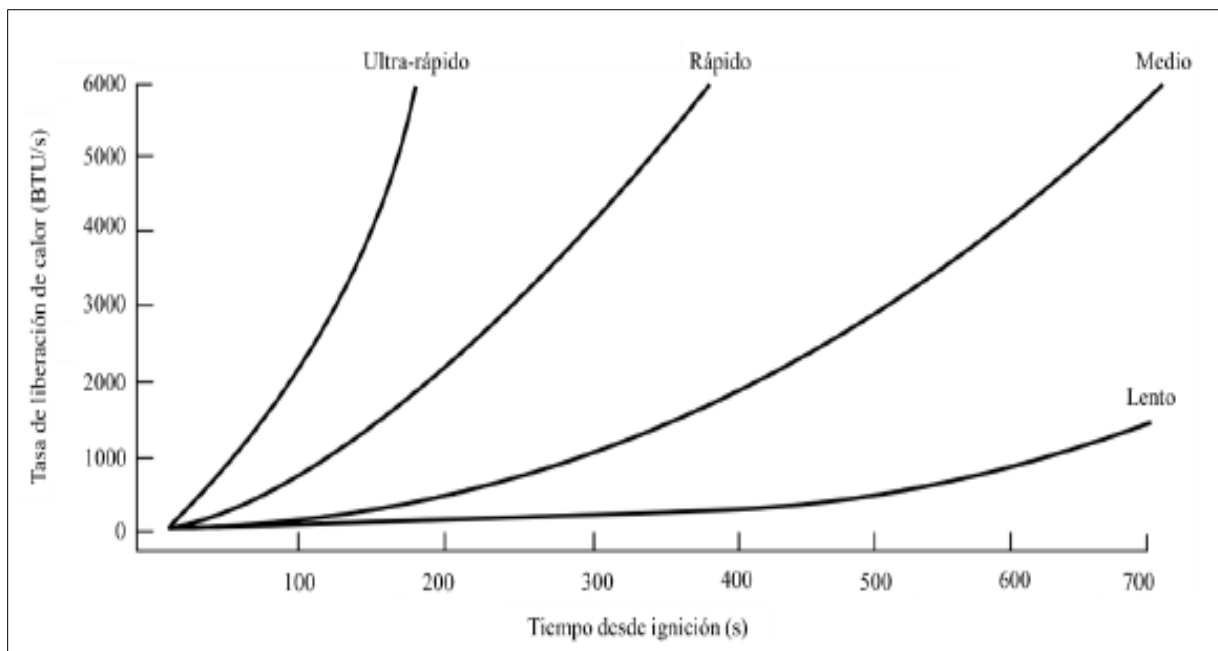


Figura 14. Curvas según tipo de crecimiento de un incendio. Fuente: (NFPA, 2018).

El tiempo en el cual es liberado el calor al espacio ocupado depende principalmente del tipo de combustible presente, y es más grave cuando el tiempo para hacerlo es reducido, como el caso del incendio ultrarrápido en el que se alcanza su valor pico en 75 segundos, por ejemplo, un ambiente con polvos explosivos.

Para el tipo de análisis que se realiza, basta entender que el tiempo para que se alcancen las metas de diseño establecido va en función del tipo de incendio que se esté simulando, resultado del análisis de riesgos practicado a la estructura.

Las curvas de incendio para el análisis se encuentran disponibles de manera libre en las bases de datos de algunos motores de búsqueda, entre los que destaca el NIST y el Centro Nacional de Ciencia Forense (NCFS por sus siglas en inglés), además manuales como los de la SFPE, códigos de la NFPA y variados artículos científicos entre otros documentos técnicos.

También cabe mencionar que debido a los propósitos de análisis pueden practicarse dos tipos de simulaciones con las curvas suministradas por la base de datos seleccionada. La primera se llama simulación de fuego constante (“steadyfire”) y la segunda simulación de fuego variable (“unsteadyfire”).

Para la simulación de fuego constante básicamente se simula el comportamiento de la tasa de liberación máximo y se mantiene constante a través del tiempo de simulación, por lo que no es necesario realizar mayores ajustes en la programación del modelo. La simulación de fuego variable refleja en términos más reales la simulación con base en la curva de fuego.

Todo lo anterior se requiere para poder enfocar el estudio a los medios por los cuales se generan daños a los ocupantes vinculados tanto directo como indirectamente con el incendio.

### **Análisis basado en desempeño para protección contra incendios**

Desde el 2007, en Costa Rica, por acuerdo se adoptó la normativa NFPA como base para la posterior publicación del Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios. Este manual estipula los requisitos mínimos que una edificación requiere para llevar al mínimo los daños tanto de los ocupantes como de la edificación en sí.

En términos de seguridad humana la normativa aplicable es la NFPA 101, la cual en su capítulo 5 estipula los requerimientos mínimos para llevar a cabo un análisis por desempeño.

#### **Introducción al análisis basado en desempeño.**

Primeramente, se debe definir el concepto de “Diseño basado por desempeño (prestaciones)” para poder entender las diferencias con el diseño prescriptivo, el más practicado por su facilidad de aplicación.

La SFPE (2016) define el diseño basado por prestaciones como un enfoque de ingeniería para el diseño de protección contra incendios basado en metas y objetivos de seguridad contra incendios acordados (de diseño), análisis determinístico (independiente de incertidumbres relacionadas a las entradas) y probabilístico (ligado a la incertidumbre de la variable de entrada) de escenarios de incendios y evaluación cuantitativa de alternativas de diseño contra las metas y objetivos de seguridad contra incendios utilizando herramientas de ingeniería aceptadas, metodologías y criterios de desempeño.

La definición anterior indica tres atributos principales que se derivan de ese enfoque de diseño. El primero hace referencia al nivel de seguridad, el segundo atributo define el diseño básico del edificio o estructura, abarcando conceptos como caracterización de los ocupantes, identificación de los tipos de fuego y la caracterización de sistema de protección utilizado en pro de brindar seguridad ante una emergencia de fuego. El tercer atributo abarca un análisis de ingeniería cuyo fin es determinar los elementos y estrategias que contribuirán en alcanzar el grado de seguridad propuesto.

### ***Tipos de análisis por desempeño.***

Entre los diferentes tipos de análisis por desempeño según Nelson (1996), podemos mencionar los siguientes:

- **Desempeño de los componentes:** este concepto indica la particularidad de cada edificio, es decir, aísla a cada elemento del sistema, evaluando el comportamiento separado de cada sección sin tomar en cuenta el cómo podría resistir en conjunto de otros sistemas, este tipo de análisis vela por que cada componente del sistema o edificio cumpla con los estándares previstos. Por ejemplo, se puede analizar un componente estructural como una puerta y determinar que esta deba resistir o retrasar el fuego por al menos una hora mientras se expone a un incendio que llamaremos estándar para fines de comprensión. En este caso no se está tomando en cuenta que los materiales de la puerta deban ser aprobados contra incendios o situaciones similares, nada más se está verificando que la puerta cumpla con la meta fijada desde un principio la cual es retardar el fuego por al menos una hora, si lo logra el componente podría ser considerado aceptable para tal fin.

- **Desempeño del ambiente:** cuando se habla de ambiente en escenarios de fuego se debe limitar un poco el concepto, ya que las circunstancias ambientales hacen referencia a la identificación de las condiciones que provocarían los escenarios de fuego máximos permisibles para el diseño, por ejemplo, la temperatura, el flujo de calor y la generación de humos y productos de combustión. Como ejemplo de las condiciones ambientales se puede plantear el caso en que el humo generado en un atrio debe tener un ritmo de acumulación tal que los ocupantes puedan evacuar el área dentro un tiempo limitado sin que la presencia de gases logre opacar o retrasar esta meta.
- **Desempeño de las amenazas:** este enfoque trata de identificar cual es la mayor amenaza permisible para la vida humana, la propiedad, la continuidad del negocio o el ambiente natural, se podría tender a confundir entre el concepto de desempeño del ambiente ya que este analiza las máximas condiciones ambientales permisibles según las condiciones propias de la estructura. El enfoque del desempeño de las amenazas define las condiciones máximas aceptables para los valores que se deseen proteger. Un ejemplo para esto puede ser identificar la máxima temperatura que pueda alcanzar un objeto que se intente arder
- **Desempeño de los riesgos potenciales:** como todo análisis que se realice en el ámbito de la protección contra incendios este además de aspirar a evitar las pérdidas humanas, intenta reducir al máximo las pérdidas materiales reduciendo así los daños al ambiente causados por la práctica, es ahí donde se define el desempeño de los riesgos potenciales como la sumatoria de todos los riesgos por la frecuencia de que estos ocurran.

### **Sistemas de detección, supresión de incendios y compartimentación**

Como herramienta para poder cumplir con los objetivos de protección contra incendios se implementan sistemas de protección contra incendios en los edificios. Al seguir se detalla la clasificación, características y aspectos normativos importantes por conocer.

### **Tipos de sistemas.**

La protección contra incendios se basa principalmente en 2 grandes tipos de sistemas, los cuales son los pasivos y los activos.

Los sistemas pasivos son aquellos que no atacan directamente al fuego, su propósito no es el de extinguir el incendio. Este tipo de sistemas se basa en brindar al ocupante los medios suficientes para una evacuación segura.

Por lo tanto, el objetivo principal de los sistemas pasivos contra incendio es la seguridad humana. La cual se pretende alcanzar con medios de egreso seguros mediante compartimentación y una detección y notificación temprana en caso de un incendio, para alertar a los ocupantes e iniciar la evacuación por los medios de egreso seguros y compartimentados.

### ***Sistemas de supresión.***

Para la protección contra incendio, existen una gran gama de sistemas de supresión de incendio. Desde extintores hasta aplicaciones más específicas como sistemas de espuma o de gases limpios. La elección del sistema de supresión a utilizar va a depender del tipo de riesgo a proteger.

En el caso de las edificaciones, se utilizan en su mayoría los siguientes 3 tipos de sistemas de supresión contra incendio:

#### ***Extintores portátiles.***

La selección del tipo de extintor se debe realizar considerando lo siguiente:

- La naturaleza de los combustibles presentes
- Las condiciones ambientales del lugar a ubicar los extintores
- Personal encargado del uso del extintor
- El mantenimiento requerido.

La normativa aplicable a este tipo de sistemas es:

- Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.
- NFPA 10 Estándar para Extintores Portátiles Contra Incendios.

*Sistemas fijos de protección contra incendio manuales basados en gabinetes de manguera.*

Los sistemas basados en mangueras tienen como objetivo principal dotar a las brigadas contra incendio del edificio y especialmente a los cuerpos de bomberos, puntos de acceso a agua en lugares seguros como lo son medios de egreso. Esto para poder atacar al incendio y controlarlo hasta poder extinguir el mismo.

Existen 3 tipos de sistemas manuales:

- Sistemas fijos manuales Clase I: Consisten en salidas angulares de 64mm para uso exclusivo del cuerpo de bomberos. Se considera un sistema auxiliar al de rociadores automáticos
- Sistemas fijos manuales Clase II: Consiste en salidas de 38mm con manguera, este es para uso de los brigadistas del edificio. Los cuales, a pesar de no ser bomberos, tienen práctica con la manipulación de estos sistemas. El sistema pretende ser utilizado para controlar la propagación del incendio mientras llegan las unidades de rescate
- Sistemas fijos manuales Clase III: Consisten en gabinetes con salidas combinadas de 38 mm con manguera para uso de brigadas del edificio, de salidas angulares de 68 mm para uso de exclusivo del cuerpo de bomberos. Debido a que es una mezcla entre sistema Clase I y Clase II su distribución y diseño se realiza a partir de los requerimientos del sistema más demandante, el sistema Clase I.

La normativa aplicable en Costa Rica es:

- Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.
- NFPA 14 Estándar para Instalación de Tubería Vertical y Sistemas de Mangueras.

*Sistema fijo de protección contra incendio basado en rociadores automáticos.*

Los rociadores automáticos son dispositivos termosensibles, ajustados para activarse al alcanzar la temperatura de diseño. Al activarse, descargan agua en patrón de descarga tal que toda el área a proteger quede cubierta con agua.

El sistema de rociadores tiene como objetivo el control del incendio, mediante el agua se baja la temperatura del lugar; atacando el fuego por “enfriamiento”. A pesar de que los rociadores en su mayoría no son para extinguir el fuego, por lo general terminan extinguiendo dicho fuego.

La normativa aplicable en Costa Rica es:

- Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.
- NFPA 13: Estándar para Instalación de Sistemas de Rociadores Automáticos.

*Sistema de supresión con agente limpio.*

La regulación del Halón 1301 bajo el Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Reducen el Ozono Estratosférico y sus enmiendas, culminó en la eliminación gradual de la producción de halones el 31 de diciembre de 1993. Esta regulación motorizó grandes esfuerzos de investigación y desarrollo alrededor del mundo para buscar sustitutos y alternativas. Actualmente, existen varios agentes limpios de inundación total, para sustituir el Halón 1301 y se siguen desarrollando otros. Además de los sustitutos gaseosos de inundación total, se han introducido nuevas tecnologías como alternativas, por ejemplo, la neblina de agua y las partículas sólidas finas (Ybirma, L. 2017).

Los así llamados agentes limpios se utilizan para proveer sistemas de supresión de incendios mediante la inundación total del ambiente protegido. Los agentes limpios incluyen a los agentes halogenados y a los gases inertes.

La norma fundamental para el diseño e instalación de sistemas a base de agentes limpios que se utiliza en América y muchas partes del mundo es la NFPA 2001, Norma sobre Sistemas de Extinción de Incendios con Agentes Limpios. La primera edición de esta norma fue publicada en 1994.

Los agentes limpios de supresión de incendios se definen como agentes extinguidores de incendios que se vaporizan rápidamente y no dejan residuos. Estos agentes están incluidos en dos grandes grupos: (1) compuestos de halocarbonos y (2) gases y mezclas inertes. Los agentes halogenados incluyen compuestos que contienen carbono, hidrógeno, bromo, cloro, flúor y yodo (Ybirma, L. 2017).

Se agrupan en siete categorías:

<b>Categoría</b>	<b>Compuestos</b>
<b>Halon</b>	Cloro, bromo o flúor y hidrógeno y carbón
<b>Hydrofluorocarbons (HFC)</b>	Flúor, hidrógeno y carbón
<b>Hydrochlorofluorocarbon (HCFC)</b>	Flúor, cloro, carbón y hidrógeno
<b>Perfluorocarbons (FC o PFC)</b>	Carbón y flúor
<b>Fluoriodocarbon (FIC)</b>	Carbón, flúor, y yodo
<b>Fluoroketones (FK)</b>	Carbón, flúor, y oxígeno
<b>Hydrobromofluorocarbon (HBFC)</b>	Bromo, flúor, y carbón

Tabla 1. Lista de grupos de agentes limpios de supresión de incendio. Fuente: (Ybirma, L. 2017).

La siguiente Tabla resume los agentes limpios de supresión de incendios actualmente disponibles incluidos en la norma NFPA 2001 (Ybirma, L. 2017):

Designación del agente	Nombre Químico	Nombre comercial
FK-5-1-12	Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one	Novec 1230
HCFC mezcla A	Dichlorotrifluoroethane HCFC-123 (4.75%)	NAF-S-III
	Chlorodifluoromethane HCFC-22 (82%)	
	Chlorotetrafluoroethane HCFC-124 (9.5%)	
	Isopropenyl-1-methylcyclohexene (3.75%)	
HCFC-124	Chlorotetrafluoroethane	FE-24
HFC-125	Pentafluoroethane	FE-25
HFC-227ea	Heptafluoropropane	FM-200
HFC-23	Trifluoromethane	FE-13
HFC-236fa	Hexafluoropropane	FE-36
FIC-13I1	Trifluoroiodide	Triodide
IG-01	Argon	Argonfire
IG-100	Nitrogen	NN100
IG-541	Nitrogen (52%)	Inergen
	Argon (40%)	
	Carbon dioxide (8%)	
IG-55	Nitrogen (50%)	Argonite
	Argon (50%)	
HCFC mezcla B	Tetrafluoroethane (86%)	Halotron II
	Pentafluoroethane (9%)	
	Carbon dioxide (5%)	

Tabla 2. Lista de agentes limpios de supresión de incendio. Fuente: (Ybirma, L. 2017).

Aunque las características de los agentes limpios halo carbonados varían ampliamente, ellos comparten varias cualidades comunes:

- Son eléctricamente no conductivos.
- Se vaporizan rápidamente y no dejan residuos.
- Son gases licuados o presentan comportamientos análogos (es decir, líquido comprimible).
- Pueden almacenarse y descargarse desde los equipos típicos del Halón 1301 (con la posible excepción del HFC-23, el cual se parece más a los sistemas de halón súper presurizado de 40 bar [600 psig]).
- Todos (excepto el HFC-23) utilizan sobre presurización por nitrógeno en la mayoría de las aplicaciones, para los propósitos de descarga.
- Son agentes extinguidores de incendios menos eficientes que el Halón 1301, en términos de volumen de almacenamiento y peso del agente; el uso de la mayoría de estos agentes requiere incrementar la capacidad del almacenamiento.

- Son gases de inundación total después de la descarga; muchos requieren cuidado adicional con respecto al diseño de las boquillas y a la presión de funcionamiento para asegurar el mezclado.
- Todos producen más productos de descomposición que el Halón 1301, dado un tipo de incendio, tamaño del fuego y tiempo de descarga similares.

Los sustitutos del Halón a base de gases inertes incluyen el nitrógeno y el argón y mezclas de ellos. Uno de los sustitutos tiene una pequeña fracción de dióxido de carbono, el cual no es un gas inerte porque es fisiológicamente activo y fatal a bajas concentraciones (aproximadamente al 9%). Los agentes limpios de gases inertes se almacenan como gases presurizados y, por esto, requieren un volumen de almacenamiento sustancialmente mayor. Estos agentes son eléctricamente no conductivos, forman mezclas estables en el aire y no dejan residuos (Ybirma, L. 2017).

Los agentes limpios de halocarbonos extinguen incendios por medio de una combinación de mecanismos físicos y químicos, dependiendo del compuesto. Los mecanismos de supresión química de los compuestos de HBFC y HFIC son similares al Halón 1301; esto es, el Bromo y especies de Yodo expulsan los radicales de la llama, con lo cual interrumpen la reacción química en cadena.

Otros compuestos sustitutos suprimen los incendios principalmente extrayendo calor de la zona de reacción de la llama, reduciendo la temperatura por debajo de la que se requiere para mantener tasas de reacción suficientemente altas, por medio de una combinación del calor de la vaporización, la capacidad calorífica y la energía absorbida por la descomposición del agente.

Los agentes de gases inertes suprimen las llamas al reducir la temperatura de la llama por debajo de los umbrales que son necesarios para mantener las reacciones de combustión. Esto se hace bajando la concentración de oxígeno y elevando la capacidad calorífica de la atmósfera que mantiene la llama. Por ejemplo, la adición de una cantidad suficiente de nitrógeno para reducir la concentración de oxígeno por debajo del 12% (en aire) extingue incendios llameantes. La concentración requerida de agente (y, por lo tanto, el nivel mínimo de oxígeno) es una función de la capacidad calorífica del gas inerte agregado. Por consiguiente, entre los gases inertes existen diferencias en la concentración mínima de extinción (Ybirma, L. 2017).

Los agentes limpios son principalmente utilizados para la protección de ambientes y riesgos considerados especiales, donde se requiere una extinción rápida del incendio causando el menor daño colateral posible, y que no es conveniente protegerlos por sistemas de rociadores automáticos; entre ellos se encuentran:

- Centros de datos informáticos
- Sala de control de procesos
- Centros de telecomunicaciones
- Gabinetes de equipos eléctricos
- Transformadores eléctricos y bóvedas de transformadores
- Salas de motores a bordo de buques
- Tanques de inmersión y máquinas de revestimiento
- Cuartos de almacenamiento de líquidos inflamables
- Instalaciones de procesamiento de gas y petróleo
- Freidoras de alimentos industriales
- Hornos industriales
- Plataformas petroleras costa afuera
- Prensas de impresión
- Laminadores de acero
- Sistemas de lubricación y sello de aceite de turbinas
- Bóvedas de almacenamiento de medios electrónicos o archivos de papel valiosos
- Laboratorios químicos
- Cuartos limpios
- Estaciones de bombeo o de compresión
- Cuartos de mezclado de pinturas
- Equipos de robótica
- Colecciones de arte o históricas
- Instalaciones de alimentación eléctrica
- Cuartos de interruptores
- Simuladores de vuelo
- Cuartos de control de aeropuertos.

Aunque la norma NFPA 2001 actualmente reconoce trece (13) agentes limpios como reemplazantes del Halón 1301 para aplicación de inundación total, a nivel global sólo se utilizan unos pocos. Muchos de la lista se han ido descartando debido a que pueden impactar negativamente el ambiente o no pueden utilizarse en espacios ocupados por personas. Los factores de impacto ambiental son: Potencial de reducción de la capa de ozono y potencial de calentamiento global.

Los agentes limpios de supresión de incendios para aplicación de inundación total más universalmente utilizados son los siguientes (no necesariamente en orden preferencia):

- FK-5-1-12 = Novec 1230
- HFC-227ea = FM-200
- HFC-125 = FE-25 (Ecaro-25)
- IG-541 = Inergen.

Cada uno de estos agentes tiene sus características particulares que lo hacen adecuado para proteger ciertos tipos de riesgos. En el caso del FE-25, es un agente que se usa principalmente para sustituir directamente el Halón 1301 utilizando la misma instalación (tuberías y hardware), excepto las toberas, que deben ser reemplazadas por unas diseñadas para el agente.

### ***Sistemas de detección y alarma.***

Un sistema de detección y alarma es un sistema que permite advertir de manera temprana a los ocupantes de un edificio o recinto mediante una señal audible y/o visual, en caso de un incendio.

El sistema de detección es el primero en actuar, como bien su nombre lo dice, detecta mediante detectores, sensores o incluso actuación manual si algo anómalo está sucediendo en el edificio.

Dentro de los dispositivos con los que cuenta el sistema de detección están los siguientes:

- Detectores de humo
- Detectores de temperatura
- Estaciones manuales de incendio
- Sensores de apertura en puertas de los medios de egreso
- Sensores de flujo en las tuberías de los sistemas de supresión de incendio

- Sensores de arranque de la bomba principal del sistema de supresión de incendios.

Una vez detectado el conato de incendio, el sistema de notificación actúa. Este se encarga de alertar a los ocupantes del edificio mediante señales audibles visuales para que inicien la evacuación del lugar.

El sistema de notificación está conformado principalmente por los siguientes elementos:

- Altavoces
- Sirenas
- Luces estroboscópicas
- Paneles de notificación remoto.

### ***Compartimentación contra incendios.***

La compartimentación se realiza mediante muros cortafuego, los cuales consisten en paredes resistentes a la exposición del fuego por determinado tiempo (entre 1 hora a 2 horas típicamente) sin ceder o presentar falla estructural alguna. Evitan la propagación directa del fuego, humo y calor a través de los recintos del edificio a proteger.

En términos generales, el uso de la compartimentación se da en los siguientes casos:

- Aislar un espacio que contenga un riesgo más elevado que el riesgo general del edificio o nivel de piso en estudio.
- Minimizar la posibilidad de propagación del fuego para mitigar las pérdidas económicas que pueda sufrir los ocupantes del edificio.
- Para la construcción de los medios de egreso. Esto para asegurarle al ocupante un recorrido seguro desde su ubicación dentro de un recinto particular hasta la zona de descarga de los medios de egreso disponibles.

La compartimentación es un sistema de protección pasivo. El cual su objetivo primordial es la seguridad humana.

Dentro de las normativas aplicables a la compartimentación están:

- Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica
- NFPA 1: Código del Fuego
- NFPA 101®: Código de Seguridad Humana®
- NFPA 5000®: Código de Seguridad y Construcción de Edificios®.

### **Novec™ 1230: Fluido de protección contra el fuego**

El fluido de protección contra incendios Novec 1230 es una alternativa al halón de última generación que ofrece un rendimiento excepcional, un gran margen de seguridad y un excelente perfil medioambiental.

- Potencial nulo de destrucción de la capa de ozono
- Permanencia en la atmósfera de cinco días
- Potencial de calentamiento global de menos de uno
- Amplio margen de seguridad para los espacios ocupados.

Fluido de protección contra el fuego 3M™ Novec™ 1230					
Propiedades medio ambientales					
Propiedades	Novec 1230	Halón 1211	Halón 1301	HFC-227ea	HFC-125
Potencial de reducción de ozono (ODP)	0.0	5.1	12.0	0.0	0.0
Potencial de calentamiento global-IPCC	1	1300	6900	3500	3400
Vida útil atmosférica (Años)	0.014	11	65	33	29

Figura 15. Propiedades medio ambientales del Novec 1230. Fuente: (3M™ Novec™, 2017).

El Novec 1230 es un líquido incoloro y claro. Se almacena como un líquido y se dispensa en el lugar de riesgo como un vapor gaseoso no conductor de la electricidad que es claro y no oscurece la visión. No deja ningún residuo y tiene una toxicidad aceptable para su uso en espacios ocupados en la concentración de diseño (3M™ Novec™, 2020).

El agente limpio Novec™ 1230 se basa en un producto químico patentado de 3M llamado fluorocetona. El nombre químico completo de este compuesto es dodecafluoro-2-metilpentan-3-uno, (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>C(O)CF(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), este producto ofrece una combinación única de seguridad, bajo impacto ambiental y rendimiento de extinción, lo que lo convierte en el único sustituto químico del halón que ofrece una tecnología viable, a largo plazo y sostenible desde el punto de vista ambiental para la protección contra incendios de peligros especiales. 3M™ Novec™ (2020).

### **Propiedades físicas.**

El fluido de Novec 1230 se aplica como un gas, pero es líquido a temperatura ambiente. Es eléctricamente no conductor tanto en el estado líquido como en el gaseoso. El voltaje de ruptura del vapor de fluido Novec 1230 bajo condiciones saturadas a 1 atm y 21°C sobre una distancia de electrodos de 2,7 mm es de 15,6kV, casi 2,3 veces el del nitrógeno seco. El voltaje de ruptura del fluido Novec 1230 líquido bajo las mismas condiciones es de 48 kV.

El punto de ebullición del fluido Novec 1230 es 49.2° C, lo que significa que este producto tiene una presión de vapor mucho más baja que otros agentes limpios, que son gases en condiciones ambientales.

El fluido de Novec 1230 tiene un calor de vaporización muy bajo, aproximadamente 25 veces menor que el del agua. Esto, junto con una presión de vapor 12 veces mayor que la del agua, hace que el fluido de Novec 1230 se evapore más de 50 veces más rápido que el agua.

Esto permite que el agente pase de un estado líquido a uno gaseoso muy rápidamente. Cuando se descarga a través de una boquilla de un sistema diseñado adecuadamente, el fluido de Novec 1230 se vaporizará rápidamente y se distribuirá uniformemente por todo el espacio protegido.

Propiedades físicas típicas	Fluido Novec 1230
Fórmula química	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$
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 <sup>3</sup> /lbm)
Densidad crítica	639.1 kg/m <sup>3</sup> (39.91 lbm/ft <sup>3</sup> )
Densidad, Sat. Líquido	1.60 g/ml (99.9 lbm/ft <sup>3</sup> )
Densidad, Gas @ 1 atm	0.0136 g/ml (0.851 lbm/ft <sup>3</sup> )
Volumen específico, Gas @ 1 atm	0.0733 m <sup>3</sup> /kg (1.175 ft <sup>3</sup> /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 ( $N_2=1.0$ )	2.3

Tabla 3. Tabla de propiedades físicas del agente limpio Novec 1230. Fuente: (Ficha Técnica del Novec 1230, 2020).

### Método de extinción.

El efecto de extinción de incendios completo de 3M™ Novec™ 1230 se hace notar en cuestión de segundos. Cuando se libera en un sistema que está diseñado correctamente, el fluido Novec 1230 se evapora rápidamente y se distribuye uniformemente por el espacio protegido en un plazo de 10 segundos. Absorbe el calor del fuego, por lo que interrumpe la reacción en cadena y, en 40 segundos como máximo, se apaga el fuego. 3M™ Novec™ (2019).

Y dado que el sistema de extinción de incendios en el que se utiliza el fluido Novec 1230 extingue los incendios mucho más rápido en comparación con los sistemas basados en gas inerte o CO<sub>2</sub>, se pueden reducir significativamente los daños en activos de alto valor. Esto significa que la actividad empresarial puede continuar normalmente.

El fluido Novec 1230 apaga incendios con mayor rapidez que el gas inerte/CO<sub>2</sub>.

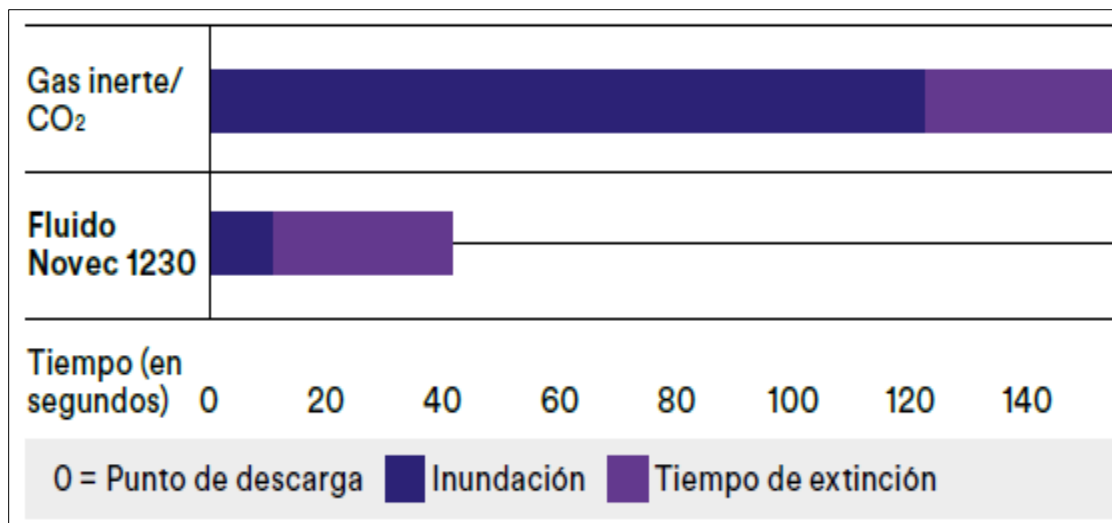


Figura 16. Comparación del tiempo de descarga en segundos entre el CO<sub>2</sub> y el Novec 1230.

Fuente: (3M™ Novec™, 2019).

### ¿Cómo funciona el fluido Novec 1230?

El fluido Novec 1230 extingue el incendio antes de que se inicie eliminando rápidamente el calor. En un sistema de inundación total típico, el fluido se almacena en forma de líquido en los cilindros presurizados con nitrógeno. Los sensores de detección automática se activan cuando el incendio está en una fase incipiente, por lo que lo extingue en cuestión de segundos.

El fluido Novec 1230 se evapora 50 veces más rápido que el agua. De hecho, podría empapar un libro en un baño del fluido Novec 1230 y, en tan solo un minuto, podría seguir leyéndolo por la página en la que lo dejó.

Se evapora rápidamente durante la descarga, y es no corrosivo ni conductivo, de forma que no dañará los aparatos electrónicos delicados. Y, a diferencia de las espumas y polvos, no deja residuos para limpiar, lo que significa que las operaciones pueden continuar sin interrupción.

### Sistema de extinción de incendios que utiliza el fluido Novec 1230.

A continuación, se observará en la Figura 17 la distribución de los equipos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de extinción de incendio Novec 1230 utilizando un sistema de detección, el cual provoca la activación del agente limpio.

- 1) Cilindros del agente extintor
- 2) Boquilla (a) Techo, b) Doble suelo)
- 3) Dispositivo de detección y control de incendios
- 4) Detector automático de incendios (a) Techo b) Doble suelo)
- 5) Sirena de alarma
- 6) Liberación de la presión
- 7) Detector de humos de aspiración.

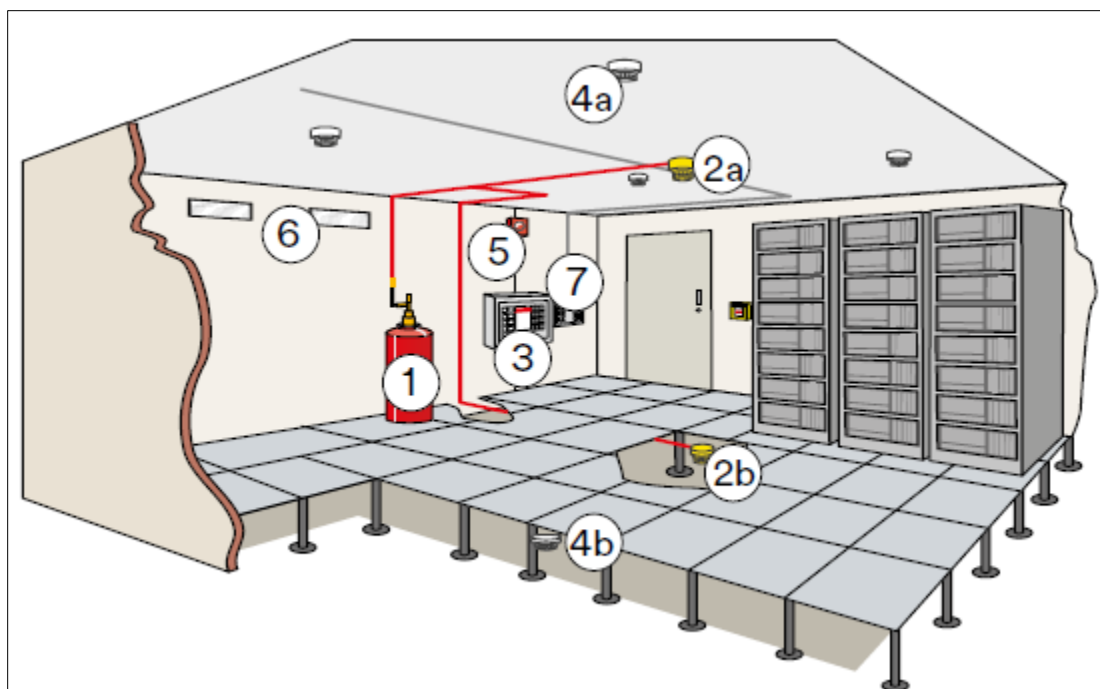


Figura 17. Representación gráfica del sistema de extinción Novec 1230. Fuente: (3M™ Novec™, 2019).

### **Aplicaciones típicas.**

El fluido de protección contra incendios 3M™ Novec™ 1230 se utiliza principalmente en sistemas de extinción fijos para la protección de activos críticos en recintos cerrados. El tiempo de extinción es muy rápido, no conduce la electricidad y no deja residuos. Por eso, es ideal para aplicaciones donde es importante mantener el funcionamiento de los equipos electrónicos durante y después de que se descargue el sistema para evitar daños en activos valiosos y críticos. 3M™ Novec™ (2019).

El Novec 1230 ofrece el mayor margen de seguridad en relación con todos los demás agentes de limpieza, lo que lo hace la solución ideal para espacios ocupados.

El agente limpio en estudio se puede emplear de forma eficaz en aplicaciones de canalizaciones, inundaciones localizadas, saturaciones totales, inertización y supresión de la explosión en las siguientes áreas:

- Centros de procesamiento de datos
  - Salas de informática
  - Instalaciones de almacenamiento de datos
  - Centros de control (por ejemplo, aeropuertos)
- Sector industrial y de la energía
  - Salas de control, salas de transformadores
  - Salas de turbinas
- Hospitales y laboratorios
  - Salas de TC y resonancia
  - Salas de limpieza, laboratorios
  - Almacenamiento de registros médicos
- Marina y aviación
  - Salas de máquinas y motores
  - Salas de control y pintura
  - Salas de almacenamiento

- Instalaciones petroquímicas de gas y petróleo
  - Instalaciones de bombeo
  - Salas de compresores de gas
  - Plataformas petrolíferas en alta mar
- Medios de transporte
  - Buques de la marina mercante
  - Vehículos de transporte masivo
  - Coches de carreras
  - Instalaciones culturales
  - Archivos, bibliotecas, museos
- Telecomunicaciones
  - Instalaciones de teléfonos móviles, salas de conmutadores.

### **NOAEL Y LOAEL.**

Estos términos son 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») que se define como la concentración máxima a la cual no se ha observado ningún efecto adverso de carácter fisiológico o toxicológico (NOAEL) y («Lowest observed adverse effect level») que se define como la concentración mínima a la cual se ha observado un efecto adverso de carácter fisiológico o toxicológico (LOAEL).

Agente	NOAEL (%)	LOAEL (%)
FK-5-1-12	10.0	>10.0
HCFC Mezcla A	10.0	>10.0
HCFC-124	1.0	2.5
HFC-125	7.5	10.0
HFC-227ea	9.0	10.5
HFC-23	30	>30
HFC-236fa	10	15
HFC Mezcla B*	5.0*	7.5*

\*Estos valores son para los componentes mayores de la mezcla (HFC 134A).

Tabla 4. Información sobre Agentes Halo carbonados Limpios. (NFPA 2001, 2012).

### **Margen de seguridad amplio.**

No todos los agentes de extinción de incendios ofrecen el mismo nivel de seguridad a las personas. La revisión del límite permitido en presencia de humanos y la concentración de diseño es la mejor guía para valorar el efecto potencialmente peligroso de un agente. El NOAEL es el límite establecido internacionalmente para los diversos agentes extintores. La concentración de diseño es la cantidad de agente extintor, necesaria para apagar el fuego de forma segura. El margen de seguridad para los humanos se calcula a partir de la diferencia relativa entre la concentración de diseño y el NOAEL específico.

Con ayuda de la Figura 18, se puede afirmar que el fluido Novec 1230 proporciona el más amplio margen de seguridad para su uso en espacios ocupados.

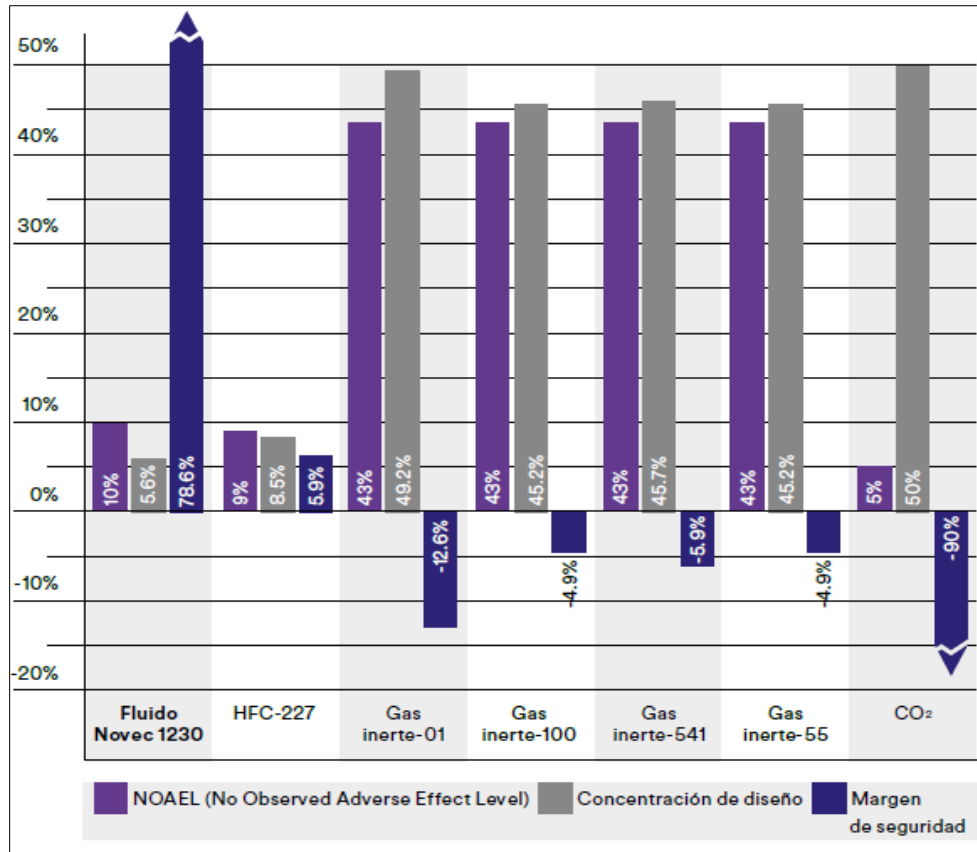


Figura 18. Comparación del margen de seguridad de los agentes limpios. Fuente: (3M™ Novec™, 2019).

### Usos y limitaciones.

El agente limpio Novec 1230 puede ser usado en las siguientes clases de peligros:

- Clase A y C: Peligros eléctricos y electrónicos, instalaciones de telecomunicaciones y activos de alto valor, donde el tiempo de inactividad asociado sería costoso.
- Clase B: Líquidos y gases inflamables.

El líquido de protección contra incendios de Novec 1230 NO debe ser usado en incendios que involucren los siguientes materiales:

- Productos químicos o mezclas de productos químicos que son capaces de una rápida oxidación en ausencia de aire como el Nitrato de Celulosa y la Pólvora.
- Metales reactivos como el Litio, el Sodio, Potasio, Magnesio, Titanio, Circonio, Uranio y Plutonio.
- Los hidruros metálicos como el hidruro de sodio e Hidruro de Litio y Aluminio.
- Los productos químicos capaces de someterse a un tratamiento autotérmico de descomposición como los peróxidos orgánicos e Hidracina.

## **NFPA**

La NFPA (National Fire Protection Association) es una organización creada en Estados Unidos, encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendio, utilizados tanto por bomberos, como por el personal encargado de la seguridad. Sus estándares conocidos como National Fire Codes recomiendan las prácticas seguras desarrolladas por personal experto en el control de incendios.

Desde su sede central se ubica en Quincy, Massachusetts, Estados Unidos. La NFPA supervisa el desarrollo y mantenimiento de más de 300 códigos y normas. Un grupo de más de 6000 voluntarios que representan al servicio de bomberos, compañías de seguros, comercio, industria, gobierno y consumidores, desarrollan y mantienen estos documentos.

Muchos estados, gobiernos locales e incluso nacionales, incorporan las normas y códigos elaborados por la NFPA en sus propias legislaciones o códigos, ya sea literalmente, o con pequeñas modificaciones. Incluso en los casos en que no es requisito de ley, la aplicación de las normas y códigos de la NFPA, son generalmente aceptados referencia a nivel profesional, y son reconocidos por muchos tribunales como tal. Esta amplia aceptación es una prueba de la gran representación y aportaciones recibidas de todos los proyectos de la NFPA.

Debido a la influencia y gran aceptación de las normas y códigos publicados por la NFPA, y por la falta de asociaciones similares en algunos países latinoamericanos, se han creado esfuerzos para dar a conocer y establecer los estándares NFPA, mediante la creación de Capítulos Nacionales. En la actualidad, la NFPA cuenta con 6 capítulos locales en Argentina, Colombia, México, Puerto Rico, República Dominicana, Venezuela y Perú.

Estas normas están adoptadas principalmente por empresas de la iniciativa privada en mediano o gran tamaño, quienes buscan disminuir en gran medida las probabilidades de incendio en sus almacenes con el fin de ver reducidas también sus primas de seguro, así como de garantizar la continuidad de sus operaciones.

Las normas NFPA que se utilizan es este proyecto de la estación de recarga de agente limpio son las enunciadas a continuación:

- NFPA 2001. Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems. Esta norma contiene los requerimientos para sistemas de extinción de incendios de inundación total o aplicación local de agentes limpios. No considera sistemas que utilicen bióxido de carbono o agua como fuente primaria de extinción; estos están considerados en otros documentos emitidos por NFPA. Además, esta norma describe los requisitos de diseño, instalación y mantenimiento para los sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios.
- NFPA 70. National Electrical Code. Esta norma comprende todo lo relacionado con instalaciones eléctricas, así como señalización y comunicación a través de cables conductores. Abarca todo tipo de construcciones en distintas modalidades. El NEC se desarrolló para establecer niveles uniformes de seguridad y provee reglas específicas de como diseñar, instalar y hacer cumplir las reglas de instalación de los sistemas eléctricos, este puede utilizarse para lograr una instalación segura, además, este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad de la vida de la propiedad y de la producción.

### **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

En el capítulo III, se presenta el marco metodológico, se desarrolla la parte teórica de las metodologías que se van a utilizar a lo largo del proyecto de tesis, se define cada uno de los pasos por utilizar de la investigación.

Se va a detallar los tipos de metodologías que se realizan en una investigación, y aparte se va a definir cuáles son los que van a ser utilizados en el presente proyecto, las cuales se les va a dar uso para poder analizar el planteamiento del problema y poder encontrar una propuesta del equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio.

Posteriormente, se va a definir el enfoque, el alcance, el diseño, muestra de investigación, las variables o unidades de análisis, los instrumentos, el proceso para la recolección de datos y el método de análisis.

Este desarrollo de datos permite tener un panorama claro de lo que se requiere en el proyecto y de lo que se va a obtener dentro del mismo.

## **Enfoque de la investigación**

A continuación, se explican los tipos de enfoque que existen dentro de una investigación.

### **Enfoque cualitativo.**

Este enfoque se guía por áreas o temas significativos de investigación. Los estudios que se realizan con un enfoque cualitativo, generalmente, desarrollan, preguntas antes, durante y después de la investigación y de la obtención de la información para la investigación. Estas actividades ayudan a descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. El enfoque cualitativo, utiliza la recolección de datos para resolver interrogantes (Hernández, 2014).

### **Enfoque cuantitativo.**

El enfoque cuantitativo, es el enfoque que representa un conjunto de procesos, es secuencial y también, probatorio, por lo cual no se debe de obviar ninguno de los pasos del proceso, sino que todos deben de llevar un orden sugerido. El orden en este tipo de enfoque es sumamente excepcional, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis (Hernández, 2014).

### **Enfoque mixto.**

El enfoque mixto de la investigación, que implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema (Hernández, 2014).

Es importante definir el tipo de enfoque a utilizar en un proyecto de investigación, el autor explica los tres tipos que se pueden utilizar en las investigaciones y detalla la diferencia, de los mismos, y la razón de ser de cada uno dentro de un proyecto.

Con base en la explicación del autor y la diferencia de los tipos de enfoque, se define que, para el presente proyecto de investigación de graduación, según el tema central se debe de utilizar el tipo de enfoque que mejor se acopla, lo cual en este caso el proyecto de investigación será diseñado bajo el planteamiento mixto ya que este es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación.

Esto debido a que los objetivos se basan en evaluar, determinar, investigar y seguir una sucesión de pasos para el diseño de la estación de recarga de agente limpio incluyendo su análisis y desglose técnico para definir los procesos operativos, estratégicos y de apoyo del proceso de recarga de los cilindros con el agente limpio Novec 1230.

## **Alcance de la investigación**

A continuación, se definen los tipos de investigación dentro de un proyecto, según lo que dicta el autor en el libro de metodología de la investigación.

### **Investigación descriptiva.**

Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población (Hernández, 2014).

### **Investigación correlacional.**

Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población (Hernández, 2014).

### **Investigación explicativa.**

Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian (Hernández, 2014).

### **Investigación exploratoria.**

Se emplea cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso (Hernández, 2014).

Según la explicación que realiza el autor en el libro Metodología de la investigación, se pudo concluir que, en el presente proyecto, que lleva el tema de diseño del equipamiento electromecánico que debe ser instalado en un espacio físico destinado para una estación de recarga de agente limpio para sistemas de supresión de incendio, se requiere utilizar una investigación exploratoria, debido a que es una investigación que se indaga desde una perspectiva innovadora, es un tema poco estudiado y ayuda a identificar conceptos promisorios relevantes con la estación de recarga de agente limpio, además de tomar gran importancia en el mercado de la construcción

en nuestro país ya que prepara el terreno para nuevos estudios y nuevas oportunidades de negocio con el fin de lograr en un futuro recargar cilindros de supresión de incendio con la mayoría de los agentes limpios disponibles en el mercado.

## **Método de la investigación**

### **Diseño experimental.**

Según Hernández Sampieri (2014), los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados.

### **Diseño no experimental.**

Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos (Hernández, 2014).

Según Hernández Sampieri (2014), el diseño no experimental, se divide en transeccional y longitudinal, en algunas ocasiones pueden convertirse en estudios cualitativos, al emplear métodos cualitativos. Asimismo, pueden valerse de las diferentes herramientas de la investigación mixta.

Continuando con el autor referenciado anteriormente, el diseño no experimental, se puede dividir en dos tipos:

- Investigación transeccional o transversal: son los que recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede.

- Diseños longitudinales de tendencia: son aquellos que analizan cambios al paso del tiempo en categorías, conceptos, variables o sus relaciones de alguna población en general. Su característica distintiva es que la atención se centra en la población o universo.

En el caso del proyecto presente, va a ser de tipo de diseño no experimental transversal, esto porque el proyecto se enfoca en un diseño del equipamiento electromecánico de una estación de recarga de agente limpio y su respectivo procedimiento para realizar la recarga de los cilindros, y no se van a manipular las variables, sino que se va a realizar mediante el estudio técnico de los equipos y las recomendaciones del fabricante.

### **Fuentes de información**

En la elaboración de este proyecto se utilizaron mayormente las fuentes primarias, Buonacore (1980) las define como: “Las que contienen información original no abreviada ni traducida: tesis, libros, nomografías, artículos de revista, manuscritos. Se les llama también fuentes de información de primera mano...” (p. 229). Incluye la producción documental electrónica de calidad.

Las fuentes de investigación para este proyecto tomando en cuenta la relevancia que tendrá la estación de recarga en nuestro país, serán fuentes de información primaria, por lo tanto, se propone utilizar la información de las fichas técnicas y manuales de operación de los equipos necesarios para el equipamiento electromecánico de la estación los cuales son suministrados por los fabricantes involucrados (Fike Corporation y 3M), se utilizará información de la estadística de ventas de la empresa Edificios Inteligentes EDINTEL S.A. con el fin de desarrollar un estudio económico de costos y recuperación de la inversión en el tiempo, así como información de documentos técnicos y leyes vigentes correspondientes a los sistemas de detección y supresión de incendio.

Según Hernández Sampieri (2014), la muestra es un subgrupo de la población o universo que nos interesa, sobre el cual se recolectaran los datos pertinentes y deberá ser representativo de dicha población.

**Muestra probabilística.**

Todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo/análisis (Hernández, 2014).

**Muestra no probabilística.**

La elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador (Hernández, 2014).

Según el autor anterior, para la selección de una muestra, depende del planteamiento del estudio y del diseño de la investigación. En este caso, se selecciona la muestra no probabilística, debido a que la elección depende de las características de la investigación en un momento, por lo tanto, se va a realizar el análisis y la recopilación de los datos, esto por la razón de que se va a planificar un tiempo para observar el proceso de preparación, diseño y funcionamiento de la estación de recarga de agente limpio.

Las observaciones del diseño para las recargas y su respectivo proceso se van a realizar durante el desarrollo del proyecto en conjunto con la empresa EDINTEL S.A. y los fabricantes Fike Corporation y 3M, para determinar algunas de las mejoras que se le deben de hacer al proceso de recarga para cumplir con lo estipulado en el manual de recarga del agente limpio “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”, el cual es el documento base para la guía del desarrollo de este proyecto de investigación.

## **Variables o Unidades de Análisis**

Para determinar las variables se muestra a continuación la Tabla que se compone de 5 columnas; objetivo, variable, conceptual, la columna operacional y los instrumentos para la recolección de los datos.

En la Tabla 5, se presentan los objetivos específicos que se desarrollaron en el capítulo I, del proyecto, en la primera columna se va a detallar cada objetivo, para desglosarlo en las siguientes 4 columnas.

Descripción de variables o unidades de análisis				
Objetivo	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Evaluar las condiciones del edificio de Edintel S.A. para determinar cuál es el área ideal para instalar la estación de recarga de agente limpio basado en recomendaciones de Fike Corporation.	Edificio de Edintel S.A.	Es un edificio ubicado en Sabana Sur, San José, Costa Rica, en el cual se estará diseñando el equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio.	De acuerdo con una lista de chequeo de evaluación de las condiciones de infraestructura de la oficina propuesta para la estación de recarga.	Mediante visita al sitio para verificar medidas y tomar apuntes en la lista de chequeo de evaluación.
Leer y apearse al manual "06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual", propiedad de Fike, el cual es una guía describir el proceso de recarga de los cilindros y la selección del equipamiento electromecánico necesario para el diseño de la estación de recarga de agente limpio.	Manual de recarga "06-852 FK-5-1-12"	Hace referencia a un manual confeccionado por fábrica para recomendaciones del equipamiento y procesos de recarga	Descripción del proceso de recarga y del equipamiento necesario	Mediante recolección e interpretación de datos y mejoras al sistema propuesto por fábrica
Leer y apearse a la Norma NFPA 2001 "Norma sobre sistemas de extinción de incendios de agente limpio", Norma NFPA 70 "Código Eléctrico Nacional" y fichas técnicas de los fabricantes Fike Corporation y 3MTM para asegurar el correcto funcionamiento del equipamiento de la estación de recarga tanto eléctrica como mecánicamente.	Normas NFPA y fichas técnicas de los fabricantes Fike Corporation y 3M	Para realizar la acometida eléctrica y el diseño del equipamiento necesario para la estación de recarga, se deben conocer los requerimientos de todos los equipos involucrados en el proceso	Diseño y cálculos de la acometida eléctrica y revisión de especificaciones técnicas del equipamiento electromecánico	Mediante tablas de información que representan los cálculos e interpretación de las Normas y especificaciones técnicas relacionadas al proyecto
Elaborar un manual de revisión y manipulación para los cilindros que se desean recargar con el fin de determinar la condición física tanto interna como externa de los mismos y tener un criterio técnico para la aprobación o el rechazo de un cilindro que se pretenda recargar con agente limpio, basado en el manual de recarga del fabricante "06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual".	Manual de revisión y manipulación para cilindros de agente limpio	Mediante un manual de elaboración propia que incluye una lista de chequeo para la correcta inspección de los cilindros que requieran ser recargados	Se crea una lista de chequeo que contiene una guía sencilla para la inspección de los cilindros y aporta un criterio técnico para la aprobación o rechazo de los cilindros	Guía para el inspector de los cilindros mediante lista de chequeo de para evaluar los cilindros
Elaborar el presupuesto del equipamiento electromecánico necesario para entregar a Edificios Inteligentes Edintel S.A. el costo final de la estación de recarga y el respectivo cálculo de las ganancias generadas en caso en invertir el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica.	Presupuesto electromecánico con el costo total de la estación de recarga	Se elabora un presupuesto que incluye los materiales eléctricos necesarios para la acometida de la estación de recarga e incluye los costos finales del proyecto, con precios detallados y calculados con su importación y nacionalización respectiva	Se realiza un presupuesto económico que incluye todos los costos relacionados con la estación de recarga	Mediante recopilación técnica y económica del equipamiento electromecánico de la estación de recarga
Determinar la cantidad mínima en libras (lbs) de agente limpio Novec 1230 que deben recargarse al año para que la estación de recarga sea un proyecto sea más rentable que invertir el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica durante 5 años.	Cantidad de libras de Novec 1230 necesarias para que el proyecto sea viable	Mediante una análisis financiero para comparar las ganancias obtenidas invirtiendo el dinero al Banco Nacional de Costa Rica contra la cantidad de libras agente limpio Novec 1230 que deben recargarse para que el proyecto sea viable	Se crea una estadística de proyección de viabilidad del proyecto con las ganancias generadas por invertir el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica	Mediante estadísticas basadas en la cantidad de libras de Novec 1230 que se deben recargar para que el proyecto se más rentable que invertir el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica

Tabla 5. Descripción de variables o unidades de análisis. Fuente: Elaboración propia, 2020.

## **Instrumentos**

El cuadro de instrumentos define los indicadores que se van a utilizar para medir a lo largo del presente proyecto de la estación de recarga de agente limpio, los cuales, en la primera columna, dice el indicador que se va a medir, todos están basados en los objetivos específicos.

En la siguiente Tabla se muestran la matriz de instrumentos:

<b>Instrumentos utilizados</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Recursos requeridos</b>	<b>Beneficios esperados</b>
Inspección del edificio de Edintel S.A.	Visita de inspección al sitio, lista de chequeo y acompañamiento del personal encargado del mantenimiento del edificio	Hoja de lista de chequeo de elaboración propia, cinta métrica, plano del edificio y multímetro	Definir el estado de la infraestructura del lugar adecuado en el cual se estará realizando el diseño de la estación de recarga de agente limpio
Manual de recarga "06-852 FK-5-1-12"	Documentación técnica del fabricante	Computadora y manual de recarga "06-852 FK-5-1-12"	Obtener el criterio técnico para la recomendación del equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga y la descripción de los pasos a seguir para el proceso de llenado de los cilindros
Normas NFPA y fichas técnicas de los fabricantes Fike Corporation y 3M	Norma NFPA 2001, Norma NFPA 70 y fichas técnicas de los equipos	Computadora, Normas NFPA, información recopilada de los cursos aprobado en la Universidad, por ejemplo, el curso de diseño eléctrico	Realizar la acometida eléctrica de la estación de recarga cumpliendo con los requerimiento técnicos de los equipos
Manual de revisión y manipulación para cilindros de agente limpio	Creación de un manual de inspección para de los cilindros	Computadora, documentación del fabricante, investigación de Normas para la manipulación de cilindros	Crear una lista de chequeo que contiene una guía sencilla para la inspección de los cilindros y aporta un criterio técnico para la aprobación o rechazo de los mismos
Presupuesto electromecánico con el costo total de la estación de recarga	Recopilación de información técnica y económica de los equipos, análisis de datos, sistema de presupuestos de la empresa Edintel S.A.	Computadora, hoja de calculo de Microsoft Excel para presupuestos elaborada por Edintel S.A. y navegación en internet	Obtener el costo total del equipamiento de la estación de recarga con precios de instalación y puesta en marcha de los equipos
Cantidad de libras de Novec 1230 necesarias para que el proyecto sea viable	Proyección de inversión del dinero en el Banco Nacional de Costa Rica contra la cantidad de libras de Novec 1230 requeridas para ser más rentable que la inversión bancaria	Computadora, hoja de calculo de Microsoft Excel para la elaboración de las estadísticas	Cantidad mínima de libras de Novec 1230 que deben ser recargadas al año para que el proyecto sea viable financieramente

Tabla 6. Instrumentos utilizados. Fuente: Elaboración propia, 2020.

## **Proceso para la Recolección de Datos**

Las fuentes primarias son documentos que incluyen resultados de los estudios que se vinculan con el tema en estudio y se caracterizan por ser de primera mano; o sea, es la información obtenida directamente por quien la produjo (Hernández, 2014).

En este caso, se utilizará la fuente primaria, esto debido a que los datos se van a recopilar directamente, de los fabricantes Fike Corporation y 3M, los cuales se encargan de la fabricación y carga inicial de los cilindros con agente limpio y 3M es la empresa encargada de la fabricación del agente limpio Novec 1230.

Este proceso se va a hacer mediante herramientas que se aprendieron durante el proceso de cursos aprobados de la carrera de Ingeniería Electromecánica. Como los análisis técnicos e interpretación de los diferentes conceptos mecánicos y eléctricos que se encuentran en las fichas técnicas de los equipos necesarios y en el manual de recarga de agente limpio, los cuales permitirán la descripción e identificación de los procesos claves para el cumplimiento de los objetivos.

El proceso de recolección de datos se va a realizar mediante reuniones con los fabricantes en las cuales se analizarán los avances de la estación de recarga y recomendaciones dadas en la descripción del proceso de recarga de los cilindros con agente limpio.

También, el fabricante Fike facilitará una reunión con una empresa llamada General Security LTDA, ubicada en Colombia, la cual se encarga del diseño, suministro, instalación y puesta en marcha de sistemas de seguridad electrónica. Con la colaboración de dicha empresa se pretende facilitar el proceso de recarga ya que ellos cuentan con una estación de recarga de agente limpio Novec 1230 en sus instalaciones, con la información y recomendaciones brindadas por General Security existe un panorama más claro de los resultados esperados.

Aunado a lo anterior se crea una serie de tareas a realizar para complementar el proceso de recolección de datos:

- Se investigó sobre los distintos sistemas de supresión de incendio con agente limpio para tomar la decisión de realizar el proyecto de investigación utilizando el agente limpio Novec 1230, el cual es el agente más moderno y menos contaminante para el medio ambiente
- Se realizará una revisión del espacio físico de EDINTEL S.A. por medio de una visita al sitio para definir el lugar más adecuado para la realización del diseño del equipamiento electromecánico de la estación de recarga de acuerdo con las medidas tomadas en dicho lugar, ya que existen tres posibles lugares
- Se realizará un análisis financiero para definir cuantas libras de agente limpio Novec 1230 se deberán recargar durante los cinco años en estudio para comparar la rentabilidad con las ganancias que obtendrían invirtiendo el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica
- Se realizará un manual de revisión para los cilindros que se pretenden recargar con agente limpio Novec 1230
- Se investigará sobre las normas internacionales que se deben cumplir para que las recargas tengan los mismos estándares de calidad que posee la fábrica.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El objetivo principal del presente trabajo se basa en realizar el diseño del equipamiento electromecánico que debe ser instalado en un espacio físico destinado para una estación de recarga de agente limpio para sistemas de supresión de incendio, la estación antes mencionada tendrá su lugar en la empresa Edificios Inteligentes EDINTEL S.A. ubicada en Sabana Sur, San José, Costa Rica.

En este capítulo, se describirá de manera detallada cada uno de los procesos necesarios para realizar las recargas de agente limpio en los cilindros de la marca Fike, también se explicará el procedimiento y cada uno de los equipos necesarios para el equipamiento electromecánico de la estación de recarga.

Se va a realizar el análisis técnico del manual “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”, propiedad de Fike, el cual es una guía para la selección del equipamiento electromecánico necesario para el diseño de la estación de recarga de agente limpio y se elaborará un manual de revisión y manipulación para los cilindros que se desean recargar con el de determinar la condición física tanto interna como externa y tener un criterio para la aprobación o el rechazo de un cilindro que se pretenda recargar con agente limpio Novec 1230.

Además, se va a realizar un estudio financiero para determinar la cantidad mínima en libras (lb) de agente limpio Novec 1230 que deben recargarse durante los cinco años en estudio para comparar con respecto a las ganancias que se obtendrían invirtiendo el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica y por último se elaborará el presupuesto del equipamiento electromecánico necesario con el costo final de la estación de recarga en nuestro país.

Para lo anterior, se hará uso de un grupo de herramientas confeccionadas para la recolección de datos e información técnica necesaria, así como diagramas unifilares, diagramas de diseño del equipamiento, procedimiento de la estación de recarga y el análisis técnico respectivo con los fabricantes Fike y 3M para el correcto funcionamiento del proceso de recarga de agente limpio.

## **Alcance**

El presente proyecto de investigación contiene los requisitos y procedimientos mínimos para recargar cilindros de supresión de agentes limpios Novec 1230. La información contenida en este documento está preparada para el uso y la orientación de la estación de recarga para la empresa Edificios Inteligentes EDINTEL S.A., la cual es una empresa aprobada y certificada por Fike como distribuidor autorizado en el país y deberá cumplirse estrictamente para que los cilindros de supresión de incendio con agente limpio funcionen correctamente durante su tiempo de vida útil.

## **Propósito**

El propósito de la estación de recarga de agente limpio se basa en la disminución del tiempo en la cual el lugar donde se encuentran instalados los cilindros no sufran un tiempo prolongado sin protección contra incendio por medio del sistema de supresión con agente limpio, por lo tanto, después de una descarga del sistema, es de suma importancia que los contenedores de supresión de agente limpio se recarguen y se vuelvan a poner en servicio lo antes posible (24 horas como máximo) para garantizar una protección continua. EDINTEL S.A. al decidir tener una estación de recarga de agente limpio en sus instalaciones puede eliminar el tiempo asociado con el envío de los contenedores a Fike para recargarlos, el proceso de exportación a Fike para recargar los cilindros y la importación nuevamente a nuestro país tiene un tiempo prologando de 10 a 12 semanas. Además, la empresa mencionada anteriormente puede retirar el cilindro de servicio, realizar la recarga en sus instalaciones y devolver el cilindro al servicio en un período relativamente corto.

**Proceso de evaluación de las condiciones del edificio de EDINTEL S.A. para determinar cuál es el área ideal para instalar la estación de recarga de agente limpio basado en recomendaciones de Fike Corporation.**

Para identificar los principales detalles del proceso de evaluación de la infraestructura del edificio de EDINTEL, se describe a continuación los aspectos relevantes que reúne el inmueble.

<b>Características del edificio de EDINTEL</b>	
Tipología:	Estructura formada con marcos de concreto reforzado, con cerramientos de muro seco (gypsum) y ventanas de marco de aluminio
Área de construcción:	380 m <sup>2</sup>
Área de lote:	380 m <sup>2</sup>
Uso:	Esta adaptado para albergar oficinas administrativas, cuenta con dos salas de reuniones y una bodega grande para el almacenamiento de materiales
Cantidad de niveles:	Consta de dos niveles
Condición:	El edificio es propio
Ubicación:	Se ubica en Sabana Sur, San José Costa Rica

Tabla 7. Características del edificio de EDINTEL. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Con el fin de realizar la inspección detallada del edificio y definir el lugar adecuado en el cual se estará realizando el diseño de la estación de recarga de agente limpio, se procede con una visita al sitio, en la cual se realiza el recorrido dentro y fuera de las instalaciones valorando la infraestructura.

El edificio cuenta con dos niveles, en el primer nivel se encuentra la recepción, una sala de reuniones, una oficina administrativa, una oficina que limita con la zona verde de un costado del edificio, servicios sanitarios y una bodega en la cual se almacenan materiales y equipos electromecánicos propios del mercado en el cual se desarrolla EDINTEL S.A., en el segundo nivel podemos encontrar tres oficinas administrativas, una sala de reuniones grande, servicios sanitarios y una oficina administrativa bastante grande en la cual laboran diariamente alrededor de ocho personas.

En total laboran cerca de quince personas diariamente en las instalaciones, por lo tanto, se puede afirmar que es un inmueble el cual tiene un porcentaje de ocupación importante y no cuenta con muchas oficinas o bodegas disponibles o desocupadas. Debido a lo expuesto anteriormente se toma la decisión de proponer para el estudio e inspección la oficina que limita con una zona verde en el costado oeste del edificio.

Se realiza una lista de chequeo definida por Tabla 9 y 10 y se indica por ítems los elementos a inspeccionar y los deterioros que se pueden presentar comúnmente en cada uno de los elementos descritos, se incluye una sección para que se registre y valore la condición general del elemento inspeccionado, éste se puede clasificar en “Aceptable”, “Regular” y “Deficiente”, la Tabla 8 muestra los parámetros para asignar la condición general al ítem inspeccionado.

<b>Parámetros de la condición de deterioro</b>	
Condición	Descripción
Aceptable	No se presenta deterioro o fallas en el elemento o estas se presentan muy leves, sin perjudicar la apariencia general de la estructura.
Regular	Se presenta deterioros o fallas de consideración, pero estos no perjudican el uso normal del edificio o la seguridad de sus ocupantes.
Deficiente	Existen fallas y deterioros graves que impiden el uso normal del edificio o ponen en riesgo la seguridad de sus ocupantes.

Tabla 8. Equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En el resumen de la inspección se pueden anotar las observaciones con el fin de describir si algún elemento requiere de alguna intervención específica, en este caso reparación, sustitución o renovación.

Evaluación de las condiciones de infraestructura de la bodega en la planta baja del edificio de Edintel S.A.					
Ítem	Detalle de la revisión	Condición			Observaciones
		Aceptable	Regular	Deficiente	
1	Revisión general del estado de conservación de las paredes (exteriores e interiores) del edificio incluyendo las paredes livianas, se revisa la aparición de grietas, fisuras, huecos, deformaciones, desgaste, humedad, manchas y suciedad.		X		Existen algunos huecos en las paredes producto de la desinstalación de algunos muebles aéreos
2	Revisión de la condición del acabado de las paredes, se revisa el repello, revestimientos, enchapes y pintura.		X		Las paredes presentan repellos y en general la oficina necesita ser pintada
3	Revisión de que el lugar cuente con espacios bien ventilados, protegidos del sol, del agua, de la lluvia, de la humedad y de ambientes corrosivos.	X			La oficina tiene buena ventilación
4	Revisión general del estado de conservación del piso del edificio, se revisa la aparición de grietas, fisuras, huecos, despegues, desgaste, humedad, manchas, ralladuras y suciedad.	X			El piso esta en perfecto estado, no presenta grietas, desgaste o humedad
5	Revisión de aparición de goteras.	X			No existen goteras
6	Revisión general del estado de conservación del techo y red pluvial, revisar la cubierta, limahoyas, limatones, botaguas, cumbreras, canoas, bajantes pluviales y las cajas de registro.	X			La red pluvia se encuentra en buen estado
7	Revisión general del estado de conservación del cielo del edificio, se revisa la aparición de fisuras, huecos, láminas desacomodadas, pandeo, goteras, humedad y manchas.	X			El cielo en esta oficina está en perfecto estado
8	Revisión general del estado de conservación de los diferentes elementos estructurales de concreto reforzado del edificio (columnas y vigas), se revisa la aparición de fisuras, grietas, huecos, flechas, humedad, manchas, degradación química y suciedad.	X			La estructura de la oficina y del edificio en general se encuentran en perfecto y no presentan ningún daño
9	Revisión general del estado de conservación de las puertas y cerraduras del edificio, se revisa la aparición de golpes, hundimientos grietas, huecos, desplomes, humedad, hongos, manchas, suciedad y efectividad de cierre.	X			Esta oficina cuenta con una sola puerta de acceso y esta en buen estado
10	Revisión general del estado de conservación de los distintos tipos de ventanas (incluye vidrios, celosías y marcos), se revisa la aparición de golpes, hundimientos, rayaduras grietas, huecos, desplomes, humedad, hongos, manchas, suciedad y mecanismos de cierre.		X		La oficina presenta solamente una ventana con golpes, producto del golpe la ventana esta quebrada

Tabla 9. Evaluación de las condiciones de infraestructura de la bodega en la planta baja del edificio de EDINTEL S.A. Fuente:

Elaboración propia, 2020.

11	Revisión general del estado de conservación y funcionamiento de la red de suministro de agua potable, se revisan las tuberías, válvulas y accesorios expuestos (visibles) con el propósito de detectar fugas y roturas, revisar los anclajes y deterioro general.	X			La oficina no cuenta con tuberías y accesorios para agua potable debido a que anteriormente se utilizaba como lugar de trabajo en la cual había ciertas computadoras en funcionamiento
12	Revisión del sistema de detección de incendio del lugar.	X			En la oficina se encuentra instalado un sensor de humo, el cual se encuentra en buen estado y en funcionamiento
13	Revisión de los sistemas de seguridad electrónica (CCTV, Control de accesos, Intrusión).			X	Se recomienda reparar el sistema de control de accesos e incluir CCTV y el sistema de intrusión.
14	Revisión del estado y funcionalidad de los interruptores y tomacorrientes.	X			Todos los tomacorrientes e interruptores se encuentran en buen estado
15	Revisión de luminarias existentes, detección de iluminación oscilante o fundida, roturas y sujeción.			X	Actualmente hay tres luminarias; dos en buen estado y una en mal estado (no está en funcionamiento)
16	Verificación del estado de las conexiones de las líneas de distribución principal y secundaria, verificación de la continuidad eléctrica de la línea.	X			Las conexiones y las líneas que atraviesan la oficina están en buen estado
17	Verificar el acceso al cielo para posibles reparaciones del sistema eléctrico.	X			El edificio cuenta con espacio entre cielo y loza para la correcta manipulación electromecánica de la tubería y el cableado que se pretende instalar
18	El lugar cuenta con salidas de emergencia debidamente rotuladas.	X			El edificio en general tiene salidas de emergencia con su respectiva rotulación
19	El lugar cuenta con accesibilidad para el adecuado manejo de los cilindros de supresión de incendio.	X			Existe espacio disponible para la correcta manipulación de los cilindros
20	El lugar cuenta con el espacio adecuado para recibir todos los equipos electromecánicos de la estación de recarga de agente limpio.	X			Si cuenta con el espacio adecuado

Tabla 10. Continuación de la Evaluación de las condiciones de infraestructura de la bodega en la planta baja del edificio de EDINTEL S.A. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Después de realizar el procedimiento de la evaluación por medio de la inspección, se pueden observar los resultados en la Tabla 9 y 10. A continuación, se detallan los ítems con los resultados amplios de la evaluación.

En el ítem 1 se procede a revisar el estado de las paredes internas y externas de la oficina, procurando realizar una inspección minuciosa de la aparición de grietas, huecos o malformaciones presentes en las paredes. En la oficina se pueden observar algunos huecos en las paredes producto de la desinstalación de algunos muebles aéreos que se utilizaban en este lugar, las paredes son de cemento y no presentan problemas de grietas ni humedad, la condición de las paredes se definió como “Regular” debido a que estos huecos descritos anteriormente deben ser reparados en su totalidad, pero no es un problema tan severo como para descartar este sitio.

Realizando la inspección en el ítem 2 se observaron los acabados de las paredes, los repellos existentes y la pintura actual. Algunos de los huecos que se observaron con la inspección del ítem 1 fueron reparados con un repello para paredes de cemento, lo cual está muy bien, sin embargo, se deben reparar todos los huecos presentes en las paredes, adicional a lo anterior, la oficina presenta algunos detalles de pintura, por lo tanto, la evaluación nos da una condición de “Regular” porque los repellos no fueron pintados en su momento de reparación y actualmente la oficina necesita ser pintada por completo.

Con el ítem 3 se procede a revisar la ventilación de la oficina, la protección contra el agua y la humedad. La condición es “Aceptable” ya que la ventilación es bastante adecuada, el sector que limita al oeste con la zona verde tiene unos ventanales bastante grandes y en la parte superior se encuentran las celosías las cuales permiten el ingreso constante de viento.

En el ítem 4 se realiza la revisión del estado del piso, aparición de grietas, huecos, desgaste, humedad y manchas. El piso de la oficina se encuentra en perfecto estado, no presenta grietas, desgaste o humedad, por este motivo la condición de este elemento es “Aceptable”.

Para el ítem 5 se inspecciona la aparición de goteras causadas por la lluvia o por alguna tubería en mal estado, la condición es “Aceptable”, la oficina no presenta goteras, afortunadamente en el momento de la inspección se encontraba lloviendo con bastante intensidad y no se observaron goteras ni rastros de humedad.

La revisión general del estado del techo y la red pluvial de la oficina se realiza en el ítem 6, es importante tomar en cuenta que la oficina está ubicada en el primer nivel, pero, sin embargo, el edificio en general no presenta problemas en el techo, la red pluvia se encuentra en buen estado, debido a lo analizado anteriormente la condición es “Aceptable”.

El estado del cielo de la oficina lo describe el ítem 7, se revisa la aparición de fisuras, huecos, humedad y manchas. El cielo en esta oficina está en perfecto estado por lo tanto la condición es “Aceptable”.

Con el detalle de revisión del ítem 8 se inspecciona el estado de los elementos estructurales de concreto como columnas y vigas, además se revisa la aparición de grietas o huecos. La estructura de la oficina y del edificio en general se encuentran en perfecto y no presentan ningún daño, por esta razón la condición es “Aceptable”.

Para el ítem 9 se realiza la revisión de la puerta y cerradura de la oficina en búsqueda de golpes, grietas o defectos en los elementos, esta oficina cuenta con una sola puerta de acceso y la condición de esta es “Aceptable”.

La inspección general del estado de los distintos tipos de ventanas incluyendo vidrios, celosías y marcos se realiza en el ítem 10, además se inspecciona la aparición de golpes, hundimientos y grietas. La oficina presenta solamente una ventana con golpes, producto del golpe la ventana esta quebrada, por lo tanto, se recomienda realizar el cambio de este elemento, la condición general es “Regular”.

En el ítem 11 se describe la revisión del estado y funcionamiento de la red de suministro de agua potable. La oficina no cuenta con tuberías y accesorios para agua potable debido a que anteriormente se utilizaba como lugar de trabajo en la cual había ciertas computadoras en funcionamiento, se considera una condición “Aceptable” debido a que en un futuro donde se requiera del suministro de agua potable en la oficina se podría realizar fácilmente interviniendo dos tuberías cercanas a esta oficina.

El detalle del ítem 12 se refiere a la inspección del sistema de detección de incendio existente, en la oficina se encuentra instalado un sensor de humo, el cual se encuentra en buen estado y en funcionamiento, debido a las medidas de la oficina un solo sensor es capaz de detectar humo en toda la oficina, la condición del sistema es “Aceptable” pero se recomienda ampliar el

lazo de iniciación y de notificación del sistema de detección de incendio del edificio, con el fin de instalar una estación manual y una sirena con luz estroboscópica para cumplir con la activación manual y automática (sensor de humo) en caso de incendio.

Para el ítem 13 se realiza la inspección de los sistemas de seguridad electrónica (CCTV, control de accesos e intrusión), la puerta de la oficina cuenta con un sistema de control de accesos que se encuentra fuera de funcionamiento, el edificio en general tiene sistemas de seguridad electrónica instalados como CCTV, control de accesos e intrusión, por este motivo se recomienda instalar dos cámaras de seguridad tipo bala de 2 megapíxeles e integrarlos al sistema existente con el fin de asegurar y documentar con video que los procesos de recarga de los cilindros que se realicen altos estándares de calidad y seguridad. Además, se recomienda instalar en la puerta un electroimán, una lectora de tarjetas y un botón de salida para restringir el paso por la oficina a personal autorizado solamente. Y para el sistema de intrusión se recomienda instalar un sensor de ruptura de vidrio ya que las ventanas son bastante grandes y un sensor de movimiento para proteger la oficina en horarios no laborales. Después de realizar esta inspección se puede definir una condición de “Deficiente” ya que se requieren varios cambios para que los sistemas operen en perfectas condiciones. Es entendible que en este momento la oficina no cuente con estos sistemas de seguridad electrónica debido a que se está utilizando como bodega de materiales.

La inspección del estado y funcionalidad de los interruptores y tomacorrientes se realiza en el ítem 14, se procede con la revisión y todos los dispositivos se encuentran en buen estado, la condición se puede definir como “Aceptable”, pero es importante tomar en cuenta que la distribución eléctrica de la oficina se diseñara nuevamente ya que los equipos a instalar en la estación de recarga tienen requerimientos de voltaje distintos a los instalados actualmente.

El estado de las luminarias existentes se revisa en el ítem 15, actualmente hay tres luminarias; dos en buen estado y una en mal estado (no está en funcionamiento), la condición es “Deficiente”, en este punto al igual que el anterior, el diseño de la iluminación se estará realizando nuevamente tomando en cuenta los niveles de iluminación requeridos para una estación de recarga de agente limpio.

En el ítem 16 se verifica el estado de las conexiones de las líneas eléctricas distribuidas en la oficina, la condición es “Aceptable”, las conexiones y las líneas que atraviesan la oficina están en buen estado, pero, el diseño va a cambiar con el requerimiento de los equipos electromecánicos de la estación de recarga, por este motivo se instalará una nueva canalización con su respectivo cableado en la oficina en estudio.

Siguiendo con la inspección se debe verificar el acceso al cielo raso para la nueva canalización eléctrica, esta revisión se hace en el ítem 17. La condición es “Aceptable” debido a que el edificio cuenta con espacio entre cielo y loza para la correcta manipulación electromecánica de la tubería y el cableado que se pretende instalar.

Para el ítem 18 se revisa si el edificio cuenta con salidas de emergencia debidamente rotuladas, la condición es “Aceptable”, el edificio en general tiene salidas de emergencia con su respectiva rotulación.

Uno de los detalles más importantes se encuentra en el ítem 19, el cual se refiere a la accesibilidad presente en la oficina para el adecuado manejo de los cilindros. La oficina es relativamente pequeña, pero la estación de recarga no requiere de mucho espacio, por lo tanto, existe espacio disponible para la correcta manipulación de los cilindros, la condición es “Aceptable”.

El último ítem de revisión es el número 20, el cual se refiere a la inspección de la oficina para definir si la misma cuenta con el espacio adecuado para recibir todos los equipos electromecánicos que conforman la estación de recarga de agente limpio. La condición es “Aceptable”, el diseño del equipamiento electromecánico se puede verificar en la Figura 52 y efectivamente el espacio cumple con los requerimientos.

El propósito de realizar esta lista de chequeo es cuantificar y documentar los diferentes deterioros y estados de los elementos de la oficina, como un apoyo para tomar decisiones con respecto a las intervenciones que deben realizarse en el lugar para que esta oficina sea apta para el funcionamiento de la estación de recarga, debido al análisis de cada uno de los ítems citados en las Tablas 9 y 10 se puede definir que la condición general de la oficina es “Aceptable”, por esta razón, el diseño del equipamiento electromecánico y el diseño eléctrico se estará realizando con las características y medidas físicas de esta oficina.

**Lectura y análisis del manual “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”, propiedad de Fike, el cual es una guía describir el proceso de recarga de los cilindros y la selección del equipamiento electromecánico necesario para el diseño de la estación de recarga de agente limpio.**

### **Precauciones de seguridad**

La comprensión de las propiedades físicas del agente limpio Novec 1230 y el uso seguro y adecuado de las técnicas de manipulación de los gases comprimidos licuados, permitirá que el agente limpio se transfiera de manera segura desde los contenedores de carga a granel a los contenedores del sistema de agente limpio. Antes de manipular el agente limpio Novec 1230, todas las personas que manipulen el producto deberán leer las precauciones de seguridad mencionadas a continuación.

- Los cilindros asociados con este procedimiento se llenarán con un gas licuado a presión, por lo tanto, se deberán observar en todo momento y de forma segura los procedimientos de manipulación.
- Deben incorporarse dispositivos de alivio de presión de 600 psi en el sistema de carga para evitar una sobre presurización accidental del sistema. En las secciones de tubería donde el agente podría quedar atrapado, se deben proporcionar dispositivos de alivio de presión adecuados.
- Las áreas de llenado de los cilindros deben estar bien ventiladas en todo momento, preferiblemente que existan ventanales en el lugar los cuales faciliten la entrada y salida de aire.
- El agente limpio Novec 1230 tiene un nivel de toxicidad relativamente bajo en su estado natural. Sin embargo, los productos de descomposición del agente pueden ser tóxicos. Por lo tanto, se prohibirá fumar en todo momento en las áreas de llenado de los cilindros.
- Se deben usar anteojos de seguridad (Lente Virtua Claro con Antiempañante de 3M), un protector facial completo (Sistema H4 para cabeza con Protector facial de 3M) y guantes (Guante con agarre cómodo CGM-GU de 3M) en todo momento al manipular el agente limpio Novec 1230.

- Antes de realizar el proceso de llenado, todos los cilindros deben ser inspeccionados para evidenciar áreas débiles o corroídas y observar la fecha de la última prueba o inspección. En las Tablas 16 y 17 se encuentra el procedimiento respectivo.
- La cantidad de agente transferida a un cilindro receptor no se deberá realizar por debajo de lo siguiente:
  - Novec 1230 - 130° F (54° C)

En el Apéndice B, se encuentra la Tabla para conocer los rangos de llenado mínimo y máximo de los contenedores de agente limpio de Fike.

## Equipamiento

En esta sección se define el equipo mínimo recomendado para el llenado adecuado de los cilindros de agente limpio a partir de los cilindros de almacenamiento a granel.

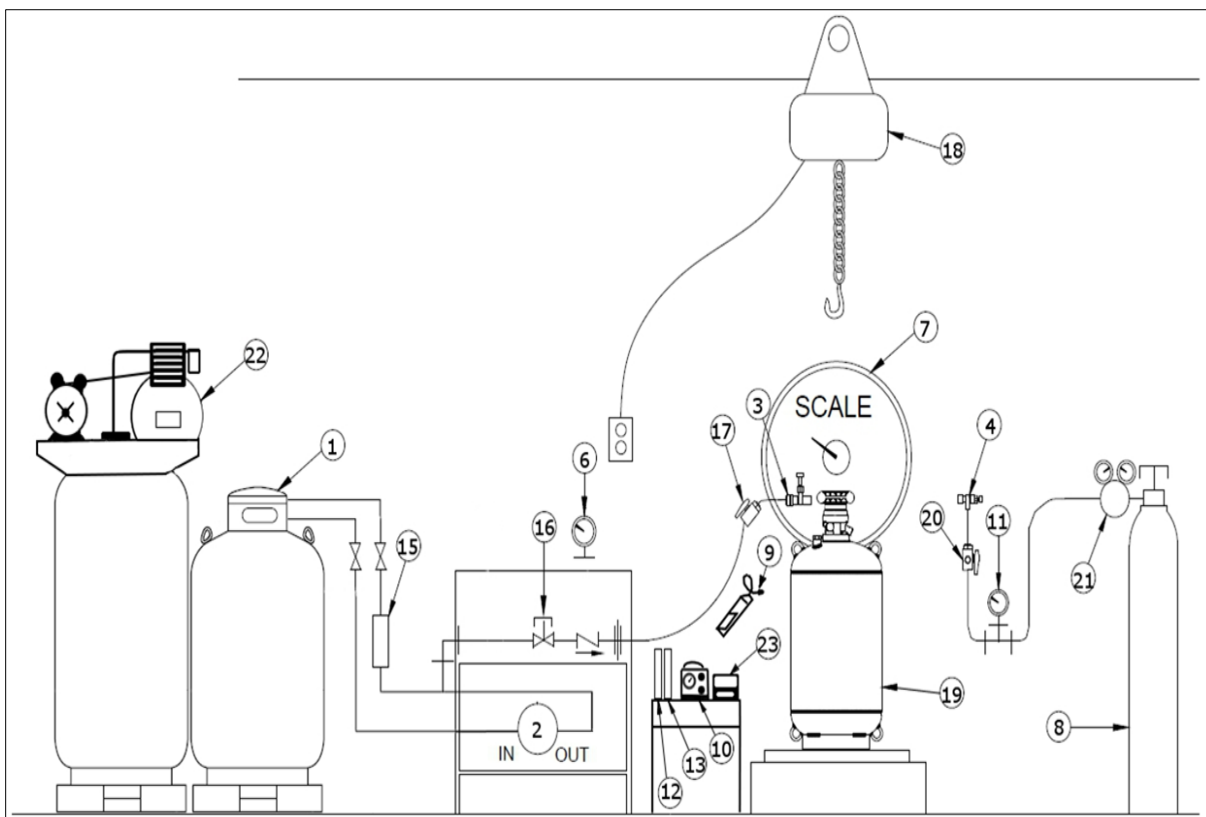


Figura 19. Diagrama del equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

<b>Equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230</b>	
<b>ítem</b>	<b>Descripción</b>
1	Cilindro de NOVEC 1230 a granel
2	Estación de recarga / Bomba
3	Herramienta de extracción del núcleo
4	Herramienta depresora central
5	Accesorios, válvulas y mangueras
6	Termómetro portátil de lectura remota
7	Báscula de suelo, 2000 lbs de capacidad
8	Suministro de nitrógeno
9	Detector de fugas (incluido con la bomba)
10	Estándar de fugas
11	Manómetro de prueba digital de alta precisión para presión (N2)
12	Tabla de presión versus temperatura
13	Libro de registro
14	Válvulas de cierre para cilindro a granel
15	Retorno de vapor (incluido con la bomba)
16	Válvulas de cierre (incluido con la bomba)
17	Válvula de bola
18	Polipasto eléctrico de cadena, 4400 libras de capacidad
19	Cilindro de Fike por recargar
20	Válvula de bola de 3 vías (purga) (incluido con la bomba)
21	Válvula reguladora de alta presión montada en tanque (incluido con la bomba)
22	Compresor de aire eléctrico horizontal, 80 gal.
23	Impresora de etiquetas

Tabla 11. Equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Suministro a granel de agente extintor. (P/N 02-17015).**

Se deberá suministrar Novec 1230 (FK-5-1-12) el cual es el agente limpio reconocido por UL para unidades de sistemas de extinción, también conocido como Dodecafluoro-2-metilpentano-3-uno. Fórmula química:  $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ . Para el desarrollo de este proyecto utilizaremos los contenedores de 661 lb (300 kg) y 2425 lb (1100 kg) respectivamente.



Figura 20. Contenedor de agente limpio a granel Novec 1230 de 661 lb (300 kg). Fuente: (3M™ Novec™, 2020).



Figura 21. Contenedor de agente limpio a granel Novec 1230 de 2425 lb (1100 kg). Fuente: (3M™ Novec™, 2020).

#### **Estación de recarga (Bomba). (P/N 4G59523).**

Se deberá utilizar un sistema de bombeo compatible con Novec 1230 que cumpla con los criterios operativos para cada instalación o configuración de estación de recarga. Se recomienda utilizar los sistemas de bombas del fabricante Getz.

La estación de recarga estará siendo utilizada por el operador, en este equipo se realiza todo el control del proceso de la recarga de agente limpio, algunas características importantes son las siguientes:

- Tiene un 99% de eficiencia de transferencia
- Transfiere líquido, vapor y nitrógeno
- Tiene una velocidad de transferencia de líquido Novec 1230 de 16 libras por minuto como máximo
- Tiene una velocidad de transferencia de vapor Novec 1230 de 2 libras por minuto como máximo
- Funciona con una presión de aire comprimido de 175 PSI.

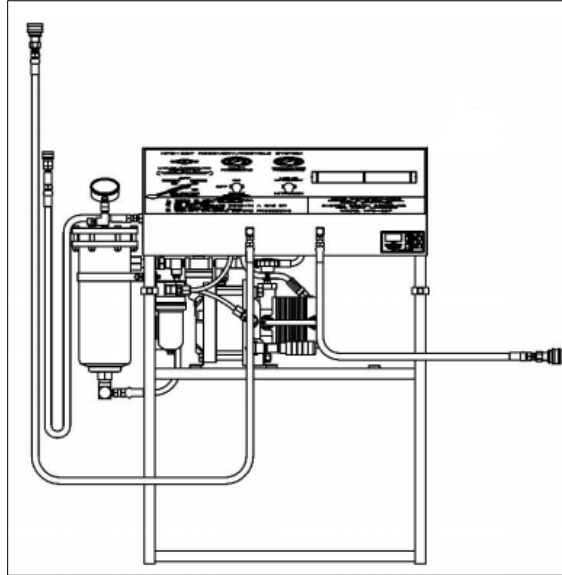


Figura 22. Esquema de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).



Figura 23. Estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).

**Adaptador de recarga - Herramienta de extracción del núcleo. (P/N 70-282).**

Se utilizará la válvula de impulso (P/N 70-282), requerida para facilitar el reacondicionamiento del cilindro al quitar o agregar el núcleo de la válvula, de la válvula de llenado de latón, el cual se encuentra en el cilindro a recargar.

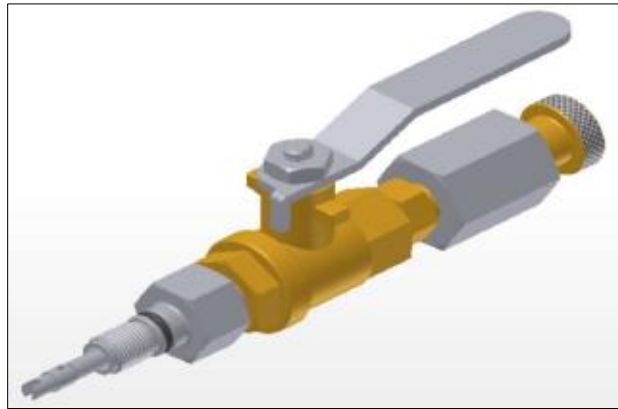


Figura 24. Herramienta de extracción del núcleo. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

**Herramienta depresora central - Válvula de impulso. (P/N 70-281).**

Se requiere para presurizar los cilindros presionando el núcleo de la válvula en la válvula de llenado de latón y permitiendo que fluya el nitrógeno.

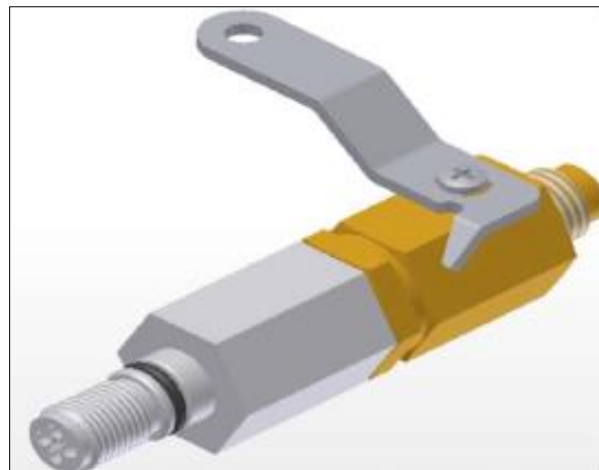


Figura 25. Herramienta depresora central. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

**Accesorios, válvulas y mangueras, según sea necesario.**

Cada dispositivo por utilizar deberá ser apto para el servicio de refrigeración y tendrá una presión de trabajo mínima de 600 psi (4137 kPa).

La conexión del cilindro de suministro de agente limpio a granel al cilindro receptor se realiza mediante el uso de adaptadores de tambor de refrigerante de 1/4", en las válvulas del tambor y uno o más tramos de mangueras de carga de refrigeración. La manguera de carga es una manguera de goma flexible reforzada con fibra equipada con conectores de tubería hembra en cada extremo y tiene una capacidad nominal de 2250 psi (15513 kPa). Los adaptadores de tambor, mangueras de carga, válvulas y accesorios de tubería se pueden comprar en las empresas de suministro de refrigeración locales.

Los accesorios por utilizar son los siguientes:

- 4 conectores rectos de acero macho NPT de 1/4" a macho JIC N2 de 1/4"
- 4 mangueras trenzadas de acero inoxidable de 1/4" con conexiones JIC hembra de 1/4" en ambos extremos. Deben ser de 6 pies de largo.



Figura 26. Conector recto de acero macho NPT de 1/4" a macho JIC N2 de 1/4". Fuente: (Fabricante EATON, 2019).



Figura 27. Manguera trenzada de acero inoxidable de ¼" con conexiones JIC hembra de ¼" en ambos extremos. Fuente: (Fabricante Glacier Tanks, 2019).

**Termómetro de alta calidad. (P/N 9266T22).**

El termómetro debe tener una precisión de  $\pm 2^{\circ}$  F ( $1.0^{\circ}$  C) y debe estar ubicado en el área de llenado del cilindro.



Figura 28. Termómetro portátil de lectura remota. Fuente: (Fabricante McMaster-Carr, 2019).

**Báscula. (P/N 19005T32).**

Una báscula capaz de pesar con precisión dentro de  $\pm 0,5$  libras (0,23 kg), con un rango total mayor que el peso máximo del cilindro cargado, aproximadamente 2000 libras / 907,2 kg.

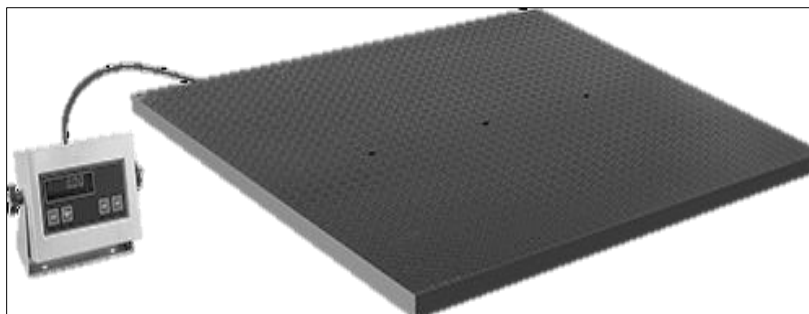


Figura 29. Báscula de suelo, 2000 libras de capacidad. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019).

**Suministro de nitrógeno. (P/N P-4631-E).**

Se debe proporcionar un suministro adecuado de nitrógeno seco con un regulador de presión y un adaptador de llenado. Los suministros de nitrógeno deben ser de grado H, I, J, K, L, M, N, O, P.



Figura 30. Cilindro de gas nitrógeno. Fuente: (Fabricante Praxair Costa Rica S.A., 2020).

**Detector de fugas. (P/N 2G0002).**

Un detector de fugas capaz de detectar una tasa de fuga mínima de 0.18 oz (5.1 g) por año. Se sugiere el detector de fugas de refrigeración 2G0002 del fabricante Getz Equipment Innovators.



Figura 31. Detector de fugas. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, (2020).

### Estándar de fugas. (P/N LS-20).

Un estándar de fugas modelo LS-20 para calibrar el detector de fugas y que se puede configurar a la tasa de fuga mínima requerida.



Figura 32. Estándar de fugas. Fuente: (Fabricante Bacharach Inc. 2019).

### Manómetro de prueba digital de alta precisión (P/N 3943K23).

Dos manómetros, con las siguientes características:

- 0-600 psi (0-4137 kPa) calibrado en incrementos de 20 psig (138 kPa), o menos, para el lado de salida / descarga de la bomba.
- 0-600 psi (0-4137 kPa) calibrado en incrementos de 20 psig (138 kPa), o menos, para el lado de salida / descarga del regulador de nitrógeno.



Figura 33. Manómetro de prueba digital de alta precisión. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019).

#### **Tabla de presión versus temperatura.**

En el área de llenado del contenedor se debe mantener una tabla de presión versus temperatura que detalle la relación del agente súper presurizado versus la temperatura.

<b>Temperature °F / °C</b>	<b>Pressure psig / kPa</b>
32 / 0	453 / 3030
40 / 4	463 / 3210
50 / 10	475 / 3290
60 / 16	488 / 3380
<b>70 / 21</b>	<b>500 / 3470</b>
80 / 27	513 / 3560
90 / 32	525 / 3650
100 / 38	538 / 3740
110 / 43	550 / 3820
120 / 49	563 / 3910
130 / 55	575 / 4000

Tabla 12. Tabla de presión versus temperatura. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

### **Libro de registro.**

Se mantendrá un libro de registro permanente que contenga la siguiente información:

- Fecha de bombeo
- Presión final del contenedor
- Cliente
- Resultados de la prueba de fugas
- Número de serie del contenedor
- Nombre / iniciales de la persona que realiza el procedimiento de llenado / recarga inicial
- Llenado o recarga inicial
- Cantidad de agente bombeado
- Columna de comentarios

### **Válvulas de cierre para cilindro a granel.**

Se debe suministrar una válvula de cierre y un adaptador para los contenedores de agente limpio Novec 1230, estos dispositivos ya vienen incluidos al momento de comprar los contenedores.



Figura 34. Válvula de cierre y adaptador para contenedor de agente limpio Novec 1230 a granel. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).

**Válvulas de cierre (incluido con la bomba). (P/N 1G51908).**

La válvula de cierre viene incluida en la estación de recarga (Bomba), (P/N 4G59523).



Figura 35. Válvula de bola de latón de 2 vías de 3/8". Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).

**Válvula de bola. (P/N 1G0084).**

La válvula de bola viene incluida en la estación de recarga (Bomba), (P/N 4G59523).



Figura 36. Válvula de bola. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).

**Polipasto eléctrico de cadena. (P/N 3316T972).**

Se deberá incluir un polipasto eléctrico de 4400 libras. Este equipo se utilizará para levantar los cilindros para una mejor manipulación, se utiliza con el control de mano para levantar su carga sin esfuerzo. La protección contra sobrecargas incluida evita que el polipasto funcione si la carga excede la capacidad, además posee un freno electromagnético el cual proporciona un frenado rápido y seguro.



Figura 37. Polipasto eléctrico de cadena. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019).

### **Cilindro Fike por recargar con agente limpio.**

Los cilindros de agente limpio de Fike son de acero pintado, hay cilindros disponibles en varios tamaños y con diferentes densidades de llenado. Cada contenedor está equipado con un tubo de sifón interno, conjunto de válvula de impulso Fike, manómetro, placa de identificación del contenedor y los accesorios de montaje correspondientes.

Se deberán recargar incrementos de 1 libra (0,5 kg) hasta su capacidad requerida y luego se súper presuriza con nitrógeno seco a 500 psig a 70° F (34,5 bar a 21 ° C).



Figura 38. Cilindros de almacenamiento de válvula de impulso para sistemas que utilizan líquido de protección contra incendios 3M™ NOVEC™ 1230. Fuente: (Ficha Técnica de los cilindros de Fike, 2019).

Container		Fill Range		Tare Weight	Dimensions (approximate)		Valve Size
Size	P/N	Minimum	Maximum		Diameter	Height	
lb. (L)			lbs. (kg)	lbs. (kg)	lbs. (kg)	in. (mm)	in. (mm)
5 (2)	70-357	3 (1.0)	5 (2.0)	6.20 (2.8)	4.15 (105.4)	12.59 (320)	1 (25)
10 (4)	70-358	5 (2.5)	10 (4.5)	12.50 (5.7)	4.15 (105.4)	23.63 (600)	1 (25)
20 (8.5)	70-359	9 (4.5)	21 (9.5)	20.90 (9.5)	7.00 (178)	21.50 (457)	1 (25)
35 (15)	70-360	17 (7.5)	38 (17.0)	31.10 (14.1)	7.00 (178)	32.50 (826)	1 (25)
60 (27)	70-361	30 (13.5)	68 (30.5)	52.00 (23.6)	10.75 (273)	27.00 (686)	1 (25)
100 (44)	70-362	47 (21.5)	108 (49.0)	74.10 (33.6)	10.75 (273)	38.75 (984)	1 (25)
150 (61)	70-363	65 (29.5)	150 (68.0)	130.10 (59.0)	20.00 (508)	18.75 (476)	3 (80)
215 (88)	70-364	93 (42.5)	216 (98.0)	157.00 (71.2)	20.00 (508)	28.56 (725)	3 (80)
375 (153)	70-365	163 (74.0)	378 (171.5)	224.00 (101.6)	20.00 (508)	42.50 (1080)	3 (80)
650 (267)	70-366	283 (128.5)	660 (299.0)	384.90 (174.6)	24.00 (610)	48.69 (1237)	3 (80)
1000 (423)	70-367	449 (203.5)	1045 (474.0)	539.90 (244.9)	24.00 (610)	70.00 (1778)	3 (80)

Tabla 13. Cilindros de almacenamiento disponibles para sistemas que utilizan líquido de protección contra incendios 3M™ NOVEC™ 1230. Fuente: (Ficha Técnica de los cilindros de Fike, 2019).

### Válvula de bola de 3 vías (purga). (P/N 1G51902).

La válvula de bola viene incluida en la estación de recarga (Bomba), (P/N 4G59523).



Figura 39. Válvula de bola de 3 vías. Fuente: (Fabricante Getz Equipment Innovators, 2020).

**Válvula reguladora de alta presión montada en cilindro de nitrógeno. (P/N 6677A13).**

Esta válvula reguladora se instala en el cilindro de nitrógeno, además se encuentra incluida la estación de recarga (Bomba), (P/N 4G59523).



Figura 40. Válvula reguladora de alta presión montada en cilindro de nitrógeno. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019).

**Compresor de aire eléctrico horizontal. (P/N 4364K1).**

Se deberá instalar un compresor de aire de 80 galones de capacidad, con tasa de flujo máxima de 17.2 a 175 psi.

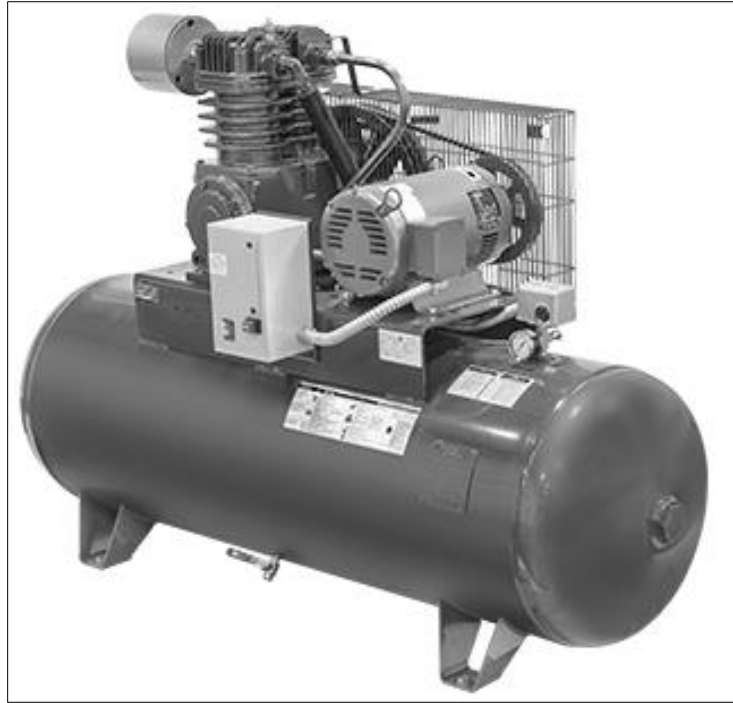


Figura 41. Compresor de aire eléctrico horizontal. Fuente: (Fabricante Mc Máster-Carr, 2019).

**Llave inglesa (válvula de impulso) (P/N 70-2153-100).**

Necesario para quitar y apretar la tuerca de sujeción.

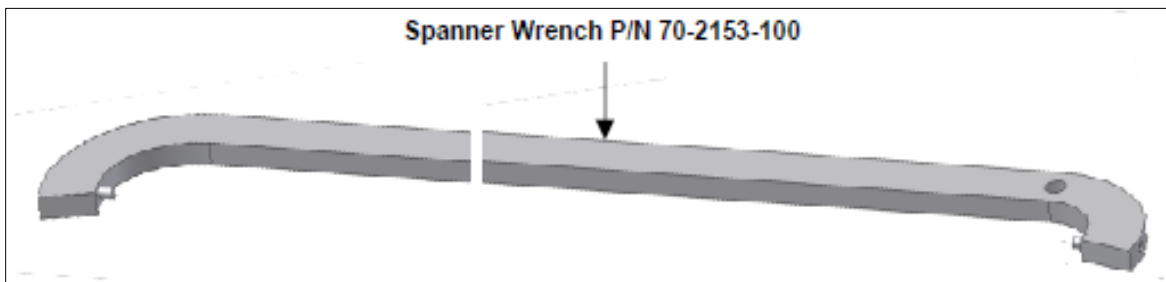


Figura 42. Llave inglesa (válvula de impulso). Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

**Llave inglesa. (P/N 02-12682).**

Necesaria para mantener la válvula de impulso en su lugar al quitar la tuerca de sujeción.

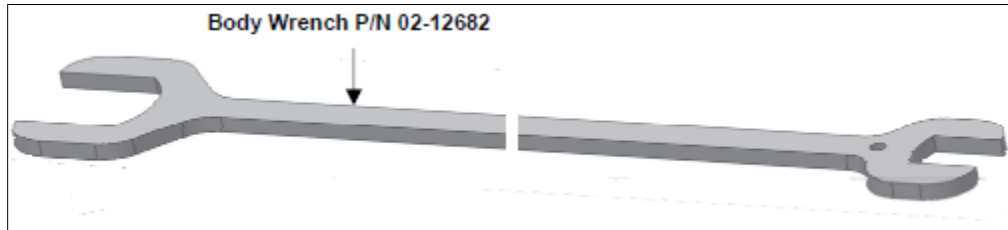


Figura 43. Llave inglesa. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

**Impresora de etiquetas. (P/N C11CC68122).**

Se debe suministrar una impresora de etiquetas de inyección de tinta Micro Piezo ideal para tambores o depósitos de formato grande y etiquetas para productos químicos GHS.

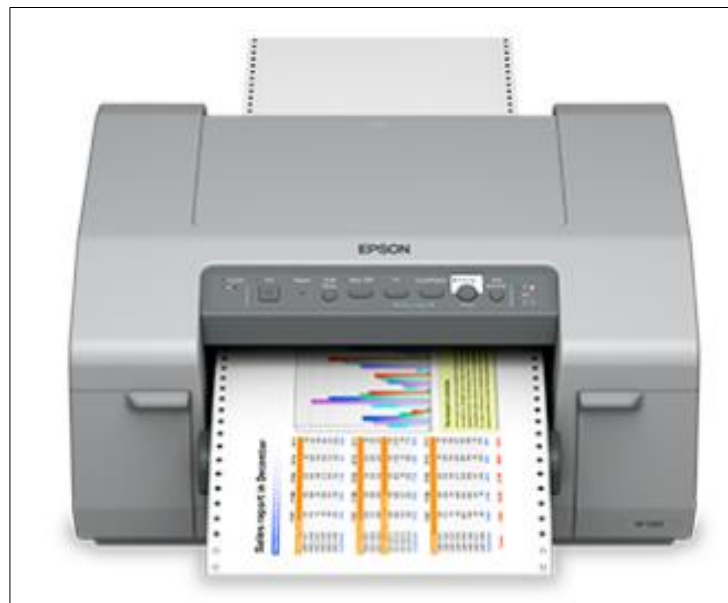


Figura 44. Impresora de etiquetas. Fuente: (Fabricante Epson, 2020).

## **Calibración del equipo**

La empresa EDINTEL deberá establecer un programa de mantenimiento para asegurar que los equipos de prueba y medición utilizados en el proceso de producción y / o inspección se mantengan limpios, se mantengan en buen estado de funcionamiento y su punto exacto de calibración. Deberán cumplirse como mínimo las siguientes frecuencias de calibración:

- Las básculas se calibrarán como mínimo una vez cada doce meses
- El detector de fugas se calibrará como mínimo una vez cada doce meses
- Los manómetros se calibrarán como mínimo una vez cada doce meses
- El termómetro se calibrará como mínimo una vez cada doce meses
- El equipo se calibrará cuando haya sido sometido a abuso, como caerse o golpearse con un objeto, o su precisión sea cuestionable.

## **Preparación del cilindro**

### **Prueba e inspección.**

Los cilindros de agente limpio Fike no se deben recargar sin volver a realizar la prueba hidrostática si han transcurrido más de 5 años desde la fecha de la última prueba e inspección. Los cilindros que no pasen la inspección visual se someterán a pruebas de resistencia adicionales antes de recargarlos.

Es importante tomar en cuenta que el transporte de cilindros cargados que no hayan sido probados en 5 años podría ser ilegal.

### **Reacondicionamiento de válvulas.**

Después de una descarga del sistema, la válvula del cilindro debe reacondicionarse utilizando el kit de recarga adecuado antes de que pueda recargarse con agente limpio. Si la válvula tiene fugas y necesita reacondicionarse, el contenido del recipiente debe transferirse a otro recipiente antes de reacondicionar la válvula.

El contenido del cilindro está a alta presión. Nunca se debe intentar reacondicionar la válvula del cilindro hasta que el contenido se haya transferido y el manómetro indique 0 psig (0 kPa). Se debe tener un cuidado especial al manipular los componentes de la válvula para evitar daños de cualquier tipo. No se debe doblar, pinchar o distorsionar el disco de ruptura de la válvula, ya que su servicio puede verse afectado negativamente.

***Procedimiento de reacondicionamiento de la válvula de impulso de 1" (25mm) y 3" (80mm).***

La válvula de 1" (25 mm) se proporciona en los cilindros de 5, 10, 20, 35, 60 y 100 lb (2, 4, 8, 15, 27 y 44 L) y requiere el kit de recarga P/N 85-049 (kit de recarga de 500 psi) para reconstruir la válvula.

La válvula de 3" (80 mm) se proporciona en los contenedores de 150, 215, 375, 650 y 1000 lb (61, 88, 153, 267 y 423 L) y requiere el kit de recarga P/N 85-050 (kit de recarga de 500 psi) para reconstruir la válvula.

Item No.	Description	1" (25mm) Reload Kit, 500 psi (P/N 85-049) includes the following:	3" (80mm) Reload Kit, 500 psi (P/N 85-050) includes the following:
		Part Number	Part Number
1	Friction Ring	70-2060	70-2063
2	Disc Assembly	70-352	70-353
3	O-Ring	02-11987	02-11989
4	Valve Core-Fill Port	02-4161	02-4161

Tabla 14. Kits de recarga para el reacondicionamiento de la válvula de impulso de 1" (25mm) y 3" (80mm). Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

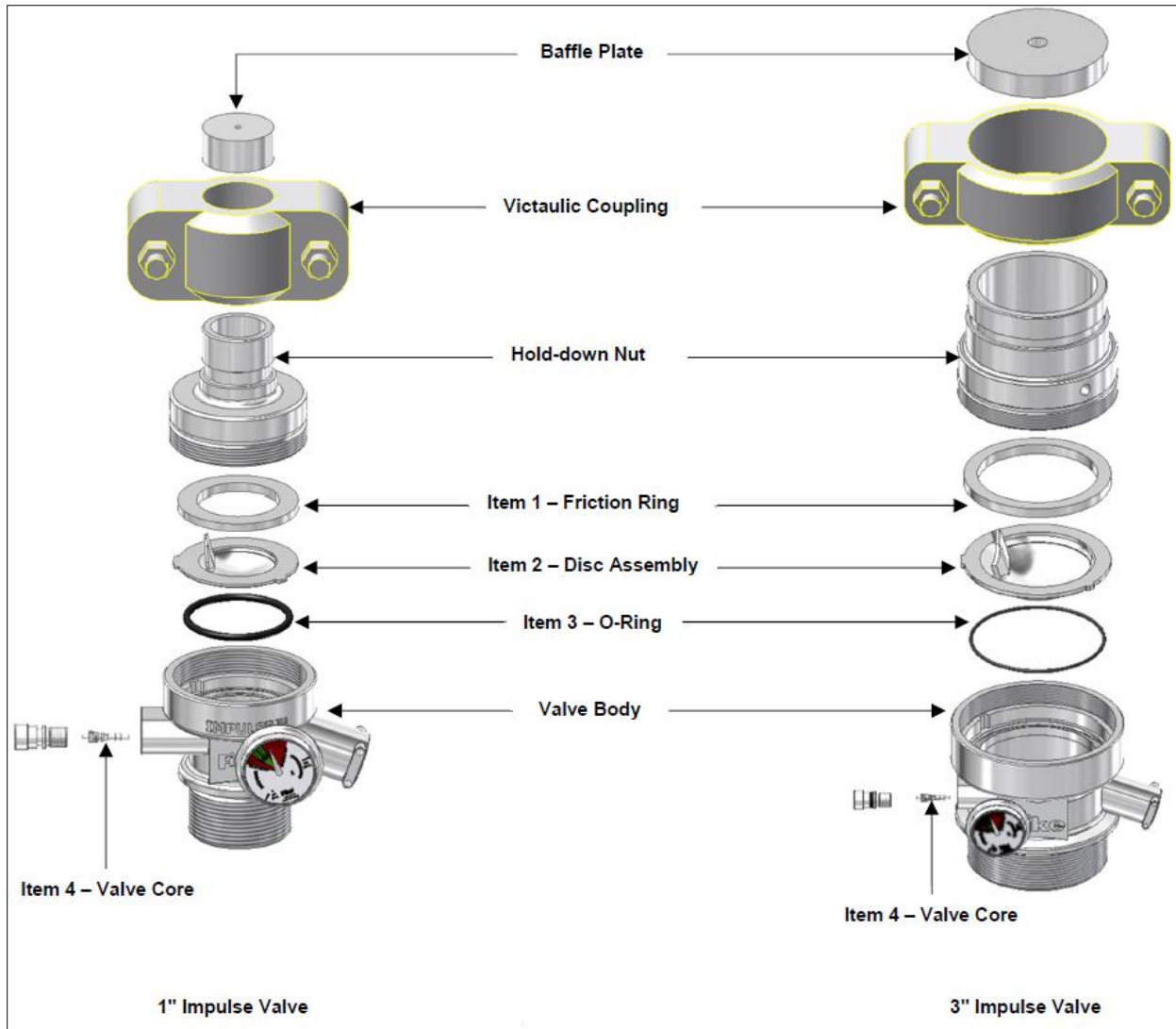


Figura 45. Descripción de componentes de la válvula de impulso de 1" y 3" respectivamente.

Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

Para reacondicionar la válvula de 1"o 3", se puede observar la Figura 45 para obtener una aclaración pictórica e identificación de las partes de la válvula mientras realiza los siguientes pasos:

- Paso 1: Retire el acoplamiento Victaulic y la placa deflectora de la salida de la válvula (si está instalada)
- Paso 2: Retire la tuerca de sujeción (ítem 3) con una llave inglesa (P/N 70-2153-100)

Cuando retire la tuerca de sujeción, use la llave inglesa (P/N 02-12682) para detener la rotación de la válvula (observar Figura 46).

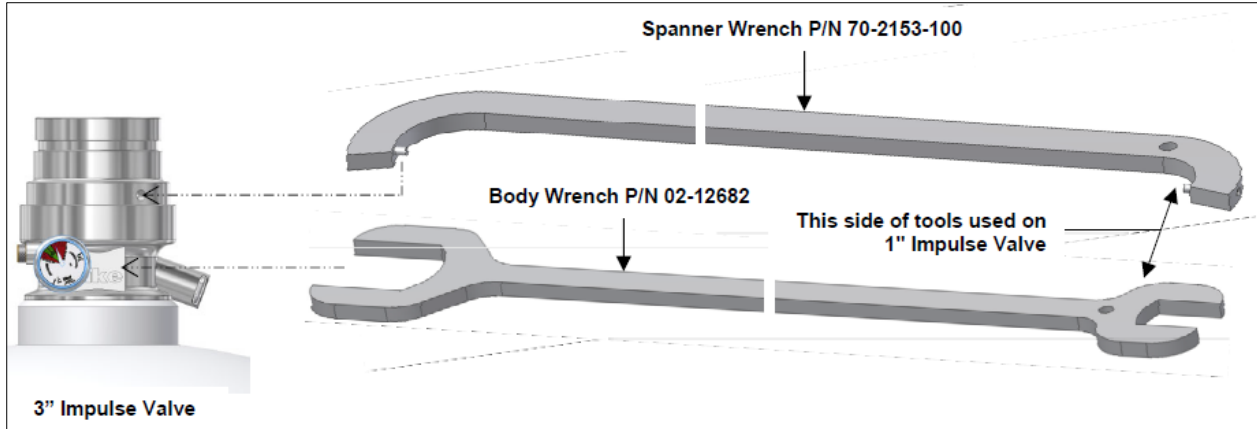


Figura 46. Representación de la forma correcta de retirar la tuerca de sujeción. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

- Paso 3: Retire el anillo de fricción (ítem 1), el conjunto de disco (ítem 2) y la junta tórica (ítem 3). Se deberán desechar los 3 artículos
- Paso 4: Restablezca el Pin de Actuación a la posición establecida (observar Figura 47)

El disco puede dañarse y quedar inoperante si el pasador del actuador no se empuja a la posición de ajuste antes de instalar el conjunto del disco.

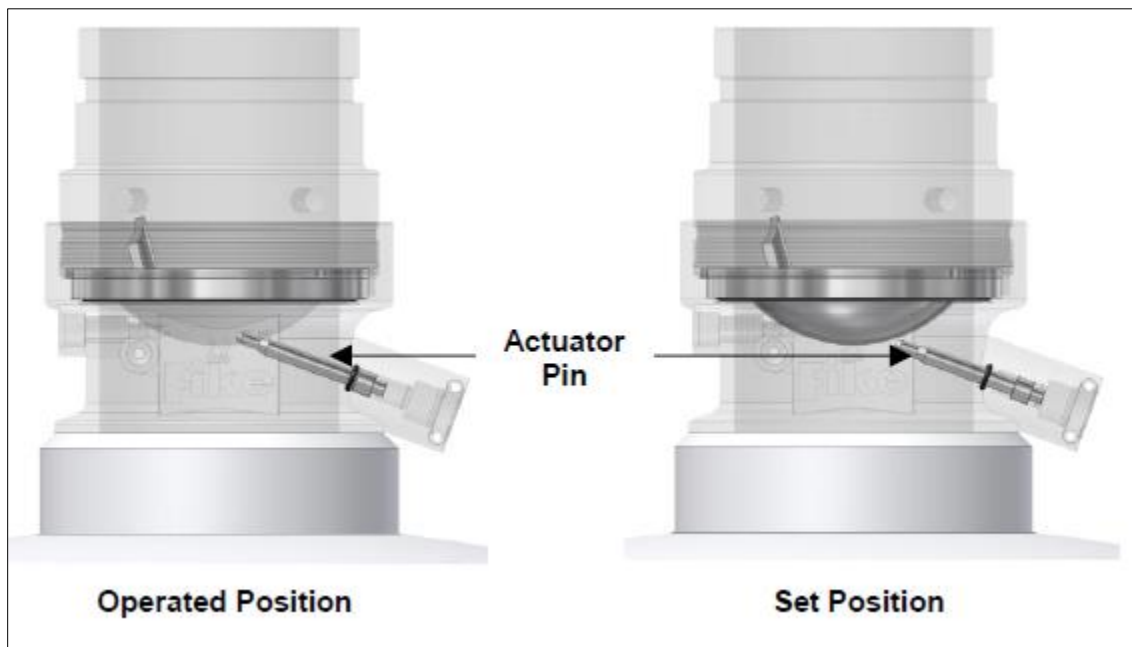


Figura 47. Posición del pin actuador. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

- Paso 5: Limpie todos los residuos de las superficies del lugar donde se instalará la junta tórica (ítem 3). Las superficies deben estar libres de suciedad. Se deben limpiar todas las roscas y soplar todas las áreas de la válvula con una pistola de aire (observar Figura 48).
- Paso 6: Aplique una película ligera de grasa de silicona transparente para vacío (Molykote 55 o equivalente) a la junta tórica (ítem 3), la ranura y la superficie del asiento plano en el cuerpo de la válvula.



Figura 48. Interior de la válvula de impulso. (Fabricante Fike Corporation, 2020).

- Paso 7: Instale una junta tórica nueva (ítem 3) en la ranura inferior del cuerpo de la válvula.
- Paso 8: Instale un nuevo conjunto de disco (ítem 2) con el disco de ruptura cóncavo (abovedado) hacia abajo. Utilice la llave de alineación para asegurarse de que el conjunto del disco esté instalado correctamente (observar Figura 49).



Figura 49. Instalación del disco en la válvula de impulso (Fabricante Fike Corporation, 2020).

- Paso 9: Instale un nuevo anillo de fricción (ítem 1) sobre la parte superior del disco de ruptura en el conjunto de la válvula (observar Figura 50).

El anillo de fricción debe instalarse con la cara elevada apuntando hacia abajo en el lado superior del conjunto del disco.

La válvula puede tener fugas o reventar a una temperatura más baja si el anillo de fricción se instala con la cara elevada hacia arriba.

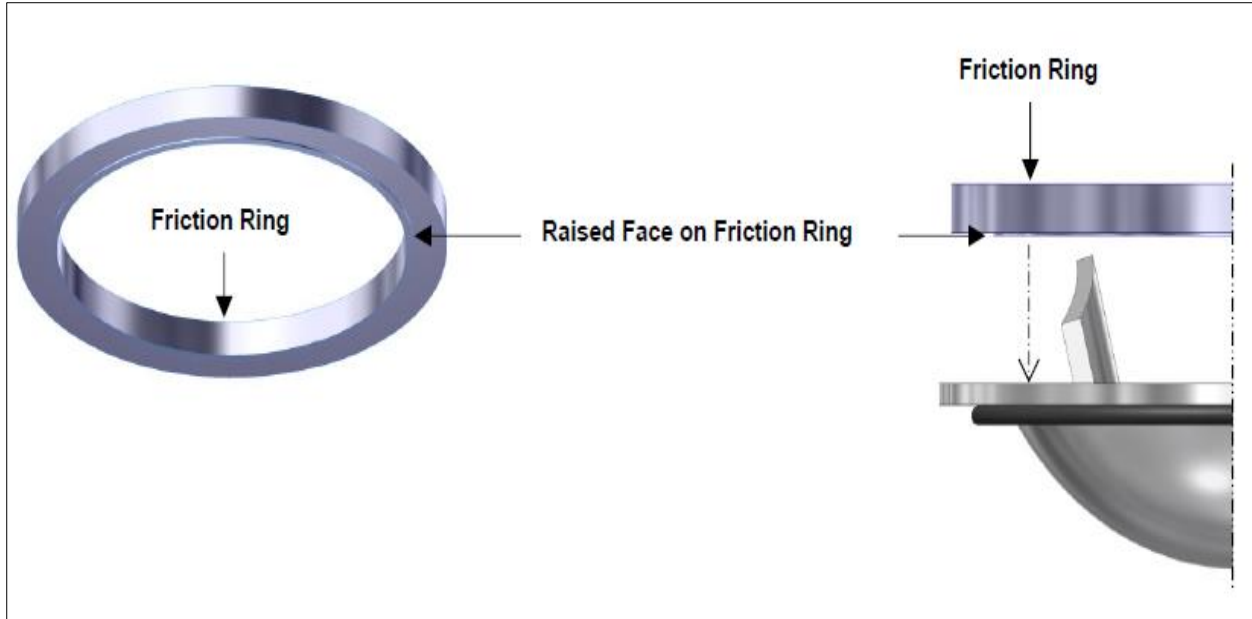


Figura 50. Instalación del nuevo anillo de fricción en la válvula de impulso. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

- Paso 10: Gire la tuerca de sujeción y apriétela a mano. Apriete más con una llave inglesa un tercio de vuelta como mínimo, o hasta que ya no gire. (Llave, P/N 70-2153-100)
- Paso 11 Retire y reemplace el núcleo de la válvula (ítem 4) en el puerto de llenado ubicado en el costado de la válvula de descarga.
- Paso 12: vuelva a instalar la placa deflectora y el acoplamiento ranurado.

Al terminar la secuencia de los 12 pasos anteriores correctamente, los cilindros estarán listos para proceder con la recarga de agente limpio Novec 1230.

## **Recarga de cilindros**

### **Capacidad del cilindro.**

La cantidad de agente limpio que un cilindro puede contener de forma segura depende del volumen del cilindro y de la temperatura máxima a la que está expuesto el mismo. Para cilindros pequeños a presión, las regulaciones del DOT (Departamento de Transporte) requieren que el contenedor no debe llenarse de líquido por debajo de 130° F (54,4° C).

Dado que la densidad del agente limpio Novec 1230 (FK-5-1-12) es de aproximadamente 1600 kg/m<sup>3</sup> (99,9 lb/ft<sup>3</sup>), se puede colocar una cantidad máxima de 1600 kg (99,9 lb) de FK-5-1-12 en cada pie cúbico (metro cúbico) de volumen del contenedor.

### **Densidad de llenado del cilindro.**

La densidad de llenado de un cilindro se define como el peso total del producto, por unidad de volumen interno del contenedor. Los cilindros de Fike requieren una densidad de llenado entre:

- 30 lbs/ft<sup>3</sup> a 70 lbs/ft<sup>3</sup> (481 kg/m<sup>3</sup> a 1121 kg/m<sup>3</sup>) de volumen del contenedor.

### **Transferencia de agente.**

La transferencia de agente líquido del contenedor de almacenamiento a granel a un cilindro se logra mediante el uso de una bomba adecuada aprobada para su uso con Novec 1230 (FK-5-1-12). El cilindro receptor debería evacuarse para eliminar la contaminación por aire y facilitar la transferencia del agente líquido. Sin embargo, la evacuación solo es práctica si el equipo de evacuación está disponible dentro del área de recarga.

## **Procedimiento de recarga (Llenado)**

A continuación, se describe paso a paso el procedimiento de llenado de los cilindros con agente limpio de acuerdo con la recomendación del fabricante Fike.

Se deben tomar las precauciones adecuadas para evitar la contaminación del suministro de agente limpio cuando se transfiere del cilindro de almacenamiento a granel al cilindro receptor. Las precauciones adecuadas pueden incluir cualquier combinación de las siguientes:

- Purgar la línea de llenado con nitrógeno antes de conectarla a cada cilindro.
- Utilizando una línea de llenado equipada en el extremo con un accesorio de desconexión rápida conectado al contenedor. Si la línea de llenado se mantiene presurizada hasta el conector de desconexión rápida, solo es necesario purgarla con nitrógeno antes de conectarla al contenedor de almacenamiento de agente a granel.
- Instalación de un medidor de humedad o indicador en la línea de llenado entre el contenedor de almacenamiento de agente a granel y el contenedor para monitorear el agente. El contenido de humedad del agente no excederá de 10 ppm.
- Uso de equipo de protección como gafas y guantes de seguridad.

### **Procedimiento de llenado de agente limpio para cilindros de válvula de impulso.**

Los pasos para realizar el proceso de recarga de agente limpio Novec 1230 en un cilindro con válvula de impulso de Fike son los siguientes:

- Paso 1: Inspeccione el cilindro en busca de daños y verifique que todos los componentes del contenedor estén en buenas condiciones. Compruebe si hay fugas en el recipiente antes de llenarlo.
- Paso 2: Coloque el cilindro en la báscula y verifique el peso de tara restando la placa deflectora, el acoplamiento Victaulic y cualquier otro material utilizado (por ejemplo, plataforma rodante, carro, etc.) del valor indicado en la báscula. Ingrese el peso tara en el libro de registro.

- Paso 3: Conecte la herramienta de extracción de núcleos (P/N 70-282) con la varilla extractora a la válvula de llenado de latón en el cilindro. Con la válvula de la herramienta de extracción del núcleo completamente abierta, empuje la varilla extractora hacia adentro y enganche el núcleo. Gire la varilla extractora en sentido antihorario para desenroscar el núcleo. Tire de la varilla extractora hacia atrás tanto como sea posible. Cierre completamente la válvula de la herramienta de extracción del núcleo. Retire la varilla de extracción y guarde el núcleo para volver a insertarlo.
- Paso 4: Asegúrese de que la válvula de bola de 1/4 de vuelta, utilizada para purgar la presión, esté cerrada.
- Paso 5: Conecte la manguera de llenado a la herramienta de extracción de núcleos y abra la válvula en la herramienta de extracción de núcleos.
- Paso 6: Anote el peso del recipiente con la herramienta de extracción del núcleo y la manguera de llenado adjunta.
- Paso 7: Calcule el peso bruto final agregando el peso determinado en el Paso 6 a la cantidad de agente requerida, o ponga en cero la báscula si la función está disponible.
- Paso 8: Abra las válvulas de cierre en el tanque de almacenamiento a granel para permitir el flujo de la bomba.
- Paso 9: Abra la válvula principal en la línea de llenado.
- Paso 10: Encienda la bomba para comenzar a llenar.
- Paso 11: Apague la bomba cuando la báscula indique el peso calculado en el paso 7, o cuando la báscula, puesta a cero, alcance el peso del agente.
- Paso 12: Apague la válvula principal en la línea de llenado y cierre la válvula de la herramienta de extracción del núcleo.
- Paso 13: Abra la válvula de bola de 1/4 de vuelta para eliminar la presión de la herramienta de extracción del núcleo.
- Paso 14: Desconecte la manguera de llenado de la herramienta de extracción del núcleo.
- Paso 15: Coloque el núcleo de la válvula en el extremo de la varilla extractora.
- Paso 16: Conecte la varilla extractora a la herramienta de extracción de núcleos.
- Paso 17: Abra lentamente la válvula de la herramienta de extracción del núcleo.
- Paso 18: Empuje la varilla extractora y atornille el núcleo de la válvula en el cuerpo de la válvula en el sentido de las agujas del reloj. Se debe procurar no apretar demasiado.

- Paso 19: Retire la varilla extractora de la herramienta de extracción de núcleos. Se liberará una pequeña cantidad de presión.
- Paso 20: Retire la herramienta de extracción de núcleos de la válvula de llenado de latón.
- Paso 21: Reemplace la tapa de la válvula de llenado de latón.
- Paso 22: Grabe o selle la información final en la etiqueta del contenedor, si corresponde.
- Paso 23: Ingrese la información en el libro de registro.

Los cilindros pequeños se llenarán muy rápidamente, no se deben llenar los cilindros más allá de su capacidad nominal y se recomienda que se mantenga un registro total acumulado que documente la cantidad de agente eliminado del contenedor de suministro a granel.

### **Procedimiento de súper presurización de nitrógeno para cilindros de válvula de impulso.**

Después de realizar el proceso de llenado con agente limpio, los cilindros deben ser súper presurizados con nitrógeno, a continuación, se describe el procedimiento paso a paso recomendado por Fike para súper presurizar contenedores de agente limpio de Fike con una válvula de impulso.

Los recipientes deben estar súper presurizados con nitrógeno, que es el propulsor del agente. Para hacer esto correctamente, el nitrógeno debe mezclarse completamente con el agente. Las diferencias en los contenedores hacen que el nitrógeno se introduzca de manera diferente.

Todos los cilindros se pueden presurizar en posición vertical, luego agitar para mezclar adecuadamente el agente y el gas nitrógeno. Contienen un tubo de recogida o sifón fijo y un puerto de llenado. La válvula de llenado ubicada en el costado del conjunto de la válvula del recipiente se descarga directamente en el tubo de recogida y dirige el flujo de nitrógeno hacia abajo por el tubo y hacia arriba a través del agente líquido. Esta acción permite que el gas nitrógeno sea absorbido por el agente, completando el proceso de súper presurización.

Se debe tener el cuidado de observar el manómetro de nitrógeno durante este proceso, ya que la agitación provocará la absorción del nitrógeno gaseoso reduciendo así la presión del recipiente. Continúe suministrando nitrógeno al recipiente y agitando hasta que la presión del recipiente se estabilice a 500 psi a 70° F (2482 kPa a 21° C).

Se deben tomar las precauciones adecuadas para evitar la sobre presurización de los envases, así como para evitar el contacto del nitrógeno con la piel.

Los pasos para súper presurizar los cilindros son los siguientes:

- Paso 1: Coloque el recipiente en posición vertical; todos los cilindros deben llenarse con la salida de la válvula en posición vertical. Se recomienda colocar un pedazo grande de cartón, alfombra o tapete de goma en el piso antes de invertir los contenedores, esto ayudará a evitar daños en la superficie del cilindro.
- Paso 2: Retire el tapón de latón del puerto de llenado del contenedor.
- Paso 3: Cierre la válvula de purga en la línea de nitrógeno.
- Paso 4: Conecte la herramienta depresora de núcleo (P/N 70-281) con la válvula de bola cerrada, para llenar el puerto de la válvula en la válvula de impulso del recipiente.
- Paso 5: Enrosque hasta que la herramienta depresora de núcleo toque fondo.
- Paso 6: Conecte la línea de nitrógeno a la herramienta depresor de núcleo.
- Paso 7: Abra la válvula reguladora de presión, la válvula de purga y la herramienta depresora de núcleo.
- Paso 8: Compruebe periódicamente la presión en el manómetro mientras presuriza.
- Paso 9: Presurice el cilindro al nivel apropiado.
- Paso 10: Cierre la válvula reguladora de presión.
- Paso 11: Cierre la herramienta depresora de núcleo girando la manija en sentido antihorario.
- Paso 12: Abra la válvula de purga en la línea de nitrógeno.
- Paso 13: Retire la herramienta depresora de núcleo del puerto de llenado. Se escuchará un chasquido al retirarlo del puerto de llenado.
- Paso 14: Reemplace el tapón de latón en el puerto de llenado.
- Paso 15: Si el recipiente está invertido, coloque el recipiente en posición vertical con cuidado.

El cilindro no debe dejar de ser atendido durante todo el proceso de presurización.

El manómetro instalado en el contenedor de agente limpio, o el manómetro en el regulador de nitrógeno, no debe usarse para determinar la presión de carga del contenedor de agente limpio. El manómetro de prueba de 0-600 psi (0-4137 kPa), instalado entre el regulador de presión de nitrógeno y el contenedor que se está cargando, se utilizará para determinar la presión de carga del contenedor.

El nitrógeno es soluble en el agente limpio. Por lo tanto, el nitrógeno se “asentará” o se mezclará con el agente durante un período corto de tiempo. Este período de tiempo puede reducirse agitando el recipiente, siempre que sea posible, o “burbujeando” el gas nitrógeno hacia arriba a través del agente líquido.

### **Detección de fugas**

Una vez que el cilindro se ha llenado con la cantidad requerida de agente limpio y se ha súper presurizado con nitrógeno, debe revisarse cuidadosamente para detectar fugas. Todos los posibles puntos de fuga deben inspeccionarse cuidadosamente con un detector de fugas. El detector de fugas debe verificarse con un estándar de fugas antes de cada uso y después de cada cinco unidades probadas o cada media hora, lo que ocurra primero. Para fines de calibración, el estándar de fuga se establecerá en la tasa de fuga mínima para el contenedor específico que se llena.

### **Procedimiento de prueba de fugas.**

El siguiente es el procedimiento paso a paso recomendado por Fike para la prueba de fugas en todos los contenedores de agente limpio recargados. Este procedimiento se basa en el uso del detector de fugas de refrigerante D-TEK y el estándar de fugas LS-20 para el agente de limpieza específico. Aunque el procedimiento debería ser prácticamente el mismo para cualquier otra marca de detector de fugas, se debe consultar el manual del fabricante para obtener detalles de funcionamiento.

Para realizar una prueba de fugas en un cilindro de agente limpio, se deberán realizar los siguientes pasos:

- Paso 1: Encienda la unidad de detección de fugas y deje que se estabilice durante un mínimo de 5 minutos antes de realizar cualquier prueba de fugas.
- Paso 2: Permita que el estándar de fugas se acondicione a una temperatura de  $70^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$  ( $21^{\circ}\text{C} \pm 12^{\circ}\text{C}$ ), mientras se establece en la tasa de fuga máxima, durante un mínimo de 5 minutos antes de calibrar el detector de fugas.
- Paso 3: Después del período de calentamiento inicial, establezca el estándar de fuga en la tasa de fuga máxima permitida para el tamaño del recipiente que se está revisando. Si la tasa de fuga máxima para el contenedor excede la tasa de fuga máxima para el estándar de fuga, use la tasa máxima de la norma de fuga.
- Paso 4: Utilice el estándar de fugas para calibrar el detector de fugas a la tasa de fugas requerida para el contenedor de agente limpio que se está probando. Esto se hace pasando lentamente la sonda del detector de fugas más allá del capilar de fugas y ajustando la perilla de equilibrio del detector de fugas hasta que el detector de fugas responda al ajuste apropiado.
- Paso 5: Verifique lentamente todas las aberturas, costuras, juntas soldadas y componentes del contenedor (es decir, manómetro, válvula de llenado, interruptor de baja presión, dispositivo de nivel de líquido, etc.). El área de inspección debe estar bien ventilada y separada del área de la estación de llenado, preferiblemente en una sala de presión positiva.
- Paso 6: Si se detecta una fuga, se recomienda que el recipiente se sople con una pistola de aire o nitrógeno seco para eliminar cualquier posible "bolsa" de agente que pueda haberse acumulado durante el proceso de llenado. Luego vuelva a probar el recipiente para ver si tiene fugas.
- Paso 7: Los cilindros que no tienen indicación de fugas son aceptables para el envío y uso del sistema.
- Paso 8: Registre la fecha de aceptación del cilindro, cualquier comentario conveniente y las iniciales del inspector en el libro de registro de la estación de llenado.

- Paso 9: Los cilindros que tienen una tasa de fuga inaceptable se deben vaciar, inspeccionar y reparar o reconstruir de acuerdo con los procedimientos descritos en la sección de “Preparación del cilindro” en este documento.

<b>MAXIMUM LEAK RATES, FK-5-1-12</b>	
<b>DOT Container Size</b>	<b>Maximum Leak Rate oz/year (g/year)</b>
5 – 20 lb (2 – 8.5 L)	0.06 (1.8)
35 lb (15 L)	0.37 (10.7)
60 – 1000 lb (27 – 423 L)	0.66 (18.9)
<b>EN Container Size</b>	<b>Maximum Leak Rate oz/year (g/year)</b>
5 – 9 L	0.13 (3.6)
16 L	0.37 (10.4)
26 – 150 L	0.62 (17.5)

Tabla 15. Tabla de tasas de fuga máxima permitida para contenedores de agente limpio.

Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

### **Identificación del cilindro**

Una vez completados los procedimientos anteriores y, si corresponde, selle o grabe con un marcador permanente la siguiente información en la etiqueta de identificación del contenedor en los espacios correspondientes (ver Figura 51):

- Número de código de estación de recarga asignado por Fike
- Peso bruto del cilindro (peso del agente + peso tara + peso del nitrógeno)
- Peso del agente (FK-5-1-12) agregado al cilindro.

El personal capacitado deberá sellar o grabar la siguiente información en la etiqueta de identificación del contenedor antes de que el contenedor sea enviado desde la estación de recarga:

- Número de montaje del contenedor (por ejemplo, 70-357)
- Número de serie del contenedor (asignado por Fike)
- Peso de tara del contenedor (peso del contenedor cuando está vacío)
- Fecha de fabricación (fecha en que se llenó el recipiente)

- Una X en la casilla “Envío de contenedor vertical solamente” solo si el contenedor no se puede enviar en posición horizontal (acostado).

<b>Fill Station Code Number</b>						
<b>FK-5-1-12 EXTINGUISHING SYSTEM</b>	<b>Fike</b> <sup>®</sup> WWW.FIKE.COM	704 SW 10TH ST BLUE SPRINGS, MO 64015	COVERED BY PATENTS AND PATENTS PENDING. MADE IN THE U.S.A.	<b>FPS-XXXX</b> 5849 CLEAN AGENT EXTINGUISHING SYSTEM UNIT		02-16776 REV INC
INSTALLATION: SEE FIKE SYSTEM INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL 06-832 FOR COMPLETE DETAILS. CONTACT FIKE FOR COPIES OF THIS MANUAL. CONTAINER STORAGE TEMPERATURE 32° F TO 130° F [0° C TO 54° C]. CONTAINER TESTED TO 1000 PSIG [69 BAR]						
OPERATION: IN CASE OF FIRE OPERATE MANUAL RELEASE AND CONTACT YOUR LOCAL FIRE DEPARTMENT.						
MAINTENANCE: FOLLOW THE STANDARD ON CLEAN AGENT FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS, NFPA 2001 AND SYSTEM INSTALLATION, OPERATION, AND MAINTENANCE MANUAL FOR COMPLETE DETAILS. SYSTEM MUST BE MAINTAINED BY TRAINED AND AUTHORIZED PERSONNEL ONLY.						
EVERY 6 MONTHS: CHECK ALL ELECTRICAL CONNECTIONS FOR CORROSION, CHECK PIPING AND NOZZLES FOR OBSTRUCTIONS. REMOVE AND WEIGH EACH CONTAINER. UNIT SHALL BE RECHARGED IF AGENT WEIGHT LOSS EXCEEDS 5%.						
EVERY MONTH: OR AT MORE FREQUENT INTERVALS WHEN CIRCUMSTANCES REQUIRE, CHECK NOZZLES FOR OBSTRUCTIONS. CHECK PRESSURE GAUGE FOR PROPER PRESSURE. 500 PSIG @ 70° F [34.5 BAR @ 21° C]. UNIT SHALL BE RECHARGED IF THE LOSS IN PRESSURE, ADJUSTED FOR TEMPERATURE, EXCEEDS 10%.						
<b>ASSEMBLY NO.</b> <b>SERIAL NO.</b> <b>MANUFACTURING DATE</b> <b>CONTAINER SHIPMENT VERTICAL ONLY</b>			<b>GROSS WT.</b> <b>TARE WT.</b> <b>AGENT WT.</b>		<b>UN1956</b> <b>HEPTAFLUOROISOPROPYL</b> <b>PENTAFLUOROETHYL KETONE</b> <b>(FK-5-1-12)</b>	
	<b>WARNING:</b> CONTAINS GAS UNDER HIGH PRESSURE; MAY EXPLODE IF HEATED.		<b>SUPPLEMENTARY INFORMATION:</b> THE DISCHARGE OF CLEAN AGENT SYSTEMS TO EXTINGUISH A FIRE CAN RESULT IN A POTENTIAL HAZARD TO PERSONNEL FROM THE NATURAL FORM OF THE CLEAN AGENT OR FROM THE PRODUCTS OF COMBUSTION THAT RESULT FROM EXPOSURE OF THE AGENT TO THE FIRE OR HOT SURFACES.			
	<b>STORAGE:</b> STORE IN A WELL VENTILATED PLACE; PROTECT FROM DIRECT SUNLIGHT.		UNNECESSARY EXPOSURE OF PERSONNEL EITHER TO THE NATURAL AGENT OR TO THE PRODUCTS OF DECOMPOSITION SHALL BE AVOIDED.			
DO NOT COVER, REMOVE, OR DEFACE THIS LABEL						

Figura 51. Etiqueta de identificación de los cilindros recargados. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

**Elaboración del manual de revisión y manipulación para los cilindros que se desean recargar con el fin de determinar la condición física tanto interna como externa de los mismos y tener un criterio técnico para la aprobación o el rechazo de un cilindro que se pretenda recargar con agente limpio.**

Este manual se crea con la intención de que la persona encargada de la inspección de los cilindros, cuente con una guía sencilla para tomar decisiones con respecto a el estado físico de los cilindros y pueda tener un criterio técnico para aprobar o rechazar un cilindro que requiera de recarga, por lo tanto, en esta sección vamos a encontrar el procedimiento de inspección por medio de una lista de chequeo que permita asegurar el correcto funcionamiento de los cilindros después de su respectiva recarga con agente limpio.

### **Requisitos detallados.**

#### ***Recepción del cilindro a inspeccionar.***

El inspector deberá recibir y revisar visualmente los cilindros que requieran iniciar el proceso de recarga, esta inspección en el momento que se recibe el cilindro tiene como objetivo limitar la cantidad de cilindros a inspeccionar detalladamente, con el fin de realizar una inspección profunda únicamente a los cilindros que se consideren recuperables o aptos para el proceso de recarga, para la revisión mencionada anteriormente se tomaran en cuenta los siguientes detalles:

#### ***Revisión de la identificación del cilindro.***

Cada cilindro deberá tener su placa de identificación en buen estado, en la cual se pueda leer fácilmente su número de parte y la información del peso del cilindro. Los cilindros que defectos graves en su placa de identificación deberán ser rechazados.

#### ***Número de serie.***

Se inspeccionará el número de serie del cilindro para verificar su legibilidad y autenticidad, este número se coloca en el cilindro en el momento de la fabricación. Se debe revisar que el número de serie no presente signos de alteración o cambios.

### *Especificación DOT y presión de servicio.*

La especificación DOT del cilindro y las marcas de presión de servicio se inspeccionarán para asegurar que se encuentren legibles y en buen estado. La presión de servicio está relacionada con el grosor de la pared lateral y el nivel de prueba de prueba en la fabricación, y se utiliza como índice para las pruebas hidrostáticas a lo largo de la vida útil del cilindro. Los cilindros que presenten defectos en esta especificación deberán ser rechazados.

### *Símbolo y marca del fabricante.*

El símbolo y la marca del fabricante se deberá de revisar para validar que el cilindro ha sido fabricado con altos estándares de calidad.

### *Peso de tara.*

Se deberá de identificar y anotar el peso de tara, el cual se refiere al peso en kilogramos del cilindro excluyendo la válvula y todos los accesorios que componen normalmente un cilindro. Cada cilindro inspeccionado se pesará antes de cada recarga, los cilindros sin pesos de tara marcados permanentemente se programarán para el pesaje y marcado antes de iniciar el proceso de recarga.

### *Estado de prueba periódica.*

Los cilindros se deben inspeccionar para ver si tienen pruebas periódicas hechas anteriormente en vigencia o si por el contrario se encuentran vencidas. Los cilindros con fechas de prueba vencida se programarán para realizarles su respectiva prueba.

### ***Inspección de capacidad de servicio.***

#### *Inspección externa.*

Cada cilindro se inspeccionará externamente colocando el cilindro en zona que contenga un nivel de intensidad de iluminación alto, inclinándolo para reflejar la luz y girando lentamente para completar una vuelta completa. Se inspeccionará toda la superficie en busca de abolladuras,

picaduras, hendiduras, abultamientos o corrosión excesiva. Si la inspección visual externa indica que el cilindro podría estar dañado, el mismo debe someterse a pruebas de resistencia adicionales para garantizar que pueda mantener la presión suficiente para funcionar correctamente en caso de incendio.

#### *Inspección de pintura.*

Se inspeccionará el estado de la pintura de cada cilindro para ver si se está dañando o pelando. Los cilindros que muestren un patrón aleatorio de astillado o pelado se deben quitar, se deben reparar y pintar nuevamente. Los cilindros que muestren astillamiento localizado debido a un patrón de uso específico se pueden pintar por puntos para sellar el metal desnudo.

#### *Inspección de la tapa de protección de la válvula.*

Se deberá inspeccionar cada tapa de protección de la válvula para detectar grietas, abolladuras o una diferencia de tamaño. Se rechazarán las tapas con roscas internas que estén peladas o dañadas, lo que hace que el montaje manual en el cilindro no sea práctico después de eliminar el óxido y la corrosión con un cepillo de alambre.

#### *Prueba hidrostática.*

Si los cilindros no cuentan con una marca clara de la fecha de la prueba hidrostática, el inspector debe efectuar una prueba hidrostática al cilindro, debiendo colocar una placa que indique claramente la fecha en la que se realizó.

Los cilindros deben someterse a la prueba hidrostática al menos cada cinco años o bien cuando se vea golpeado el cilindro y se detecte en la inspección visual.

Antes de la prueba hidrostática debe realizarse una revisión interna. Se debe medir en la parte alta, media e inferior el diámetro del cilindro y registrar los valores obtenidos.

Los procedimientos de prueba para los cilindros deben ser los siguientes:

- Todas las válvulas, partes internas y ensambles de manguera deben retirarse y el cilindro vaciarse.
- Remover todos los rastros del agente extinguidor del cilindro antes de llenarlos con agua.
- En todos los cilindros se debe retirar el ensamble de la tapa y debe colocarse un tapón en la tapa del cilindro.
- Conectar una manguera flexible de la bomba de prueba hidrostática a la boquilla de descarga, ensamble de la manguera o accesorios de prueba, según aplique.
- Después se debe accionar el suministro de agua hacia la bomba de pruebas y llenar el extintor hasta la parte superior de su cuello.
- Para los cilindros que se someten a pruebas, debe apretarse la conexión de prueba lentamente mientras el suministro de agua permanece abierto y apretarse por completo una vez que el agua haya desplazado al aire contenido en el interior del cilindro.
- Iniciar el proceso de presurizado purgando el aire residual en las conexiones hasta asegurarse que solamente haya agua en la purga de aire.
- Después aplicar presión a un índice de incremento de la presión para que se alcance la presión de prueba en no menos de 30 segundos. Mantener esta presión de prueba durante 1 min. Observar durante este tiempo para identificar cualquier alteración o fuga en el cuerpo del cilindro.
- Una vez concluida la prueba se debe liberar la presión en el cilindro mediante la purga de aire.
- Medir en la parte alta, media e inferior el diámetro del cilindro y registrar los valores obtenidos.
- El cilindro cumple con la prueba hidrostática cuando el cuerpo no presenta alteración o fuga y una vez comparados el valor inicial y final de la medición, no presenta una expansión permanente mayor que 10% de la expansión total respecto del registro inicial del cilindro.

Cualquier cilindro que no cumpla con la prueba hidrostática debe inhabilitarse de manera permanente y debe informarse al solicitante del servicio y propietario del producto.

### *Evaluación interna del cilindro.*

La evaluación del estado interno de los cilindros se debe realizar de la siguiente manera:

#### *Prueba de martillo.*

Cada cilindro se someterá a una prueba de martillo para asegurar una integridad estructural viable y que internamente la superficie esté libre de residuos de corrosión. El sonido claro de los cilindros aceptables se podrá diferenciar fácilmente en comparación con los cilindros que presenten una respuesta sorda o muerta. Los cilindros con sonido apagado o un sonido peculiar se programarán para una revisión profunda y su respectivo mantenimiento, según corresponda. La prueba del martillo es un procedimiento recomendado de inspección previa al llenado de los cilindros. Los cilindros con depósitos de corrosión pesados tendrán un sonido muy bajo o "muerto" cuando se les dé un golpe ligero con una llave o un martillo.

Los cilindros por inspeccionar deben estar en posición vertical sin tocar otros cilindros u objetos que puedan amortiguar el sonido. El golpe que se les da a los cilindros debe ser un golpe ligero de media libra, aproximadamente a la mitad o dos tercios del cilindro. El golpe debe ser ligero, ya que todos los cilindros sonarán si se golpean con suficiente fuerza.

#### *Boroscopio.*

La interpretación de la inspección visual interna debe dejarse a la experiencia. Las irregularidades de la superficie pueden parecer mayores en altura o profundidad de lo que realmente son debido a las sombras que proyectan. Las escamas de laminación y decoloración del metal inofensivas pueden malinterpretarse como contaminación intensa. Sin embargo, en caso de duda, el procedimiento seguro y deseable es limpiar mediante un procedimiento apropiado a la naturaleza de la impureza aparente. Cuando se sospeche una corrosión significativa o posibles fallas, el cilindro deberá ser revisado por medio de un dispositivo que puede ser de gran ayuda para inspeccionar cilindros cuestionables, su nombre es el boroscopio.

Este dispositivo óptico, puede, mediante un sistema de lentes, espejos y luz de alta intensidad, colocar eficazmente el ojo dentro del cilindro e incluso magnificar la superficie bajo inspección.

#### *Rechazo de los cilindros.*

En la inspección de servicio, cada cilindro recibido habrá sido examinado para carga, mantenimiento o reparación. Los cilindros se aceptarán para el servicio de recarga de agente limpio cuando el análisis asegure que la integridad del cilindro está de acuerdo con la especificación del DOT aplicable. Los cilindros que no se puedan restaurar mediante procedimientos de mantenimiento aprobados deberán ser rechazados y devueltos al cliente.

Cuando un cilindro presente una o más de las condiciones siguientes, no debe someterse a pruebas de inspección, sino que debe destruirse por el propietario o bajo instrucciones del propietario:

- Cuando existen reparaciones con soldadura o uso de compuestos para parchar el cilindro.
- Cuando las roscas del cilindro están desgastadas, corroídas, rotas o agrietadas.
- Cuando la corrosión ha causado picaduras, incluyendo picaduras bajo la placa de identificación del cilindro.
- Cuando el cilindro ha estado expuesto a calor excesivo, llamas o fuego.
- Cuando un agente de cloruro de calcio se utilizó en un cilindro de acero inoxidable.
- Cuando cualquier corrosión del cilindro, corte o picadura haya removido más de 10% del espesor mínimo de la pared del cilindro.
- Cuando un cilindro se ha usado para cualquier fin diferente a la extinción de incendios.
- Cuando un cilindro presente defectos graves en su placa de identificación.

**Registro de la inspección.**

Registro para inspección de cilindros de agente limpio					
Área / Departamento: _____					
Fecha de inspección: _____					
N° de identificación del cilindro: _____					
Agente limpio: _____					
Presión de carga del cilindro: _____					
Presión de trabajo: _____					
Peso de tara: _____					
Fabricante: _____					
Número de serie: _____					
Año de fabricación: _____					
Presión máxima de trabajo permitida: _____					
Inspección realizada por:		Firma		Inspección revisada por:	
LISTA DE CHEQUEO			CR* CRITICIDAD 1: CRITICO 2: ALTAMENTE CRITICO 3: SUPERCRITICO		
Ítem	Inspección	Variables			Observaciones
1	Recepción del cilindro a inspeccionar	SI	NO	CR*	
1.1	<u>Revisión de la identificación del cilindro:</u> Se debe revisar la placa de identificación para determinar su estado, leer fácilmente su número de parte y la información del peso del cilindro.				
1.2	<u>Número de serie:</u> Se debe revisar que el número de serie no presente signos de alteración o cambios.				
1.3	<u>Especificación DOT y presión de servicio:</u> Se inspecciona para asegurar que se encuentren legibles y en buen estado.				
1.4	<u>Símbolo y marca del fabricante:</u> Se deberá de revisar para validar que el cilindro ha sido fabricado con altos estándares de calidad.				
1.5	<u>Peso de tara:</u> Se deberá de identificar y anotar el peso de tara				
1.6	<u>Estado de prueba periódica:</u> Se debe inspeccionar para ver si los cilindros tienen pruebas periódicas hechas anteriormente y si están en vigencia o vencidas.				

Tabla 16. Registro para inspección de cilindros de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020.

2	<b>Inspección de capacidad de servicio</b>				
2.1	<u>Inspección externa:</u> Se inspeccionará toda la superficie en busca de abolladuras, picaduras, hendiduras, abultamientos o corrosión excesiva.				
2.2	<u>Inspección de pintura:</u> Se inspeccionará el estado de la pintura de cada cilindro para ver si se está dañando o pelando				
2.3	<u>Inspección de la tapa de protección de la válvula:</u> Se deberá inspeccionar cada tapa de protección de la válvula para detectar grietas, abolladuras o una diferencia de tamaño.				
2.4	<u>Prueba hidrostática:</u> Si los cilindros no cuentan con una marca clara de la fecha de la prueba hidrostática, el inspector debe efectuar una prueba hidrostática al cilindro. ¿Se debe de efectuar la prueba hidrostática?				
2.5	<u>Evaluación interna del cilindro:</u> Se deberá realizar una inspección visual para definir el tipo de evaluación a realizar.				
2.6	<u>Prueba de martillo:</u> El cilindro se someterá a una prueba de martillo para asegurar una integridad estructural viable y que internamente la superficie esté libre de residuos de corrosión.				
2.7	<u>Prueba con el Boroscopio:</u> Cuando se sospeche una corrosión significativa o posibles fallas, el cilindro deberá ser revisado por medio de un boroscopio.				
3	<b>Rechazo o aprobación de los cilindros</b>				

Tabla 17. Continuación de Registro para inspección de cilindros de agente limpio. Fuente:

Elaboración propia, 2020.

## **Cálculo de la acometida eléctrica para la estación de recarga de agente limpio**

Como parte fundamental del diseño del equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio, se dimensiona la acometida eléctrica y los circuitos eléctricos ramales necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos que pretenden instalarse para el servicio de recarga de cilindros, se entiende por acometida eléctrica a la conexión que hay entre el sistema de distribución general presente en el edificio de EDINTEL y la instalación eléctrica que se utilizará en la oficina propuesta para la estación de recarga.

Como se menciona anteriormente, el edificio cuenta con su acometida y su respectiva instalación eléctrica, la misma se encuentra en buena condición y el centro de carga existente es capaz de recibir la nueva propuesta de acometida que se desarrollará en esta sección.

Para iniciar con el dimensionamiento de la acometida, se aclara que el centro de carga propuesto en este proyecto se alimentará del centro de carga existente, y por ende, se utilizará el mismo medidor eléctrico, el cual se encuentra en funcionamiento actualmente, por este motivo se diseña la acometida eléctrica desde el disyuntor termomagnético principal para luego proceder con el dimensionamiento del centro de carga de la estación.

La acometida eléctrica propuesta se diseñará de acuerdo con la NFPA 70 Código Eléctrico Nacional (normalmente escrito como NEC) en su Edición 2014, dicha Normativa del Código Eléctrico es de uso obligatorio en Costa Rica. El NEC presenta una serie de buenas prácticas de diseño, que a su vez tienen como finalidad buscar la seguridad humana y de la propiedad.

De acuerdo con la inspección realizada en el edificio, se propuso acondicionar la oficina que limita con una zona verde en el costado oeste del mismo. Dicha oficina tiene medidas físicas de; 3.85 metros de ancho  $\times$  4.6 metros de largo, para un resultado final de superficie de 17.71 metros cuadrados ( $m^2$ ).

Para la estación de recarga solamente se dispondrá de un circuito de tomas generales no continuos, debido a que dicha estación requiere de salidas fijas para los equipos que se deben

instalar. En la Tabla 18, se observa el resumen de las salidas fijas requeridas en este análisis, tomando en cuenta su potencia y su voltaje de operación.

<b>Salidas fijas de los equipos eléctricos de la estación de recarga</b>		
<b>Salidas fijas</b>	<b>Potencia (KW)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
Estación de recarga	2.4 KW	240 V
Báscula	0.9 KW	120 V
Estándar de fugas	0.05 KW	120 V
Manómetro	0.1 KW	120 V
Polipasto eléctrico	1.4 KW	120 V
Compresor de aire	6.72 KW	240 V
Impresora de etiquetas	0.033 KW	120 V

Tabla 18. Resumen de las salidas fijas de los equipos eléctricos de la estación de recarga.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se procede a detallar los diseños electromecánicos que incluye el diseño eléctrico, iluminación y esquema de posición de los equipos en el plano.

Se realizan los diseños en el software de AutoCAD con el fin de poder dimensionar el posicionamiento de los equipos necesarios para la estación de recarga presentes en la Tabla 18, se dibujan las salidas fijas de los equipos y los circuitos de tomacorrientes generales, se detallan algunos requerimiento de las cargas, por ejemplo, las salidas GFCI necesarias, además se realiza el diseño de la iluminación basado en el cálculo por medio de lúmenes, el cual da un resultado de 4 luminarias (Ecuación 2).

Adicionalmente, se diseña el posicionamiento de los equipos grandes de que se instalarán en la estación de recarga, el resto de los equipos pequeños, por ejemplo, tuberías, válvulas, termómetros, detector de fugas, libro de registro y demás accesorios se detallan en la Figura 52 que hace referencia al equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga de agente limpio Novec 1230.

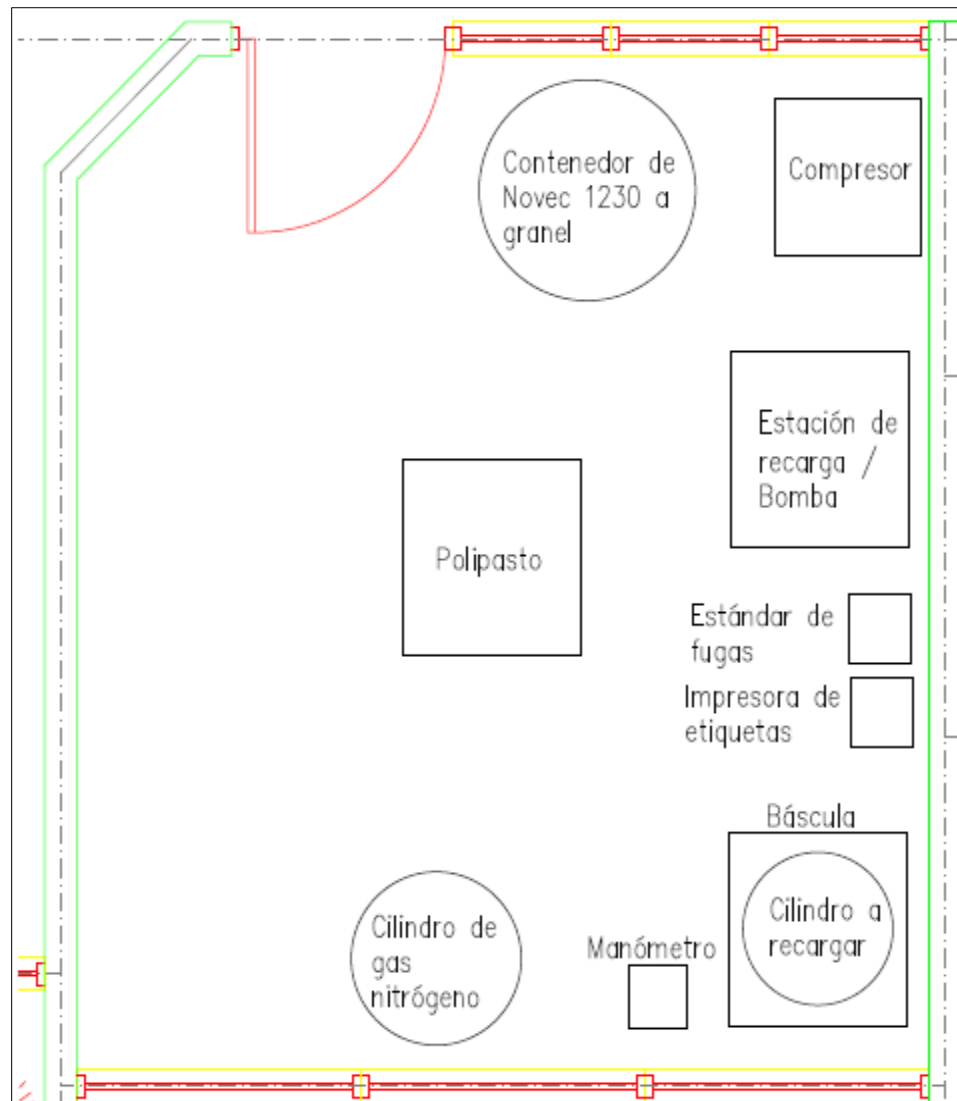


Figura 52. Extracto del diseño en AutoCAD del posicionamiento de los equipos grandes de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020.

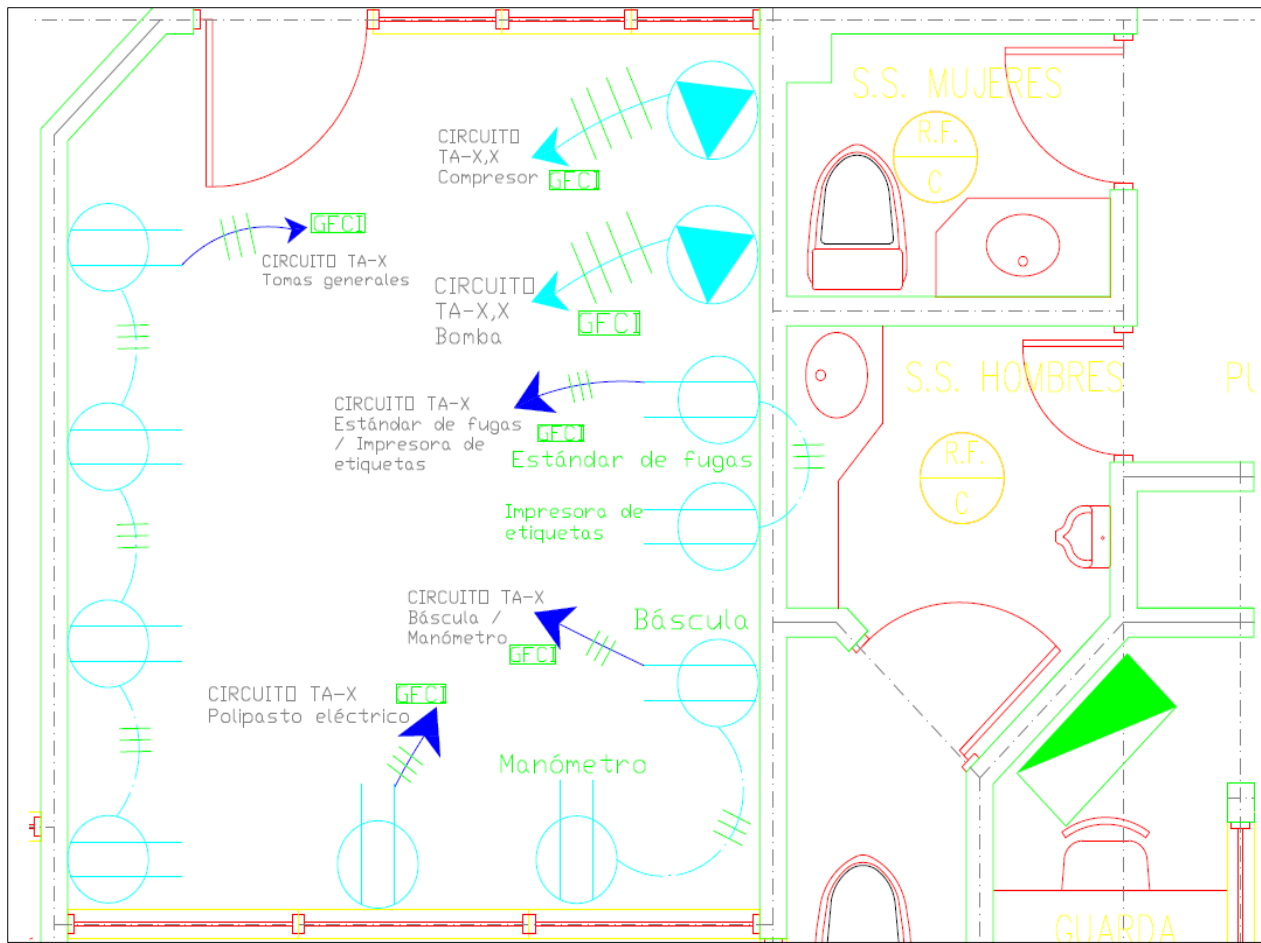


Figura 53. Extracto del diseño en AutoCAD de la distribución eléctrica, Planta de salidas eléctricas de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020.

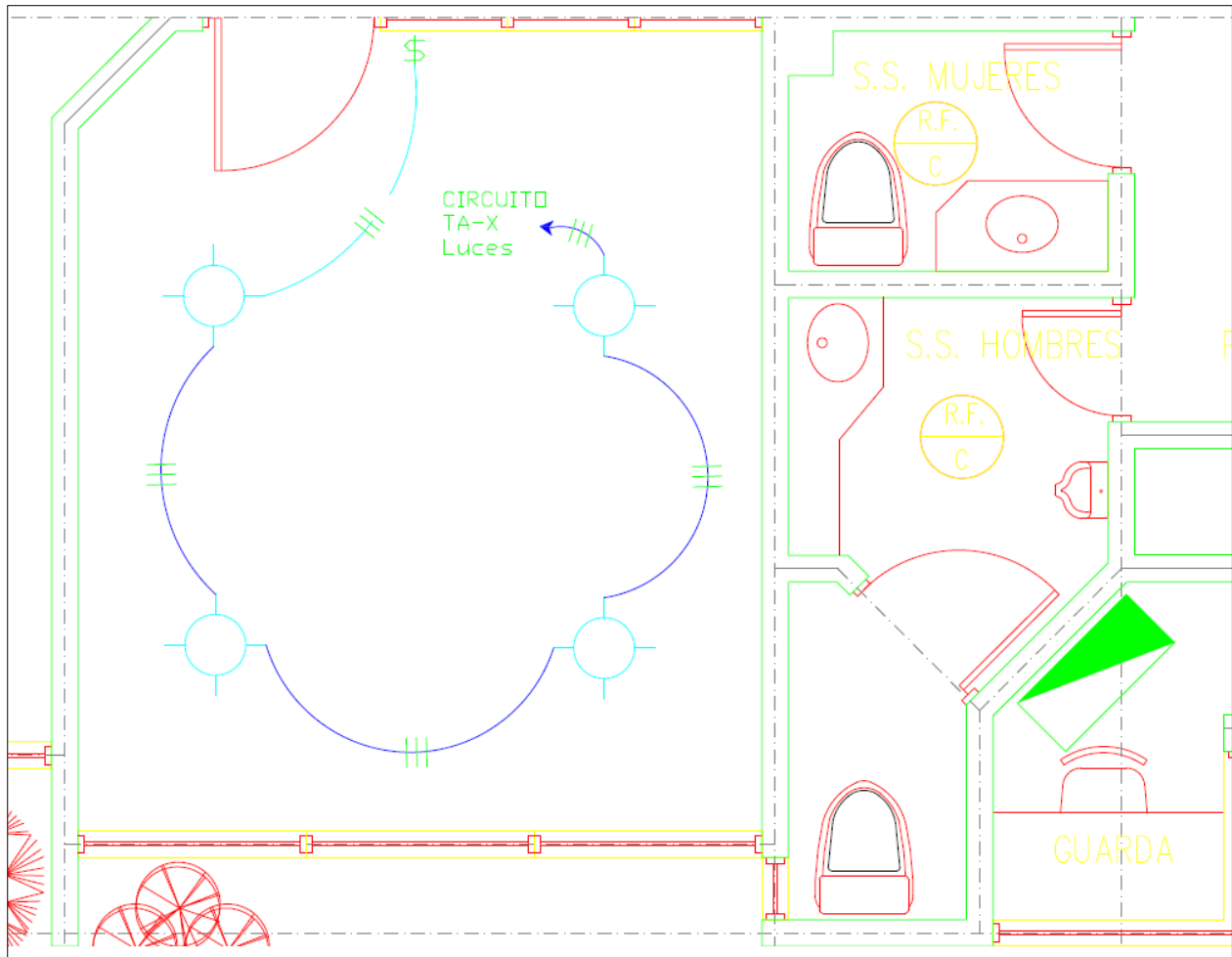


Figura 54. Extracto del diseño en AutoCAD de la distribución eléctrica, Planta de iluminación de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020.

A continuación, se inicia el cálculo de los voltamperios (VA), lo cual hace referencia a la potencia aparente y se obtienen del resultado de multiplicar la tensión aplicada al equipo por la corriente consumida por el mismo, la medida de carga obtenida en voltamperios se utiliza para determinar el tamaño del cableado y de los interruptores o disyuntores necesarios. De acuerdo con la Tabla 20, los cálculos de las cargas se colocan en tres columnas (VA Instalada, VA Demanda y VA Neutro) y se desarrollan con los siguientes pasos: iluminación, circuitos generales (salidas no continuas), salidas continuas, salidas fijas y carga del motor más grande.

Para el cálculo de la carga de la iluminación se utiliza la Tabla 220.12 Cargas de iluminación general por tipo de ocupación del NEC 2014, se define que para el análisis de la carga de iluminación se utiliza el tipo de ocupación “Edificios industriales y comerciales” con una carga de 22 voltamperios por metro cuadrado, tomando en cuenta que la oficina tiene un área de 17.71 m<sup>2</sup>, se multiplica la carga dada en la Tabla 220.12 por el área de oficina, dando un resultado de 389.62 VA ( $17.71 \text{ m}^2 \times 22 \text{ VA/m}^2$ ) de carga instalada.

Tipo de ocupación	Carga unitaria	
	Volt-Ampere por metro cuadrado	Volt-Ampere por pie cuadrado
Armerías y auditorios	11	1
Bancos	39 <sup>b</sup>	3½ <sup>b</sup>
Barberías y salones de belleza	33	3
Iglesias	11	1
Clubes	22	2
Juzgados	22	2
Unidades de vivienda <sup>a</sup>	33	3
Garajes comerciales- (almacenamiento)	6	½
Hospitales	22	2
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina para los inquilinos <sup>a</sup>	22	2
Edificios industriales y comerciales (áticos)	22	2
Casas de huéspedes	17	1½
Edificios de oficinas	39 <sup>b</sup>	3½ <sup>b</sup>
Restaurantes	22	2
Escuelas	33	3
Tiendas	33	3
Depósitos (almacenamiento)	3	¼
En cualquiera de las ocupaciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:		
Lugares de reunión y auditorios	11	1
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	6	½
Espacios de almacenamiento	3	¼

Tabla 19. Tabla 220.12 Cargas de iluminación general por tipo de ocupación. Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014).

En la Tabla 19, se demuestra el origen del dato de 22 voltamperios por metro cuadrado que se utilizó en el cálculo anterior, utilizando el dato de “Edificios industriales y comerciales”.

Para el cálculo de la carga demandada, la iluminación se define como carga continua, por lo tanto, se debe multiplicar por 1.25. El resultado sería 487.03 VA de carga demandada ( $389.62 \text{ VA} \times 1.25$ ). Con respecto a la carga del neutro se deben trasladar los mismos 487.03 VA.

Posteriormente se procede con el cálculo de los circuitos para los equipos de la estación de recarga, en total son 3 circuitos; un circuito de tomas generales no continuos, un circuito de salidas continuas que incluye el estándar de fugas y la impresora de etiquetas y un circuito de salidas continuas que incluye la báscula y el manómetro digital, todas las cargas mencionadas funcionan con 120 voltios.

Utilizando el Artículo 220.14 Otras cargas para todo tipo de ocupaciones, en su punto (H) (1) Ensamblajes fijos de múltiples salidas, se menciona que en el caso de electrodomésticos que sea improbable que se usen simultáneamente, cada 1.5 m (5 pies) o fracción de cada longitud separada y continua se debe considerar como una salida de mínimo 180 volt-amperes. Por lo tanto, en el caso de la estación se multiplica el número de salidas por la carga mencionada en el Artículo, obteniendo como resultado 720 VA de carga instalada ( $4 \text{ salidas} \times 180 \text{ VA}$ ).

Para la carga demandada y la carga del neutro de las salidas no continuas, se traslada el 100% de la carga instalada, por lo tanto, la carga demanda y carga del neutro será de 720 VA.

Para los circuitos de salidas continuas se realiza una sumatoria de las cargas, para el estándar de fugas se estima una salida continua de 180 VA de acuerdo con el Artículo 220.14 (H) (1), esto debido a que el consumo del estándar de fugas es de 50 VA, sin embargo, se debe estimar a un mínimo de 180 VA. La impresora de etiquetas se calcula a 180 VA de acuerdo con el Artículo 220.14 (H) (1), de igual forma que el equipo anterior el consumo de la impresora de etiquetas es menor al mencionado en dicho Artículo.

El otro circuito de salidas continuas incluye la báscula y tiene una carga de 900 VA, y además incluye el manómetro digital que tiene una carga de 100 VA, pero para el cálculo se estima a 180 VA.

Los dos circuitos descritos anteriormente por ser de carga continua, se deberá multiplicar por 1.25 para obtener la carga demandada, para lograr esto primero se realiza una sumatoria de las cargas continuas y luego se multiplica por 1.25 dando un resultado de 1800 VA  $((180 \text{ VA} + 180 \text{ VA} + 900 \text{ VA} + 180 \text{ VA}) \times (1.25))$ . Para determinar la carga del neutro se traslada el 100% de la carga demandada.

Luego de estos primeros tres pasos, se procede a calcular las cargas de las salidas fijas, la carga instalada se obtiene sumando todas las cargas de las salidas fijas, para el caso de la estación de recarga utilizaremos las salidas fijas que se presentan en la Tabla 18.

Tomando en cuenta las especificaciones técnicas que brindan los fabricantes de cada uno de los equipos eléctricos de la estación de recarga, se dimensiona el compresor de aire a 6720 VA, una estación de recarga de 2400 VA, y por último un polipasto eléctrico de 1400 VA. Para obtener el dato de potencia instalada se suman las potencias de los equipos, dando un resultado de 10520 VA de carga instalada  $(6720 \text{ VA} + 2400 \text{ VA} + 1400 \text{ VA})$ .

Para el cálculo de la potencia demanda de las salidas fijas, se recomienda estimar el 100% de la carga instalada, con el fin de que puedan utilizar todos los equipos a la misma vez en caso de requerirse, por lo tanto, la carga demandada de las salidas fijas es de 10520 VA  $(6720 \text{ VA} + 2400 \text{ VA} + 1400 \text{ VA})$ .

La carga del neutro de las salidas fijas se obtiene sumando todas las cargas fijas que se alimenten con 120 voltios y a esta carga se le debe aplicar un 100% de factor de demanda, en este caso solamente la carga del polipasto eléctrico se deberá tomar en cuenta, la carga de neutro es de 1400 VA.

El último paso para el cálculo de las cargas se refiere al motor más grande, por lo tanto, se debe escoger el motor más grande, el cual en este caso sería el polipasto eléctrico y su carga se

debe dimensionar a un 25%, dicho esto, la carga demandada es de 350 VA ( $1400 \text{ VA} \times 25\%$ ). Al ser el polipasto una carga de 120 voltios se deberá incluir una carga en el neutro de 350 VA.

Después de realizar todos los pasos y cálculos descritos anteriormente se debe hacer una sumatoria de las cargas; instalada, demandada y neutro. La Tabla 20 muestra el resumen de los cálculos totales de cada uno de los pasos.

<b>Resumen de los cálculos de las cargas de los equipos eléctricos de la estación de recarga</b>			
<b>PASOS</b>	<b>VA Instalada</b>	<b>VA Demandada</b>	<b>VA Neutro</b>
Iluminación	389.62	487.03	487.03
Salidas no continuas	720	720	720
Salidas continuas	1440	1800	1800
Salidas Fijas:	10520	10520	1400
Compresor de aire			
Estación de recarga			
Polipasto eléctrico 120 V			
Motor más grande: Polispasto eléctrico	0	350	350
<b>TOTAL</b>	<b>13069.62</b>	<b>13877</b>	<b>4757</b>

Tabla 20. Resumen de los cálculos de las cargas de los equipos eléctricos de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Con los respectivos valores de carga en voltamperios mencionados anteriormente, se procede a calcular la corriente necesaria en la acometida, con el fin de seleccionar la protección principal y el calibre de los conductores de la acometida.

Para realizar el cálculo de la corriente demandada se utiliza el valor de la carga total demandada de la Tabla 20 y se divide por el voltaje de operación, en este caso 240 voltios. La corriente demandada es de 58 A ( $13877 \text{ VA} \div 240 \text{ V}$ ). De la misma manera se puede calcular la corriente del neutro, se toma la carga total del neutro de la Tabla 20 y se divide por el voltaje de operación, dando un resultado de corriente del neutro de 20 A ( $4757 \text{ VA} \div 240 \text{ V}$ ).

<b>Cálculo de corriente de la acometida</b>	
Corriente	Valor en amperios (A)
Corriente demandada	58
Corriente neutro	20

Tabla 21. Resumen del cálculo de la corriente de la acometida eléctrica. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Utilizando el Artículo 240.6 Valores en amperes nominales normalizados en su punto (A) Fusibles e ruptores de circuito de disparo fijo, indica los valores en amperes nominales normalizados de los fusibles e interruptor automático de tiempo inverso, para el caso de la estación de recarga se utiliza protección principal de  $2 \times 70$  A, debido a que la corriente demanda es de 58 A. Se recomienda utilizar  $2 \times 70$  A y no  $2 \times 60$  A con el fin de no dejar el interruptor principal tan ajustado previniendo cualquier inconveniente.

Para la elección de los calibres correctos de los cables de fase y neutro se utiliza la Tabla 310.15(B)(16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 volts y  $60^{\circ}$  C a  $90^{\circ}$  C ( $140^{\circ}$  F a  $194^{\circ}$  F) del NEC 2014, se utiliza la fila de  $60^{\circ}$  C ( $140^{\circ}$  F), por ser menor a 100 amperios, para los conductores de fase se toma como referencia el valor de la corriente demandada en la Tabla 21, la cual tiene un valor de 58 A, para este valor de corriente se utiliza cable calibre #4 AWG THHN COBRE. Para el conductor del neutro se toma el valor de corriente neutro de la Tabla 21, la misma tiene un valor de 20 A, por lo tanto, si se utiliza la Tabla 310.15(B)(16) se eligiendo utilizando cable calibre #12 AWG THHN COBRE, sin embargo, de acuerdo con el NEC al recomendar que ninguna acometida eléctrica puede ser menor a #6 AWG THHN COBRE y por el balance eléctrico previendo fallas, se utiliza para la estación de recarga cable calibre #6 AWG THHN COBRE.

Tabla 310.15(B)(16) (antes Tabla 310.16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F)\*.

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre AWG o kcmil
	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18**	—	—	14	—	—	—	—
16**	—	—	18	—	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0

Tabla 22. Extracto de Tabla 310.15(B)(16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F).

Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014).

Para el cálculo del calibre del conductor de tierra se utiliza la Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna del NEC 2014, se toma como referencia el calibre del cable de fase para elegir el conductor de puesta a tierra, el calibre del conductor de fase es #4 AWG THHN COBRE, por lo tanto, se elige la opción “2 o menor” en la Tabla 250.66, lo cual indica que para el conductor de puesta a tierra se debe utilizar cable calibre #8 AWG THHN COBRE.

**Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna**

Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida o área equivalente para conductores en paralelo <sup>a</sup> (AWG/kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre <sup>b</sup>
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 o 1/0	2/0 o 3/0	6	4
2/0 o 3/0	4/0 o 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0
Más de 600 hasta 1100	Más de 900 hasta 1750	2/0	4/0
Más de 1100	Más de 1750	3/0	250

Tabla 23. Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna. Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014).

Conductores de la acometida eléctrica		
Número de conductores	Conductor	Calibre
2	Fase	#4 AWG THHN COBRE
1	Neutro	#6 AWG THHN COBRE
1	Tierra	#8 AWG THHN COBRE

Tabla 24. Resumen de los conductores de la acometida eléctrica. Fuente: Elaboración propia,

### Cálculo de la tubería de la acometida eléctrica.

En la Tabla 25, se explica el procedimiento del cálculo para obtener el diámetro de la tubería necesaria para la acometida eléctrica de la estación de recarga de agente limpio, se utiliza la Tabla 5 Dimensiones de conductores aislados y de cables de artefactos, esta Tabla permite conocer el área aproximada en milímetros cuadrados del cable de acuerdo con su calibre y su tipo de protección, se realiza la sumatoria de los milímetros cuadrados en la Tabla 25 contemplando la cantidad correcta de conductores y el calibre del conductor, con el valor total del área que en este caso en estudio es de 162.64 mm<sup>2</sup>, se ingresa a la Tabla 4 Dimensiones y área porcentual de conductos y tuberías (áreas de conductos o tuberías para las combinaciones de cables permitidas en la Tabla 1, Capítulo 9). En la Tabla 4 se elige la opción de “Más de 2 cables 40%” y se elige en la columna de los mm<sup>2</sup> la mejor opción tomando en cuenta el área total calculado anteriormente, se debe tomar como referencia la opción de 222 m<sup>2</sup>, la cual indica que para esa área se necesita tubería EMT de 1”.

<b>Cálculo de la tubería de la acometida eléctrica.</b>			
Número de conductores	Calibre del conductor	Área mm <sup>2</sup>	Total (mm <sup>2</sup> )
2	4	53.16	106.32
1	6	32.71	32.71
1	8	23.61	23.61
			<b>162.64</b>

Tabla 25. Cálculo de la tubería de la acometida eléctrica. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 5 (Continuación)

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm	pulg.
Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XE, XFF					
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	10	21.48	0.0333	5.232	0.206
RHH*, RHW*, RHW-2*	8	35.87	0.0556	6.756	0.266
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	6	46.84	0.0726	7.722	0.304
	4	62.77	0.0973	8.941	0.352
	3	73.16	0.1134	9.652	0.380
	2	86.00	0.1333	10.46	0.412
	1	122.6	0.1901	12.50	0.492
	1/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	2/0	169.3	0.2624	14.68	0.578
	3/0	201.1	0.3117	16.00	0.630
	4/0	239.9	0.3718	17.48	0.688
	250	296.5	0.4596	19.43	0.765
	300	340.7	0.5281	20.83	0.820
	350	384.4	0.5958	22.12	0.871
	400	427.0	0.6619	23.32	0.918
	500	509.7	0.7901	25.48	1.003
	600	627.7	0.9729	28.27	1.113
	700	710.3	1.1010	30.07	1.184
	750	751.7	1.1652	30.94	1.218
	800	791.7	1.2272	31.75	1.250
	900	874.9	1.3561	33.98	1.314
	1000	953.8	1.4784	34.85	1.372
	1250	1200	1.8602	39.09	1.539
	1500	1400	2.1695	42.21	1.662
	1750	1598	2.4773	45.11	1.776
	2000	1795	2.7818	47.80	1.882
TFN, TFFN	18	3.548	0.0055	2.134	0.084
	16	4.645	0.0072	2.438	0.096
THHN, THWN, THWN-2	14	6.258	0.0097	2.819	0.111
	12	8.581	0.0133	3.302	0.130
	10	13.61	0.0211	4.166	0.164
	8	23.61	0.0366	5.486	0.216
	6	32.71	0.0507	6.452	0.254
	4	53.16	0.0824	8.230	0.324
	3	62.77	0.0973	8.941	0.352
	2	74.71	0.1158	9.754	0.384
	1	100.8	0.1562	11.33	0.446
	1/0	119.7	0.1855	12.34	0.486
	2/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	3/0	172.8	0.2679	14.83	0.584
	4/0	208.8	0.3237	16.31	0.642
	250	256.1	0.3970	18.06	0.711
	300	297.3	0.4608	19.46	0.766

Tabla 26. Tabla 5 Dimensiones de conductores aislados y de cables de artefactos. Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014).

Tabla 4 Dimensiones y área porcentual de conductos y tuberías (áreas de conductos o tuberías para las combinaciones de cables permitidas en la Tabla 1, Capítulo 9)

Artículo 358 — Tubería metálica eléctrica (EMT)													
Designador métrico	Tamaño comercial	Más de 2 cables 40%		60%		1 cable 53%		2 cables 31%		Diámetro interno nominal		Área total 100%	
		mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm	pulg.	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>
16	½	78	0.122	118	0.182	104	0.161	61	0.094	15.8	0.622	196	0.304
21	¾	137	0.213	206	0.320	182	0.283	106	0.165	20.9	0.824	343	0.533
27	1	222	0.346	333	0.519	295	0.458	172	0.268	26.6	1.049	556	0.864
35	1¼	387	0.598	581	0.897	513	0.793	300	0.464	35.1	1.380	968	1.496
41	1½	526	0.814	788	1.221	696	1.079	407	0.631	40.9	1.610	1314	2.036
53	2	866	1.342	1299	2.013	1147	1.778	671	1.040	52.5	2.067	2165	3.356
63	2½	1513	2.343	2270	3.515	2005	3.105	1173	1.816	69.4	2.731	3783	5.858
78	3	2280	3.538	3421	5.307	3022	4.688	1767	2.742	85.2	3.356	5701	8.846
91	3½	2980	4.618	4471	6.927	3949	6.119	2310	3.579	97.4	3.834	7451	11.545
103	4	3808	5.901	5712	8.852	5046	7.819	2951	4.573	110.1	4.334	9521	14.753

Tabla 27. Tabla 4 Dimensiones y área porcentual de conductos y tuberías (áreas de conductos o tuberías para las combinaciones de cables permitidas en la Tabla 1, Capítulo 9). Fuente:

(NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014).

Acometida eléctrica de la estación de recarga de agente limpio																																							
Circ. No	Descripción	Carga VA	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cable			Dist (m)	Ø pulg	% Reg (V)	Breaker			Pos. Barra	Carga X Fase (KVA)			Pos. Barra	Breaker			% Reg (V)	Ø pulg	Dist (m)	Cable			Corriente (A)	Voltaje (V)	Carga VA	Descripción	Circ. No							
					F	N	T				Amp	Polos	Protección		L1		L2		Amp	Polos	Protección				F	N	T												
1	Circuito tomas generales 1	720	120	6	12	12	12	14	1/2"	0.94%	20	1	GFCI	1	880			2	20	1	GFCI	0.21%	1/2"	14	12	12	12	1.333333	120	160	Circuito luces 1	2							
3	Circuito estándar de fugas / impresora de etiquetas	450	120	3.75	12	12	12	6	1/2"	0.25%	20	1	GFCI	3			3810	4	20	2	GFCI	1.10%	1/2"	7	12		12	14	240	3360	Compresor de aire	4							
5	Circuito báscula / manómetro	1350	120	11.25	12	12	12	6.5	1/2"	0.82%	20	1	GFCI	5	4710			6	20	2	GFCI	1.10%	1/2"	7	12		12	14	240	3360	Compresor de aire	6							
7	Estación de recarga	1200	240	5	12		12	6.5	1/2"	0.36%	20	2	GFCI	7			1200	8														8							
9	Estación de recarga	1200	240	5	12		12	6.5	1/2"	0.36%	20	2	GFCI	9	1200			10														10							
11	Polipasto eléctrico	1400	120	11.66667	12	12	12	7	1/2"	0.92%	20	1	GFCI	11			1400	10														12							
13														13	0			12														14							
15														15			0	14														16							
															6790													6410											
															Carga Instalada		13.070	KVA		Alimentadores de Fase			#4 AWG THHN CU		Canalización = 1"														
<b>Carga por Fase L1:</b>		6.790	KVA		28.29		Amps		<b>Acometida</b>		Carga demandada		13.877	KVA		Alimentador de Neutro			#6 AWG THHN CU																				
															Carga Neutro		4.757	KVA		Conductor puesta a tierra			#8 AWG THHN CU																
<b>Carga por Fase L2:</b>		6.410	KVA		26.71		Amps																																

Tabla 28. Acometida eléctrica de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020.

### **Caídas de voltaje de los circuitos ramales de la estación de recarga.**

El voltaje que llega a las terminales de la carga es por lo general menor que el voltaje de alimentación, la diferencia de voltaje entre estos puntos se conoce como “caída de voltaje”. Para el diseño de instalaciones eléctricas se recomienda que la máxima caída de voltaje (desde la alimentación hasta la carga) no debe exceder al 3% del voltaje de suministro en la fuente.

Una caída excesiva de tensión (mayor del 3%) conduce a resultados indeseables debido a que el voltaje de ingreso en la carga se reduce. Para la estación de recarga se realiza el cálculo respectivo de la caída de voltaje en cada circuito ramal, tomando en cuenta la distancia en metros desde la alimentación hasta la carga, el número de salidas, carga demandada, corriente, voltaje y además, se utiliza la Tabla 8 Propiedades de conductores, para obtener el dato de ohm/kFT de cada calibre del conductor que se utiliza en los circuitos ramales, debido a la corriente demanda por los circuitos ramales se utiliza el conductor calibre #12 AWG THHN COBRE capaz de soportar hasta 20 A, este calibre del conductor cuenta con 2.05 ohm/Kft, este dato se utiliza para realizar el cálculo de la caída de voltaje.

Tabla 8 Propiedades de conductores

Calibre (AWG o kcmil)	Área		Conductores						Resistencia en corriente continua a 75°C (167°F)						
			Trenzado			Total			Cobre				Aluminio		
	mm <sup>2</sup>	Mils circulares	Canti- dad	Diámetro		Diámetro		Área		No recubiertos		Recubiertos		ohm/ km	ohm/ kFT
				mm	pulg.	mm	pulg.	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	ohm/ km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT		
18	0.823	1620	1	—	—	1.02	0.040	0.823	0.001	25.5	7.77	26.5	8.08	42.0	12.8
18	0.823	1620	7	0.39	0.015	1.16	0.046	1.06	0.002	26.1	7.95	27.7	8.45	42.8	13.1
16	1.31	2580	1	—	—	1.29	0.051	1.31	0.002	16.0	4.89	16.7	5.08	26.4	8.05
16	1.31	2580	7	0.49	0.019	1.46	0.058	1.68	0.003	16.4	4.99	17.3	5.29	26.9	8.21
14	2.08	4110	1	—	—	1.63	0.064	2.08	0.003	10.1	3.07	10.4	3.19	16.6	5.06
14	2.08	4110	7	0.62	0.024	1.85	0.073	2.68	0.004	10.3	3.14	10.7	3.26	16.9	5.17
12	3.31	6530	1	—	—	2.05	0.081	3.31	0.005	6.34	1.93	6.57	2.01	10.45	3.18
12	3.31	6530	7	0.78	0.030	2.32	0.092	4.25	0.006	6.50	1.98	6.73	2.05	10.69	3.25
10	5.261	10380	1	—	—	2.588	0.102	5.26	0.008	3.984	1.21	4.148	1.26	6.561	2.00
10	5.261	10380	7	0.98	0.038	2.95	0.116	6.76	0.011	4.070	1.24	4.226	1.29	6.679	2.04
8	8.367	16510	1	—	—	3.264	0.128	8.37	0.013	2.506	0.764	2.579	0.786	4.125	1.26
8	8.367	16510	7	1.23	0.049	3.71	0.146	10.76	0.017	2.551	0.778	2.653	0.809	4.204	1.28
6	13.30	26240	7	1.56	0.061	4.67	0.184	17.09	0.027	1.608	0.491	1.671	0.510	2.652	0.808
4	21.15	41740	7	1.96	0.077	5.89	0.232	27.19	0.042	1.010	0.308	1.053	0.321	1.666	0.508
3	26.67	52620	7	2.20	0.087	6.60	0.260	34.28	0.053	0.802	0.245	0.833	0.254	1.320	0.403
2	33.62	66860	7	2.47	0.097	7.42	0.292	43.23	0.067	0.634	0.194	0.661	0.201	1.045	0.319
1	42.41	83690	19	1.69	0.066	8.43	0.332	55.80	0.087	0.505	0.154	0.524	0.160	0.829	0.253

Tabla 29. Tabla 8 Propiedades de conductores. Fuente: (NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, 2014).

A continuación, se detallan los circuitos ramales con su respectiva carga y el cálculo de la caída de voltaje de cada circuito ramal de la estación de recarga:

Circuitos ramales de la estación de recarga		
Circuito ramal	Carga (VA)	Voltaje (V)
Circuito tomas generales 1	720	120
Circuito estándar de fugas / impresora de etiquetas (carga continua)	450	120
Circuito báscula / manómetro (carga continua)	1350	120
Estación de recarga / Bomba	2400	240
Polipasto eléctrico	1400	120
Circuito luces 1	160	120
Compresor de aire	6720	240

Tabla 30. Circuitos ramales de la estación de recarga de agente limpio. Fuente: Elaboración propia, 2020.

<b>Circuito tomas generales 1</b>					
Circuito tomas generales 1	Salidas	4	Caídas	Conductor	12
	Watts	180	I (A)	6	
	Total watts	720	L (m)(ft)	14	45.93
	Corriente	6	R (ohm/k pies)	2.05	
	Voltaje	120		<b>0.94%</b>	
	VOLTIOS		1.13		
	% Caída		0.94		

Tabla 31. Caída de voltaje del circuito ramal “Circuito tomas generales 1”. Fuente: Elaboración propia, 2020.

<b>Circuito estándar de fugas / impresora de etiquetas</b>					
Circuito estándar de fugas / impresora de etiquetas	Salidas	2	Caídas	Conductor	12
	Watts	450	I (A)	3.75	
	Total watts	450	L (m)(ft)	6	19.69
	Corriente	3.75	R (ohm/k pies)	2.05	
	Voltaje	120		<b>0.25%</b>	
	VOLTIOS		0.30		
	% Caída		0.25		

Tabla 32. Caída de voltaje del circuito ramal “Circuito estándar de fugas / impresora de etiquetas”. Fuente: Elaboración propia, 2020.

<b>Circuito báscula / manómetro</b>					
Circuito báscula / manómetro	Salidas	2	Caídas	Conductor	12
	Watts	1125	I (A)	11.25	
	Watts	225	L (m)(ft)	6.5	21.33
	Total watts	1350			
	Corriente	11.25	R (ohm/k pies)	2.05	
	Voltaje	120		<b>0.82%</b>	
	VOLTIOS		0.98		
	% Caída		0.82		

Tabla 33. Caída de voltaje del circuito ramal “Circuito báscula / manómetro”. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Estación de recarga / Bomba					
Estación de recarga	Salidas	1	Caídas	Conductor	12
	Watts	2400	I (A)	10	
	Total watts	2400	L (m)(ft)	6.5	21.33
	Corriente	10	R (ohm/k pies)	2.05	
	Voltaje	240			<b>0.36%</b>
	VOLTIOS		0.87		
	% Caída		0.73		

Tabla 34. Caída de voltaje del circuito ramal “Estación de recarga / Bomba”. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Polipasto eléctrico					
Polipasto eléctrico	Luminarias	1	Caídas	Conductor	12
	Watts	1400	I (A)	11.66666667	
	Total watts	1400	L (m)(ft)	7	22.97
	Corriente	11.66666667	R (ohm/k pies)	2.05	
	Voltaje	120			<b>0.92%</b>
	VOLTIOS		1.10		
	% Caída		0.92		

Tabla 35. Caída de voltaje del circuito ramal “Polipasto eléctrico”. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Circuito luces 1					
Circuito luces 1	Salidas	4	Caídas	Conductor	12
	Watts	40	I (A)	1.333333333	
	Total watts	160	L (m)(ft)	14	45.93
	Corriente	1.333333333	R (ohm/k pies)	2.05	
	Voltaje	120			<b>0.21%</b>
	VOLTIOS		0.25		
	% Caída		0.21		

Tabla 36. Caída de voltaje del circuito ramal “Circuito luces 1”. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Compresor de aire					
Compresor de aire	Salidas	1	Caídas	Conductor	12
	Watts	6720	I (A)	28	
	Total watts	6720	L (m)(ft)	7	22.97
	Corriente	28	R (ohm/k pies)	2.05	
	Voltaje	240		<b>1.10%</b>	
	VOLTIOS		2.64		
	% Caída		2.20		

Tabla 37. Caída de voltaje del circuito ramal "Compresor de aire". Fuente: Elaboración propia, 2020.

### **Diseño de iluminación de acuerdo con el método de los lúmenes.**

Para el diseño de la iluminación se propone un utilizar un método de cálculo de niveles de iluminación de una instalación, este método se llama método de lúmenes. La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminación en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por esta razón se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

Datos de entrada necesarios:

- Dimensiones de la oficina: tiene medidas físicas de; 3.85 metros de ancho × 4.6 metros de largo, para un resultado final de superficie de 17.71 metros cuadrados (m<sup>2</sup>).
- Valor mínimo de servicio de iluminación (lux).
- Flujo luminoso (FL): dato que se obtiene de la ficha técnica de las luminarias, y corresponden a la cantidad de lúmenes.
- Factor de utilización (CU): para el diseño de la estación de recarga se utiliza un CU de 0.8.
- Factor de mantenimiento (M): este coeficiente depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local, para la estación de recarga se debe calcular a 0.9.

De acuerdo con el método de los lúmenes, el número de luminarias N, se puede obtener con la fórmula de la Ecuación 2.

$$N = \frac{Lux \times \text{Área}}{\text{Flujo luminoso (FL)} \times \text{Factor de utilización (CU)} \times \text{Factor de mantenimiento (M)}}$$

Ecuación 2. Cálculo del número de luminarias por el método de los lúmenes. Fuente: Elaboración propia, 2020.

<b>Datos para el cálculo de la iluminación por el método de lúmenes</b>	
<b>Dato de entrada</b>	<b>Variable</b>
Modelo de la luminaria	P23224-36
Valor mínimo de servicio de iluminación (Lux)	500
Área (metros cuadrados)	17.71
Flujo luminoso (FL)	3500
Factor de utilización (CU)	0.8
Factor de mantenimiento (M)	0.9

Tabla 38. Datos para el cálculo de la iluminación por el método de lúmenes. Fuente: Elaboración propia, 2020.

A continuación, se realiza la ecuación (N):

$$N = \frac{500 \text{ lux} \times 17.71 \text{ m}^2}{3500 \text{ lúmenes} \times 0.8 \times 0.9}$$

Ecuación 3. Datos para el cálculo del número de luminarias por el método de los lúmenes. Fuente: Elaboración propia, 2020.

$$N = 3.51$$

Ecuación 4. Número de luminarias necesarias por el método de los lúmenes. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se define que para la estación de recarga se deben utilizar cuatro luminarias de 3500 lúmenes, el modelo propuesto es el P23224-36 de la marca Sylvania.

Para definir el valor mínimo de servicio de iluminación (Lux) se utiliza la Norma INTECO (INTE 31-08-06-2000) Niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo. Se utiliza la Tabla 1 de la Norma INTECO (Tabla 39), Valores de servicio de iluminación, recomendados para diversas clases de tarea visual.

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)	Ejemplos típicos de tareas visuales
Visión ocasional Solamente	100 –150-200	Para permitir movimientos seguros por ejemplo en lugares de poco tránsito; sala de calderas, depósito de materiales toscos y voluminosos, y armarios;
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	200–300-500	Trabajos toscos, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de inventario, colocación de maquinaria pesada;
Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos	500-750-1000	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montajes. Trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura, archivo;
Tareas severas y prolongadas, y de poco contraste	1000-1500-2000	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montaje e inspección; pintura extrafina, costura de ropa oscura;
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	2000-3000-5000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibre, trabajo de molienda fina;
Tareas excepcionales difíciles e importantes	5000-7500-10000	Trabajo fino de relojería y reparación;
	10000-15000- 20000	Casos especiales, como ejemplo: iluminación del lugar de operación en una sala de cirugía.

Tabla 39. Valores de servicio de iluminación, recomendados para diversas clases de tarea visual. Fuente: Norma INTECO (INTE 31-08-06-2000).

Se utiliza clase de tarea visual, como tareas intermitentes ordinarios y fáciles, con contrastes fuertes, debido a que las recargas de agente limpio llevan todo un procedimiento para poder realizarse, por lo tanto, no se estará trabajado todo el día al 100%.

Se escoge un valor de iluminación sobre el plano de trabajo de 500 lux.

**Elaboración del presupuesto del equipamiento electromecánico necesario para entregar a Edificios Inteligentes EDINTEL S.A. el costo final de la estación de recarga y el respectivo estudio del cálculo de la viabilidad del proyecto.**

Para realizar el presupuesto del equipamiento necesario para la estación de recarga de agente limpio Novec 1230, se realiza una investigación técnica y económica de todos los equipos que se estarán incluyendo en el respectivo presupuesto, se utiliza el software de diseño AutoCAD 2020 para dimensionar la estación de recarga en su lugar propuesto, el cual sería la oficina ubicada en el costado oeste del edificio. Se realiza el diseño electromecánico de la estación de recarga que incluye el sistema eléctrico y la iluminación recomendada.

Además, se realiza la selección de los materiales eléctricos y se cotizan con empresas nacionales para valorar su costo, los costos de los equipos necesarios para la estación de recarga son adquiridos por medio de Fike Corporation, por lo tanto, los precios utilizados corresponden a dicha empresa. Se incluye un monto por mano de obra el cual es calculado con los costos que maneja EDINTEL para sus proyectos, por esta razón no se necesita mano de obra ajena a la empresa debido a que el personal técnico de EDINTEL cuenta con todos los conocimientos y experiencia para la instalación y puesta en marcha de todos los equipos.

Posterior al presupuesto, se realiza un análisis financiero, el cual da los datos para una comparación de las ganancias que se obtienen si se invierte el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica y la cantidad de libras de Novec 1230 que deben recargarse durante los cinco años para que el proyecto sea más rentable que una posible inversión bancaria.

**Presupuesto electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230.**

linea	cant	modelo	marca	descripcion	precio unitario sin IVA	precio total sin IVA
1		<b>Paquete de Fike Corporation (Estación de recarga)</b>			\$ -	\$ -
2	1	4G59523	Getz Equipment Innovators	Estación de recarga de agente limpio Novec 1230 (Bomba)	\$ 14,582.92	\$ 14,582.92
3	1	9266T22	McMaster-Carr	Termómetro portátil de lectura remota	\$ -	\$ -
4	1	19005T32	McMaster-Carr	Báscula de suelo, 2000 libras de capacidad	\$ -	\$ -
5	1	2G0002	Getz Equipment Innovators	Detector de fugas	\$ -	\$ -
6	1	LS-20	Bacharach Inc	Estándar de fugas	\$ -	\$ -
7	1	3316T972	McMaster-Carr	Polipasto eléctrico de cadena	\$ -	\$ -
8	1	4364K1	McMaster-Carr	Compresor de aire eléctrico horizontal, 80 galones	\$ -	\$ -
9	1	1G51908	Getz Equipment Innovators	Válvula de cierre. Válvula de bola de latón de 2 vías de 3/8"	\$ -	\$ -
10	1	3943K23	McMaster-Carr	Manómetro de prueba digital de alta precisión	\$ -	\$ -
11	1	6677A13	McMaster-Carr	Válvula reguladora de alta presión montada en cilindro de nitrógeno	\$ -	\$ -
12	1	70-282	Fike Corporation	Adaptador de recarga - Herramienta de extracción del núcleo	\$ -	\$ -
13	1	70-281	Fike Corporation	Herramienta depresora central - Válvula de impulso	\$ -	\$ -
14	1	1G0084	Getz Equipment Innovators	Válvula de bola	\$ -	\$ -
15	1	1G51902	Getz Equipment Innovators	Válvula de bola de 3 vías (purga)	\$ -	\$ -
16		<b>Equipos adicionales necesarios</b>			\$ -	\$ -
17	1	02-17015	Fike Corporation	Barill de agente limpio Novec 1230 a granel, 661 libras (300 kg)	\$ 10,796.83	\$ 10,796.83
18	3	02-17015	Fike Corporation	Contenedor de agente limpio a granel Novec 1230 de 2425 lb (1100 kg)	\$ 39,611.77	\$ 118,835.31
19	2	P-4631-E	Praxair	Cilindro de gas Nitrógeno	\$ 394.05	\$ 788.11
20	10	P-4631-R	Praxair	Recarga del cilindro de gas Nitrógeno	\$ 126.35	\$ 1,263.54
21	4	2021-4-4S	EATON	Conector recto de acero macho NPT de 1/4" a macho JIC N2 de 1/4"	\$ 1.82	\$ 7.26
22	4	HJ4-072	Glacier Tanks	Manguera trenzada de acero inoxidable de 1/4" con conexiones JIC hembra de 1/4" en ambos extremos	\$ 53.37	\$ 213.49
23	1	C11CC68122	EPSON	Impresora de Etiquetas Epson ColorWorks C831	\$ 1,573.00	\$ 1,573.00
24	30	85-049	Fike Corporation	Kit de recarga para cilindros de 5, 10, 20, 35, 60 y 100 lb	\$ 111.60	\$ 3,347.95
25	30	85-050	Fike Corporation	Kit de recarga para cilindros de 150, 215, 375, 650 y 1000 lb	\$ 139.49	\$ 4,184.66
26	1	CGA C-6	CGA	Standard for Visual Inspection of Steel Compressed Gas Cylinders	\$ 132.00	\$ 132.00
27	1	CFR Title 49	CFR	CFR Title 49: Section 173.34 (Code of Federal Regulations)	\$ 50.00	\$ 50.00

Tabla 40. Presupuesto de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Equipos y materiales electricos					\$	\$
28					-	-
29	1	CH2L70SA	EATON	Centro de carga CH de sobreponer 2P 70A 120/240V 1F 3H CH2L70SA	\$ 52.94	\$ 52.94
30	1	CH270	EATON	Interruptor termomagnético CH de enchufar 70A 2P 120/240V UL CH270	\$ 35.02	\$ 35.02
31	1	QO116L125PG	Schneider Electric	Centro de carga tipo QO 16/24 POLOS 125A 120/240V 1F 3HQ QO116L125PG	\$ 94.66	\$ 94.66
32	1	QOC24US	Schneider Electric	Cubierta de sobreponer para centro de carga 16/24 POLOS QOC24US	\$ 50.64	\$ 50.64
33	5	QO120	Schneider Electric	Interruptor termomagnético QO de enchufar 20A 1P 120V UL QO120	\$ 8.48	\$ 42.39
34	4	CH220GFT	EATON	Interruptor CH falla tierra (GFCI) 20A 2P 120/240V UL CH220GFT	\$ 149.91	\$ 599.65
35	9	1597TRW	Bticino	Toma doble GFCI 2 polos + Tierra con placa blanco 125V 15A	\$ 25.94	\$ 233.48
36	2	3852	Bticino	Toma sencillo de sobreponer 2 polos 3 hilos NEMA 50A 250V UL P&S	\$ 17.25	\$ 34.51
37	1	AE2101EB	Bticino	Interruptor 3 vías sencillo 15AMP Blanco Modus Style	\$ 5.35	\$ 5.35
38	4	P23224-36	Sylvania	Bulbo LED HP 40W 6500K 3500LM	\$ 35.26	\$ 141.05
39	4	P21W	Bticino	Portalampara superficial 100W Color blanco oval	\$ 2.14	\$ 8.57
40	14	THHN CAL 4AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 6AWG Negro PHELPS DODGE (Metros)	\$ 3.87	\$ 54.24
41	7	THHN CAL 6AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 6AWG Blanco PHELPS DODGE (Metros)	\$ 2.58	\$ 18.03
42	7	THHN CAL 8AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 8AWG Verde PHELPS DODGE (Metros)	\$ 1.59	\$ 11.15
43	1	THHN CAL 12AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 12AWG Negro Caja PHELPS DODGE	\$ 48.76	\$ 48.76
44	1	THHN CAL 12AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 12AWG Blanco Caja PHELPS DODGE	\$ 48.76	\$ 48.76
45	1	THHN CAL 12AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 12AWG Verde Caja PHELPS DODGE	\$ 48.76	\$ 48.76
46	30	EMT-0001		Tubo EMT americano 1/2"	\$ 4.09	\$ 122.69
47	30	EMT-0047		Unión EMT de presión de 1/2"	\$ 0.39	\$ 11.62
48	45	EMT-0020		Conector de presión de 1/2"	\$ 0.45	\$ 20.15
49	3	EMT-0003		Tubo EMT americano 1"	\$ 10.87	\$ 32.60
50	3	EMT-0049		Unión EMT de presión de 1"	\$ 1.10	\$ 3.30
51	90	EMT-0056		Gaza EMT sencilla de 1/2"	\$ 0.06	\$ 5.45
52	9	EMT-0058		Gaza EMT sencilla de 1"	\$ 0.17	\$ 1.52
53	10	EMT-0079		Caja rectangular pesada huecos 1/2"	\$ 1.27	\$ 12.71
54	10	E15112092		Tapa pesada para caja rectangular	\$ 1.21	\$ 12.10
55	11	EMT-0083		Caja cuadrada pesada doble fondo huecos 1/2" y 3/4"	\$ 1.59	\$ 17.44
56	11	EMT-0098		Aro de repello de 4x4" 1 gang	\$ 0.62	\$ 6.79
					<b>Equipos</b>	<b>\$ 157,549.40</b>
					<b>Mano de obra</b>	<b>\$ 1,105.43</b>
					<b>Subtotal</b>	<b>\$ 158,654.83</b>
					<b>IVA</b>	<b>\$ 20,625.13</b>
					<b>Total</b>	<b>\$ 179,279.96</b>
					<b>Total en colones</b>	<b>¢ 106,671,577</b>

Tabla 41. Continuación del presupuesto de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: Elaboración propia, 2020.

El presupuesto de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230 tiene un costo total de ₡106,671,577 (\$179,279.96) (ciento setenta y nueve mil doscientos setenta y nueve dólares americanos con noventa y seis centavos).

<b>Resumen de horas necesarias para la instalación y puesta en marcha de la estación de recarga</b>	
<b>Tipo de hora</b>	<b>Horas</b>
Técnicas	45
Electromecánicas	27
Supervisión	5
Ingeniería	15

Tabla 42. Resumen de horas necesarias para la instalación y puesta en marcha de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020.

La cantidad y distribución de horas necesarias para la instalación y puesta en marcha de la estación de recarga, se realiza con los tiempos de instalación que tiene EDINTEL, por lo tanto, son horas calculadas y basadas en la realidad, dicha empresa tiene su propia hoja de cálculo para el análisis de la mano de obra, producto de estudios de mercado y análisis de resultados en sus proyectos desde su creación como empresa.

Los tipos de horas que se incluyen en la Tabla 42, se distribuyen de la siguiente manera:

- Hora técnica: se encarga de realizar la instalación de los equipos.
- Hora electromecánica: se encarga de realizar el cableado y canalización eléctrica desde el centro de carga hasta cada uno de los diferentes equipos.
- Hora de supervisión: normalmente es una o un ingeniero eléctrico o electromecánico que se encarga de supervisar el trabajo realizado por los técnicos y aprueba o rechaza la canalización eléctrica.
- Hora de ingeniería: se refiere a la hora del o la ingeniera electromecánica que se encarga de la programación y puesta en marcha del proyecto.

### Análisis económico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230.

Para realizar el análisis económico se efectúa un estudio financiero para definir cuantas libras de agente limpio Novec 1230 se deben recargar durante los cinco años en estudio para que el proyecto de la estación de recarga de agente limpio propuesto sea más rentable que invertir \$179,279.96 en el Banco Nacional de Costa Rica.

Por este motivo se realiza una investigación en la página web del Banco Nacional para obtener los porcentajes de las tasas de los certificados de depósito a plazo.

Inversión a plazo						
Materializado				Desmaterializado		
Plazo	tasa bruta			tasa bruta		
	colones	dólares	euros	colones	dólares	euros
DE 30 A 59 DIAS	1.25%	0.25%	0.00%	1.30%	0.30%	0.00%
DE 60 A 89 DIAS	1.75%	0.60%	0.00%	1.80%	0.65%	0.00%
DE 90 A 119 DIAS	2.25%	1.00%	0.00%	2.30%	1.05%	0.00%
DE 120 A 149 DIAS	2.75%	1.40%	0.00%	2.80%	1.45%	0.00%
DE 150 a 179 DIAS	3.00%	1.85%	0.00%	3.05%	1.70%	0.00%
DE 180 A 209 DIAS	3.25%	1.85%	0.00%	3.30%	1.90%	0.00%
DE 210 A 239 DIAS	3.50%	2.00%	0.00%	3.55%	2.05%	0.00%
DE 240 A 269 DIAS	3.75%	2.10%	0.00%	3.80%	2.15%	0.00%
DE 270 A 359 DIAS	4.00%	2.30%	0.00%	4.05%	2.35%	0.00%
DE 360 A 539 DIAS	4.50%	2.50%	0.00%	4.55%	2.55%	0.00%
DE 540 A 719 DIAS	5.00%	2.85%	0.00%	5.05%	2.90%	0.00%
DE 720 A 1079 DIAS	5.75%	3.00%	0.00%	5.80%	3.05%	0.00%
DE 1080 A 1439 DIAS	6.25%	3.50%	0.00%	6.30%	3.55%	0.00%
DE 1440 A 1799 DIAS	6.50%	3.75%	0.00%	6.55%	3.80%	0.00%
MAS DE 1800 DIAS	6.75%	3.90%	0.00%	6.80%	3.95%	0.00%

Tabla 43. Extracto de las tasas de los certificados de depósito a plazo en el Banco Nacional de Costa Rica. Fuente: Página web del Banco Nacional de Costa Rica, 2020.

De la Tabla 43 se obtiene el porcentaje de inversión a plazo, este porcentaje equivale a 3.9%, y se obtiene con un plazo de más de 1800 días debido a que el estudio se realiza con cinco años de proyección, adicionalmente se utiliza la tasa bruta en dólares.

<b>Cálculo de las ganancias generadas debido a la inversión a plazo en el Banco Nacional</b>					
Año	1	2	3	4	5
Porcentaje de inversión a plazo Banco Nacional	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%
Costo total de la estación de recarga	\$ 179,279.96				
Ganancias producto de los intereses generados	\$ 186,272	\$ 193,536	\$ 201,084	\$ 208,927	\$ 217,075
Intereses generados anualmente	\$ 6,992	\$ 7,265	\$ 7,548	\$ 7,842	\$ 8,148
Ganancia total generada en los cinco años	\$ 37,795				

Tabla 44. Cálculo de las ganancias generadas debido a la inversión a plazo en el Banco Nacional. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se detalla el cálculo de las ganancias generadas en la Tabla 44, se utiliza el monto de la inversión total, la cual equivale al presupuesto de la estación de recarga, con este monto se calculan los intereses generados anualmente, para finalmente obtener una ganancia total de \$37,795 al final de los cinco años de haber invertido el capital en el Banco Nacional. Lo anterior significa que la empresa invierte la cantidad de \$179,279.96 y al final de los cinco años recibirá \$217,075, este cálculo se presenta con la intención de realizar una comparación con la cantidad de libras que deberá recargar EDINTEL para que el proyecto sea rentable.

Para realizar la comparación de rentabilidad se realiza el cálculo de la cantidad de libras de Novec 1230 necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga y para que el proyecto sea más rentable que invertir el dinero en el Banco. En la Tabla 45 se detalla dicho cálculo en el cual se utiliza el monto total de la estación de recarga más las ganancias generadas en el Banco para lograr calcular el equivalente en libras que se deben recargar para cumplir con la rentabilidad que se obtendría invirtiendo en el Banco, este cálculo da como resultado que se deben recargar 8085 libras de Novec 1230 durante los cinco años de proyección.

<b>Cálculo de la cantidad de libras de Novec 1230 necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga</b>	
Costo total de la estación de recarga	\$ 179,279.96
Ganancia total generada en los cinco años	\$ 37,795
Monto total de la estación de recarga con las ganancias generadas en el Banco Nacional	\$ 217,075
Precio sugerido de venta por libra recargada de Novec 1230	\$ 26.85
Equivalente en libras necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga	8085
Promedio del equivalente en libras necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga en los 5 años de estudio	1617

Tabla 45. Cálculo de la cantidad de libras de Novec 1230 necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para la Tabla 45, se calcula un precio sugerido de venta para la libra de Novec 1230 recargada, con la ayuda de la hoja de cálculo de presupuestos de EDINTEL, se define que un precio de venta aceptable es de (\$26.85) para el proyecto en cuestión. El número de libras de Novec 1230 que se deben recargar equivalen al total en los cinco años, pero anualmente se deberá recargar un mínimo de 1617 libras de Novec 1230 para que el proyecto cumpla con la rentabilidad esperada.

<b>Promedio del equivalente en libras necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga</b>						
Año	1	2	3	4	5	TOTAL
Promedio del equivalente en libras necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga	1617	1617	1617	1617	1617	8085

Tabla 46. Promedio del equivalente en libras necesarias para cubrir el costo de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Adicionalmente es importante tomar en cuenta que existen costos asociados a la recarga que son claves para realizar una comparación de los costos de hacer una recarga en nuestro país o en la fábrica directamente, para este proyecto, se ejemplifican los costos de realizar una recarga de un cilindro con 100 libras de agente limpio Novec 1230 en EDINTEL versus hacer la recarga en la fábrica en Estados Unidos. El precio de venta de la libra recargada de Novec 1230 en fábrica es de \$19 dólares, por lo tanto, si se requieren recargar 100 libras de agente limpio, el costo en EDINTEL

sería de \$2685 debido a que el precio de la libra recargada en EDINTEL es de \$26.85, el costo de realizar la recarga en fábrica sería de \$1900.

Sin embargo, a este costo de \$1900 se le debe agregar costos asociados, entre ellos, el costo del flete (Costa Rica-Miami-Missouri) que para el cilindro seleccionado tiene un precio de \$800, la exportación del cilindro a fábrica (desde CR a USA) que tiene un costo de \$320, el costo de la importación del cilindro recargado con 100 libras de agente limpio Novec 1230 (desde USA a CR) el cual tiene un costo de \$710 y por último se debe contemplar el costo del flete (Missouri-Miami-Costa Rica) que es de \$1050.

En resumen, el costo total de recargar el cilindro en EDINTEL es de \$2685 y hacer la recarga en la fábrica Fike en Missouri tiene un costo total de \$4780, por lo tanto, se puede observar que existe un ahorro significativo de dinero y que el proyecto de la estación de recarga cumple con su función de reducir los costos, adicionalmente se debe tomar en cuenta que el proceso de recarga en EDINTEL tarda aproximadamente 2 días mientras que el proceso de recarga en fábrica tarda de 12 a 14 semanas, lo cual hace que la estación de recarga sea un apoyo clave a nivel Centroamericano como solución a los clientes de EDINTEL que tengan la necesidad de recargar sus cilindros y busquen rapidez y reducción de costos.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Al realizar el presente diseño del equipamiento electromecánico que debe ser instalado en un espacio físico desinados para una estación de recarga de agente limpio para sistemas de supresión de incendio, se obtuvieron los siguientes resultados y conclusiones:

- Se demostró mediante una lista de chequeo para la evaluación de las condiciones de infraestructura del edificio de EDINTEL, que la condición de la oficina ubicada en la planta baja propuesta para ser el lugar que reciba la estación de recarga es “aceptable”, por lo tanto, el lugar adecuado siguiendo las recomendaciones de fábrica es la oficina mencionada que limita con una zona verde en el costado oeste del inmueble.
- Se establecieron los parámetros de evaluación de la condición de deterioro del edificio y se creó una lista de chequeo ordenada por ítems enumerados, los cuales indican los elementos a inspeccionar y los deterioros que se presentan comúnmente en cada uno de los elementos, dicha lista de chequeo se encuentra disponible en el Apéndice C.
- Se describió el proceso detallado del antes, durante y después de que se efectuó la recarga de agente limpio, destacando aspectos técnicos importantes y relevantes que se deben cumplir para que el proceso sea de acuerdo a la recomendación de fábrica, por este motivo, se creó un paso a paso para una comprensión sencilla de los procedimientos a realizar desde el reacondicionamiento de las válvulas de los cilindros, los procedimientos y requerimientos de la recarga, la súper presurización de gas nitrógeno, el proceso para detección de fugas y la identificación del cilindro una vez que haya pasado por todos los procesos mencionados anteriormente.
- Se destacó la lista del equipamiento mínimo necesario para realizar la operación del proceso de llenado de los cilindros en la estación de recarga y las precauciones de seguridad generales que se deben cumplir para hacer uso de los equipos de forma segura.

- Se demostró la utilización de la Norma NFPA 70 Código Eléctrico Nacional en su Edición 2014, la cual es de uso obligatorio en Costa Rica para dimensionar la acometida eléctrica y la distribución de los circuitos ramales necesarios para el correcto funcionamiento del equipamiento de la estación de recarga, utilizando las Tablas del NEC para detallar todos los cálculos de carga, voltaje, corriente, calibres de los conductores, canalización y protección de los dispositivos de carga, la carga por fase se dividió de manera que las cargas sean balanceadas en cada línea de fase.
- Se estableció el uso de la Norma NFPA 2001 para determinar las características físicas y químicas de los agentes limpios más comunes, sus compuestos y su respectiva categoría, en el cual, se utilizaron términos técnicos para determinar el índice de toxicidad de los agentes limpios y se tomó como referencia para la investigación de la manipulación de los cilindros que inicien el proceso de recarga.
- Se demostró mediante una lista de chequeo los pasos detallados para la revisión y manipulación de los cilindros con la cual el operario de la estación de recarga puede tomar decisiones basadas en criterios técnicos de aceptar o rechazar los cilindros que se requieren recargar.
- Se concluye que es de suma importancia utilizar el manual de revisión y manipulación creado en este proyecto y cumplir a cabalidad con cada inspección con el fin de tener un procedimiento con los mismos estándares de calidad que posee la fábrica.
- Se establecieron todos los pasos necesarios del procedimiento de revisión y manipulación desde el momento en que el cilindro llega a EDINTEL hasta que se encuentra listo para ser recargado.
- Se demostró mediante un presupuesto electromecánico el costo total de la inversión que debe realizar EDINTEL para poner en funcionamiento la estación de recarga, el cual incluye el costo de los equipos, los materiales eléctricos necesarios y la puesta en marcha de la estación, con la ayuda del presupuesto realizado se concluye que el presupuesto de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230 tiene un costo total de (\$179,279.96) (ciento setenta y nueve mil doscientos setenta y nueve dólares americanos con noventa y seis centavos).

- Se concluye que de acuerdo con el análisis financiero si la empresa invierte la cantidad de \$179,279.96 en el Banco Nacional de Costa Rica, al final de los cinco años proyectados recibirá \$217,075, esto significa una ganancia de \$37,795.
- Se concluye que el precio sugerido de venta de la libra recarga de Novec 1230 es de \$26.85 durante el primer año.
- Se concluye que se deben recargar 8085 libras de Novec 1230 durante los cinco años para que el proyecto más sea rentable que invertir el dinero en el Banco Nacional.
- Se concluye que el equipamiento electromecánico necesario que debe ser instalado en la oficina propuesta en EDINTEL fue diseñado y seleccionado para que cumpla con todas las especificaciones y recomendaciones de fábrica, el listado completo de los equipos se detalla en la Tabla 47 y se explica cada uno de ellos en el análisis de resultados del proyecto, con la adquisición de estos equipos se asegura el correcto funcionamiento de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230.

## Recomendaciones

Según lo indicado anteriormente en las conclusiones y lo visto a lo largo de la investigación, se plantean las siguientes recomendaciones para el mejoramiento del proyecto:

- Se recomienda realizar la reparación de algunos puntos de la oficina propuesta para la estación de recarga, por ejemplo, reparar los huecos en las paredes producto de la desinstalación de algunos muebles aéreos que se utilizaban en este lugar, pintar nuevamente la oficina y reemplazar la ventana quebrada antes de cualquier trabajo que se requiera hacer.
- Con respecto a los sistemas de seguridad electrónica se recomienda ampliar el lazo de iniciación y de notificación del sistema de detección de incendio, con el fin de instalar una estación manual y una sirena con luz estroboscópica dentro de la oficina propuesta, además se recomienda instalar dos cámaras de seguridad tipo bala de 2 o 4 megapíxeles e integrarlos al sistema existente con el fin de asegurar y documentar con video que los procesos de recarga de los cilindros se realicen con altos estándares de calidad y seguridad. Para el sistema de control de accesos se recomienda instalar en la puerta un electroimán, una lectora de tarjetas y un botón de salida para restringir el paso por la oficina a personal autorizado solamente, estos equipos se pueden integrar al panel existente de control de accesos, por lo tanto, no es necesario invertir en un panel nuevo. para el sistema de intrusión se recomienda instalar un sensor de ruptura de vidrio ya que las ventanas son bastante grandes y un sensor de movimiento para proteger la oficina en horarios no laborales, de igual forma estos equipos se integran al panel de intrusión existente.
- Se recomienda que el operador de la estación de recarga sea una persona capacitada y certificada por fábrica para la manipulación del equipamiento electromecánico.
- Se recomienda no realizar cambios a los equipos propuestos en este proyecto, ya que todos se encuentran revisados y cumplen con todas las especificaciones y requerimientos necesarios, si se realiza algún cambio en los equipos no se garantiza el correcto funcionamiento de la estación de recarga.

- Cumplir con todos los pasos propuestos en este proyecto para el procedimiento de preparación y recarga de los cilindros con agente limpio Novec 1230, todos estos pasos son revisados y aprobados por fábrica.
- Se recomienda que el inspector de los cilindros realice todos y cada uno de los pasos propuestos en la lista de chequeo para la revisión y manipulación de los cilindros con el fin de tener un criterio técnico para aprobar o rechazar los cilindros.
- Se recomienda tomar en cuenta que la NFPA 2001 hace referencia a dos documentos que se utilizar para realizar las inspecciones de los cilindros; “DOT CFR Title 49” y “CGA C-6 Standard for visual inspection of steel compressed gas cylinders”. Los documentos mencionados se deben pagar para tener acceso a ellos. El manual propuesto en el proyecto se basa en recomendaciones de fábrica, pero la NFPA 2001 hace referencia a estos dos documentos.
- Se recomienda continuar con el estudio de este proyecto con el fin de que la estación de recarga sirva también para recargar otros agentes limpios como lo es ECARO-25 y FM-200, todo el equipamiento necesario para recargar estos agentes limpios es exactamente el mismo que el propuesto para esta estación de recarga.
- Adicionalmente se recomienda realizar un estudio para utilizar esta estación de recarga con cilindros de otras marcas como Kidde Fire Systems y Sapphire de Ansul, Con esto EDINTEL se garantiza cubrir todo el mercado centroamericano recargando todas las disponibles de cilindros y se renovarían como la única empresa a nivel centroamericano en poder realizar recargas de agente limpio.
- En caso de que EDINTEL decida seguir las recomendaciones anteriores, se deberá tomar en cuenta que para recargar otras marcas de cilindros se deberá realizar un proceso de certificación por parte de los fabricantes para ser aprobados y catalogados como estación de recarga certificada.

## CAPÍTULO VI: PROPUESTA

En el siguiente capítulo, se muestra la propuesta de la solución del problema presentado a lo largo del presente proyecto de graduación. El problema mencionado hace referencia a cuál es el diseño del equipamiento electromecánico que debe ser instalado en un espacio físico destinado para una estación de recarga de agente limpio para sistemas de supresión de incendio, basado en el manual de recarga de Fike “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”, el cual se encarga de regir el procedimiento para recargar cilindros de sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios.

El análisis del proyecto se basa fundamentalmente en realizar la estación de recarga con agente limpio Novec 1230, esto debido a que actualmente es el agente limpio más comercializado y es el que ofrece mayor rendimiento, gran margen de seguridad y un excelente perfil medioambiental. El fluido de protección contra incendios Novec 1230 se vaporiza rápidamente (50 veces más rápido que el agua) cuando se libera, no es corrosivo y no es conductor de electricidad, por lo que los sistemas electrónicos sensibles como centros de datos, salas de servidores, telecomunicaciones u otros equipos no se dañan. A diferencia de la espuma o el polvo, no deja ningún residuo molesto, por lo que los sistemas no tienen que limpiarse y quedan listos para su uso.

Debido a esto se hace la propuesta de utilizar Novec 1230 como el agente limpio que estaría disponible en la estación de recarga, ya que el Novec 1230 puede ayudar a los clientes de EDINTEL S.A a cumplir con las normativas ambientales en la protección contra incendios al mismo tiempo que garantiza la seguridad de las personas y protege las operaciones empresariales con un tiempo de inactividad mínimo, este tiempo de inactividad mínimo se logra teniendo una estación de recarga en nuestro país, de lo contrario se deberán enviar los cilindros a recargar a la fábrica Fike en Estados Unidos de América. Es importante tomar en cuenta que uno de los puntos esenciales que se tuvo en cuenta para realizar la elección de dicho agente limpio es porque tiene un potencial nulo de destrucción de la capa de ozono (ODP) y un potencial de calentamiento global (GWP) de menos de 1, esto significa que es una tecnología viable y sostenible desde el punto de vista ambiental para la protección contra incendios de peligros especiales.

El fluido Novec 1230 también tiene el mayor margen de seguridad de todos los agentes limpios para su uso en espacios ocupados y otra ventaja es que extingue el fuego de manera eficaz, más rápido que los sistemas de pulverización de gas inerte o agua, requiere menos volumen de fluido y es seguro para su uso con componentes electrónicos.

Una vez definido el agente limpio a utilizar, se inicia el proceso de estudio del equipamiento necesario para poder lograr recargar agente limpio en EDINTEL, esto se logra con el análisis del documento “06-852 FK-5-1-12 Recharge Manual”, propiedad de Fike, dicho documento es confidencial, por lo tanto, solamente las empresas que se encuentren certificadas y aprobadas por Fike Corporation tienen acceso a este manual, dicho documento es una guía para la selección del equipamiento electromecánico necesario para lo que será el diseño de la estación de recarga de agente limpio.

Se realiza una visita al sitio en el cual se pretende implementar la estación de recarga y se realiza una valoración de la infraestructura en general de este edificio, con el fin de definir el lugar adecuado para la estación de recarga de agente limpio, debido a que el edificio en revisión está diseñado para labores administrativas no cuenta con mucho espacios disponibles para plantear en este proyecto varias opciones de los lugares elegibles para la estación, sin embargo, en el primer nivel se encuentra una oficina con medidas de 3.85 metros de ancho  $\times$  4.6 metros de largo  $\times$  3 metros de alto, actualmente esta oficina es utilizada como bodega de materiales, esta oficina limita con la zona verde del costado oeste del edificio, por lo tanto, esta oficina es la elegida para realizar los cálculos de ocupación, cálculos eléctricos y el diseño en general de la estación de recarga.

Debido a lo anterior, se procede a realizar una inspección profunda y en específico de dicha oficina con la ayuda de una lista de chequeo que se creó para la evaluación respectiva, en dicha lista se indica por ítems los elementos a inspeccionar y los deterioros que se pueden presentar comúnmente en cada uno de los elementos en estudio y el resultado de cada ítem se evalúa como aceptable, regular o deficiente, de acuerdo con la Tabla 8 que hace referencia los parámetros de la condición de deterioro.

La inspección realizada se detalla ampliamente en la Tabla 9 y la Tabla 10, es importante mencionar que estas tablas son de elaboración propia, pero se basan en las recomendaciones que

realiza la fábrica para elegir el lugar adecuado de la estación de recarga, las cuales no son tan exigentes, debido a que el proceso es muy seguro si se realiza por personas capacitadas, aprobadas y certificadas por fábrica para operar en la estación. Después de realizar la inspección y el respectivo análisis de los resultados, de la misma, se concluye que la oficina en estudio presenta una condición “aceptable” de acuerdo con los criterios de evaluación propuestos, por este motivo el diseño del equipamiento electromecánico y el diseño eléctrico se estará realizando con las características y medidas físicas de esta oficina.

### Selección del equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga de agente limpio Novec 1230

Con la ayuda de la lectura y el análisis del manual “06-852 FK-5-1-12” planteado en el objetivo específico número dos, se logra determinar el equipamiento necesario para realizar el proceso de llenado de los cilindros de agente limpio, el cual se detalla en la Figura 55.

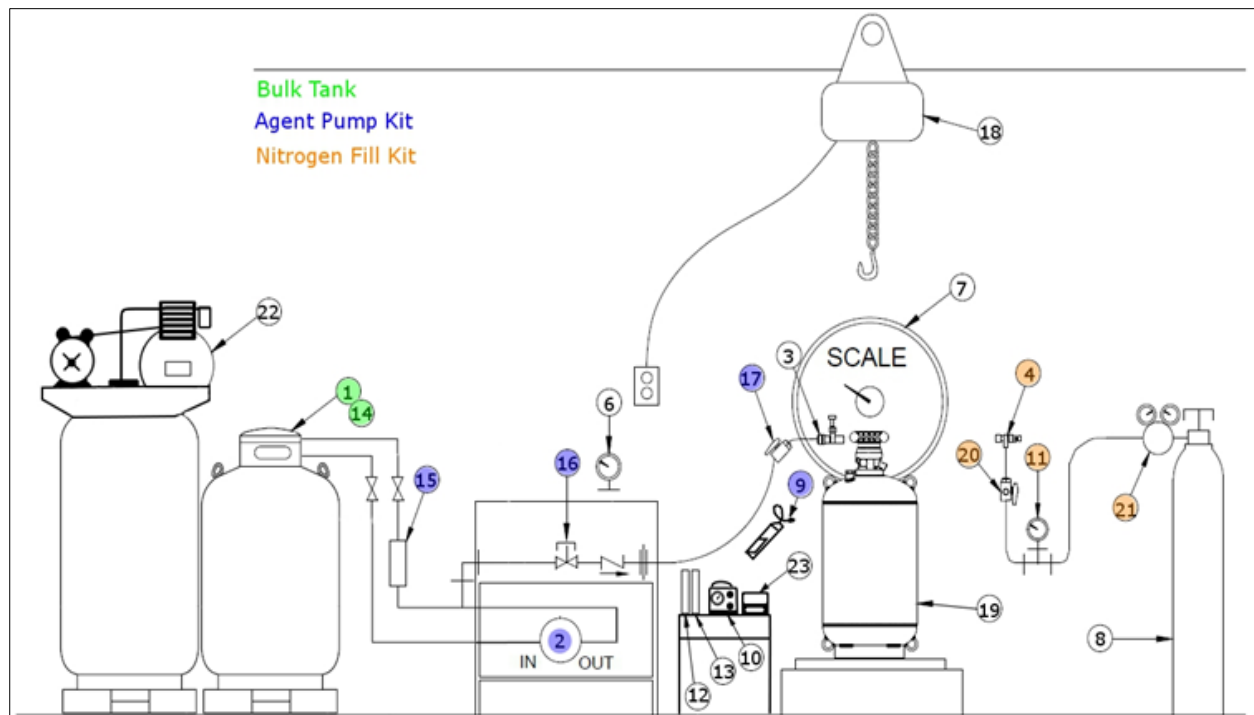


Figura 55. Equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

Se procede a realizar la Tabla 47, que incluye el listado del equipamiento electromecánico necesario para la estación de recarga, en la cual se describen los ítems por número y estos números hacen referencia las ubicaciones de la Figura 55.

<b>Equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Modelo</b>	<b>Alimentación</b>
1	Cilindro de NOVEC 1230 a granel	02-17015	No requiere
2	Estación de recarga / Bomba	4G59523	240 V
3	Herramienta de extracción del núcleo	70-282	No requiere
4	Herramienta depresora central	70-281	No requiere
5	Accesorios, válvulas y mangueras	2021-4-4S/HJ4-072	No requiere
6	Termómetro portátil de lectura remota	9266T22	Baterías
7	Báscula de suelo, 2000 lbs de capacidad	19005T32	120V
8	Suministro de nitrógeno	P-4631-E	No requiere
9	Detector de fugas (incluido con la bomba)	2G0002	Baterías
10	Estándar de fugas	LS-20	120 V
11	Manómetro de prueba digital de alta precisión para presión (N2)	3943K23	120 V
12	Tabla de presión versus Temperatura	No aplica	No requiere
13	Libro de registro	No aplica	No requiere
14	Válvulas de cierre para cilindro a granel	3G56337	No requiere
15	Retorno de vapor (incluido con la bomba)	Forma parte de la bomba	No requiere
16	Válvulas de cierre (incluido con la bomba)	1G51908	No requiere
17	Válvula de bola	1G0084	No requiere
18	Polipasto eléctrico de cadena, 4400 libras de capacidad	3316T972	120 V
19	Cilindro de Fike por recargar	Depende del cilindro	No requiere
20	Válvula de bola de 3 vías (purga) (incluido con la bomba)	1G51902	No requiere
21	Válvula reguladora de alta presión montada en tanque (incluido con la bomba)	6677A13	No requiere
22	Compresor de aire eléctrico horizontal, 80 gal.	4364K1	240 V
23	Impresora de etiquetas	C11CC68122	120V

Tabla 47. Listado del equipamiento electromecánico de la estación de recarga de agente limpio Novec 1230. Fuente: (Fabricante Fike Corporation, 2020).

En el Capítulo IV: Análisis de resultados se detallan todos los equipos necesarios para la estación de recarga y se ilustran con imágenes para un mejor entendimiento de los equipos en estudio.

### Selección de los materiales eléctricos necesarios para la acometida eléctrica.

cant	modelo	marca	descripcion
<b>Equipos y materiales electricos</b>			
1	CH2L70SA	EATON	Centro de carga CH de sobreponer 2P 70A 120/240V 1F 3H CH2L70SA
1	CH270	EATON	Interruptor termomagnético CH de enchufar 70A 2P 120/240V UL CH270
1	QO116L125PG	Schneider Electric	Centro de carga tipo QO 16/24 POLOS 125A 120/240V 1F 3HQ QO116L125PG
1	QOC24US	Schneider Electric	Cubierta de sobreponer para centro de carga 16/24 POLOS QOC24US
5	QO120	Schneider Electric	Interruptor termomagnético QO de enchufar 20A 1P 120V UL QO120
4	CH220GFT	EATON	Interruptor CH falla tierra (GFCI) 20A 2P 120/240V UL CH220GFT
9	1597TRW	Bticino	Toma doble GFCI 2 polos + Tierra con placa blanco 125V 15A
2	3852	Bticino	Toma sencillo de sobreponer 2 polos 3 hilos NEMA 50A 250V UL P&S
1	AE2101EB	Bticino	Interruptor 3 vías sencillo 15AMP Blanco Modus Style
4	P23224-36	Sylvania	Bulbo LED HP 40W 6500K 3500LM
4	P21W	Bticino	Portalampara superficial 100W Color blanco oval
7	THHN CAL 6AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 6AWG Negro PHELPS DODGE (Metros)
7	THHN CAL 8AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 8AWG Verde PHELPS DODGE (Metros)
1	THHN CAL 12AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 12AWG Negro Caja PHELPS DODGE
1	THHN CAL 12AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 12AWG Blanco Caja PHELPS DODGE
1	THHN CAL 12AWG	PHELPS DODGE	Cable THHN CAL 12AWG Verde Caja PHELPS DODGE
30	EMT-0001		Tubo EMT americano 1/2"
30	EMT-0047		Unión EMT de presión de 1/2"
45	EMT-0020		Conector de presión de 1/2"
3	EMT-0003		Tubo EMT americano 3/4"
3	EMT-0049		Unión EMT de presión de 3/4"
90	EMT-0056		Gaza EMT sencilla de 1/2"
9	EMT-0058		Gaza EMT sencilla de 3/4"
10	EMT-0079		Caja rectangular pesada huecos 1/2"
10	E15112092		Tapa pesada para caja rectangular
11	EMT-0083		Caja cuadrada pesada doble fondo huecos 1/2" y 3/4"
11	EMT-0098		Aro de repello de 4x4" 1 gang

Tabla 48. Lista de materiales eléctricos necesarios para la acometida de la estación de recarga.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el dimensionamiento de la acometida eléctrica de la estación de recarga de agente limpio se utilizó la Norma NFPA 70 Código Eléctrico Nacional en su Edición 2014, con el método de acometida para el sector comercial, la propuesta se basa en diseñar la acometida para la estación desde el disyuntor termomagnético principal debido a que el edificio ya cuenta con su propio centro de carga, por lo tanto, se realiza el cálculo de un centro de carga adicional y dedicado para la estación que cumpla con los requerimientos de carga de los equipos por instalar.

Para el diseño de la iluminación necesaria se utilizó el método de los lúmenes, el cual se detalla en la Tabla 38, este cálculo realizado da un resultado de 3.51 luminarias, por lo tanto, se procede a incluir en el diseño 4 luminarias de 3500 lúmenes para cumplir a cabalidad con el requerimiento de la estación de recarga.

En la acometida eléctrica en total se tendrán 9 circuitos ramales los cuales se diseñaron con la respectiva carga demanda de cada uno de los equipos que los componen, por esta razón se decidió incluir un centro de carga de dieciséis espacios para prever un crecimiento del sistema a futuro, se utilizará cable calibre #12 AWG THHN COBRE para todos los circuitos ramales, con tubería EMT de ½". Todas las salidas de los equipos de la estación de recarga se diseñaron con protección GFCI en los tomacorrientes, esto para el caso de las cargas a 120 V, para las cargas a 240 V se eligió un tomacorriente de pared sencillo, pero el interruptor termomagnético de estos circuitos tiene protección GFCI.

Para la acometida eléctrica se utilizarán conductores de fase #4 AWG THHN COBRE, #6 AWG THHN COBRE para el neutro y #8 AWG THHN COBRE para el conductor de puesta a tierra. Los datos y cálculos detallados se encuentran en la Tabla 24. La tubería propuesta para la acometida es de 1" EMT, para este cálculo se realizó la sumatoria de los milímetros cuadrados de los cables contemplando la cantidad correcta de conductores y el calibre del conductor, para un valor total del área de 162.64 mm<sup>2</sup>, utilizando la Tabla 4 del NEC 2014, se elige la opción de "Más de 2 cables 40%" y se busca en la columna de los mm<sup>2</sup> la mejor opción tomando en cuenta el área total calculada anteriormente, se toma como referencia la opción de 222 m<sup>2</sup>, la cual indica que para esa área se necesita tubería EMT de 1".

En la Tabla 28 se detallan todos los resultados de los cálculos aplicados para la acometida eléctrica, por lo tanto, dicha tabla representa un resumen general de todos los circuitos necesarios para que la estación de recarga pueda operar de manera óptima.

### **Presupuesto electromecánico y análisis económico de la estación de recarga de agente limpio.**

La propuesta económica de la estación de recarga de agente limpio se realiza después de tener un panorama claro del equipamiento y los materiales necesarios para la operación de la estación de recarga en EDINTEL, además se incluyen los costos del equipamiento y puesta en marcha de la estación de recarga.

En la siguiente Tabla se presenta un resumen del presupuesto general de la Tabla 40 y la Tabla 41. El monto total de la estación de recarga es de ₡106,671,577 (\$179,279.96) (ciento setenta y nueve mil doscientos setenta y nueve dólares americanos con noventa y seis centavos), es importante tomar en cuenta que dentro de la línea de los equipos ya se encuentra incluido el costo de la importación de todos los equipos que se deben comprar a Fike Corporation.

Equipos	\$	157,549.40
Mano de obra	\$	1,105.43
<b>Subtotal</b>	<b>\$</b>	<b>158,654.83</b>
<b>IVA</b>	<b>\$</b>	<b>20,625.13</b>
<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>179,279.96</b>
<b>Total en colones</b>	<b>₡</b>	<b>106,671,577</b>

Tabla 49. Inversión inicial de la estación de recarga. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Como parte del objetivo específico número cinco se entrega a la Gerencia de EDINTEL el costo final de la estación de recarga para su respectiva valoración, todos los equipos presentes en el presupuesto son fundamentales y necesarios para el correcto funcionamiento y operación de la estación de recarga, por lo tanto, no se recomienda realizar cambios al equipamiento sin antes ser consultado con fábrica, de esta forma se puede concluir y garantizar que si EDINTEL decide ejecutar el proyecto tendrá su estación de recarga en funcionamiento sin tener costos adicionales asociados a la implementación.

La fábrica Fike Corporation deberá realizar una visita a EDINTEL antes de que la estación entre en operación para realizar su respectiva inspección y certificación de la estación de recarga,

es importante tener en cuenta que sin la certificación de fábrica no se podrá iniciar con el proceso de llenado de los cilindros, ya que ellos se encargan de asegurar de que todos los procedimientos realizados y el resultado final de la recarga cumpla con los requerimientos exigidos por ellos y por las Normas respectivas, esto con el fin de poder contar en la Región Centroamericana con una estación de recarga certificada por fábrica, lo cual da un plus a EDINTEL en el mercado de la construcción y genera una apertura inmensa de mercado nuevo por atacar.

De acuerdo con el análisis económico de la estación de recarga realizado en el Capítulo IV del análisis de resultados, se presenta en esta propuesta la descripción y explicación de la proyección financiera para los siguientes cinco años. Se efectúa el análisis con el fin de definir la cantidad de libras de Novec 1230 que se deben recargar en EDINTEL para que el proyecto sea más rentable que invertir el dinero en el Banco Nacional de Costa Rica.

Como resultado del análisis se obtiene una ganancia total de \$37,795 al final de los cinco años de haber invertido el capital en el Banco Nacional. Si EDINTEL decide invertir \$179,279.96 al final de los cinco años recibirá \$217,075.

Adicionalmente, se utiliza el monto total de la estación de recarga más las ganancias generadas en el Banco para lograr calcular el equivalente en libras que se deben recargar para cumplir con la rentabilidad que se obtendría invirtiendo en el Banco, este cálculo da como resultado que se deben recargar 8085 libras de Novec 1230 durante los cinco años de proyección para cubrir el costo de la estación de recarga y para que el proyecto sea más rentable que invertir el dinero en el Banco.

Por lo tanto se recomienda a la Gerencia de EDINTEL estudiar con detenimiento esta propuesta con el fin de evaluar y analizar los resultados presentados para la toma de decisiones con respecto a la ejecución del proyecto, es importante mencionar que para este proyecto de graduación el estudio se realizó con el agente limpio Novec 1230, sin embargo, el equipamiento electromecánico está diseñado y pensado para tener la capacidad de recargar los agentes limpios; ECARO-25 y FM-200, por lo tanto se puede estimar que de dar el visto bueno para la ejecución de la estación de recarga la empresa se asegurará un lugar privilegiado en el mercado de la

construcción de la región centroamericana debido a que sería la primera empresa en invertir en un proyecto como lo es la estación de recarga de agente limpio.

Además una característica importante es que la estación de recarga también podría funcionar para recargar cilindros de agente limpio Novec 1230 de otras marcas como lo son; Kidde Fire Systems y Sapphire de Ansul, cada una de estas marcas tienen distintas características de llenado por ejemplo la densidad de llenado y la presurización es distinta a la de Fike Corporation, pero la estación de recarga tiene todo el equipamiento para funcionar a la perfección con estas otras marcas disponibles en el mercado. Dicho esto, EDINTEL se presenta ante un nuevo panorama de mercado en el cual podría acaparar el 100% de las recargas a nivel centroamericano, debido a que el costo de recarga es menor al costo en un nuevo cilindro solicitado a las fábricas respectivas.

### **Proceso de revisión, manipulación y recarga de los cilindros.**

Un proceso importante por tomar en cuenta para la ejecución de este proyecto es la revisión para la aprobación o el rechazo un cilindro que se pretenda recargar con agente limpio Novec 1230, por esta razón, parte de la propuesta es la elaboración de un manual de revisión y manipulación para los cilindros, con el fin de que el inspector cuente con una guía para determinar el estado físico de los cilindros.

El manual elaborado se trata de una lista de chequeo para la realizar la inspección de los cilindros de agente limpio, con los requisitos detallados de cada procedimiento a ejecutar, desde la recepción del cilindro, en la cual se revisará la identificación del mismo con el número de serie, la especificación DOT, la presión de servicio y el peso de tara, además de incluye la inspección de capacidad de servicio donde se inspeccionará externamente en busca de golpes o abolladuras, estado de la pintura, el estado de la tapa de protección de la válvula, la prueba hidrostática, en este punto es importante tomar en cuenta que EDINTEL ya cuenta con el equipo necesario para realizar la prueba hidrostática por este motivo no se incluye dentro del presupuesto ni dentro del equipamiento necesario para la estación de recarga.

Por último, se realiza una evaluación interna del cilindro para asegurar una integridad estructural viable y que internamente la superficie esté libre de residuos de corrosión.

El manual de revisión y manipulación se detalla en el Apéndice D.

Por otra parte, en el análisis de resultados se detallan los procedimientos necesarios para las recargas de los cilindros, se explicada detalladamente la forma en la que se debe reacondicionar las válvulas de los cilindros utilizando el kit de recarga adecuado antes de que pueda recargarse con agente limpio. Después de detalla el procedimiento de recarga de agente limpio con una enumeración de los pasos a seguir tomando en cuenta las recomendaciones de Fike Corporation.

Adicional a esto, se explica el proceso detallado de la súper presurización de nitrógeno para los cilindros y el procedimiento respectivo para la prueba de detección de fugas al finalizar los procesos anteriores.

Por último, se menciona la forma correcta del diseño de la etiqueta y toda la información que la misma debe contener antes de que el cilindro sea enviado al de regreso al cliente.

## REFERENCIAS

- Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. (2013). Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios. Versión 2013.
- Baptista Lucio, P., Fernández Collado, C., & Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación . México: McGraw Hill.
- Esparza, F. (2002). Bomberos de Navarra, Nafarroako Suhiltzaileak. Extinción de incendios. Asociación deportiva y cultural de Bomberos de Navarra.
- FDNY. (2005). Firefighting Procedures, Engine Company Operations. New York City Fire Department.
- Hernández, R. (2014). Metodologia de la investigación. México: McGraw hill.
- NFPA (2016). NFPA® 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- NFPA (2016). NFPA 72® National Fire Alarm and Signaling Code. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- NFPA (2017). NFPA® 921: Guide for Fire and Explosion Investigations. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- NFPA (2018). NFPA 101®: Life Safety Code®. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- NFPA (2018). NFPA® 204: Standard for Smoke and Heat Venting. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- NFPA (2012). NFPA 2001®: Estándar sobre Sistemas de Extinción de Incendios con Agentes Limpios. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- NFPA (2014). NFPA 70®: Código Eléctrico Nacional. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- Protección Civil España. (2013). Manual de primera intervención frente al fuego mediante el uso de extintores portátiles y de bocas de incendio equipadas. Dirección General de Protección Civil y Emergencias.

- SFPE (2016). SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 5th Edition. New York: Springer.
- Quintiere, J. (1998). Principles of Fire Behavior. 1st Edition. Boston: Cengage Learning.
- Ybirma, L. (2017). ContraIncendio: Agentes limpios para extinción de incendios. Consultar en ContraIncendio. <http://www.contraincendio.com.ve/agentes-limpios-para-extincion-de-incendios-parte-i/>
- 3M™ Novec™ (2020). Hoja informativa del fluido Novec 1230. 3M™ Novec™ 1230 Fluido de protección contra incendios.
- 3M™ Novec™ (2019). Fiable. Seguro. Sostenible. 3M™ Novec™ 1230 Fluido de protección contra incendios.
- 3M™ Novec™ (2017). Fluido de protección contra fuego para aplicaciones de gas y carburante. 3M™ Novec™ 1230 Fluido de protección contra incendios.

## APÉNDICES

### Apéndice A. Ficha técnica del agente limpio Novec 1230.



# Novec™ 1230

## Fluido de protección contra el fuego

### Información del producto

#### Presentación

Fluido de protección contra fuego 3M™ Novec™ 1230, dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona, (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>C(O)CF(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), es un fluido con poco olor y claro, incoloro, uno de la larga línea de productos 3M diseñados como sustitutivos 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-metilpentan-3-ona	99.0 mol %, mínimo
Resíduos 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 N<sub>2</sub> 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 in 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 <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> C(O)CF(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
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 <sup>3</sup> /lbm)
Densidad crítica	639.1 kg/m <sup>3</sup> (39.91 lbm/ft <sup>3</sup> )
Densidad, Sat. Líquido	1.60 g/ml (99.9 lbm/ft <sup>3</sup> )
Densidad, Gas @ 1 atm	0.0136 g/ml (0.851 lbm/ft <sup>3</sup> )
Volumen específico, Gas @ 1 atm	0.0733 m <sup>3</sup> /kg (1.175 ft <sup>3</sup> /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 <sub>2</sub> =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 <sub>2</sub>
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.

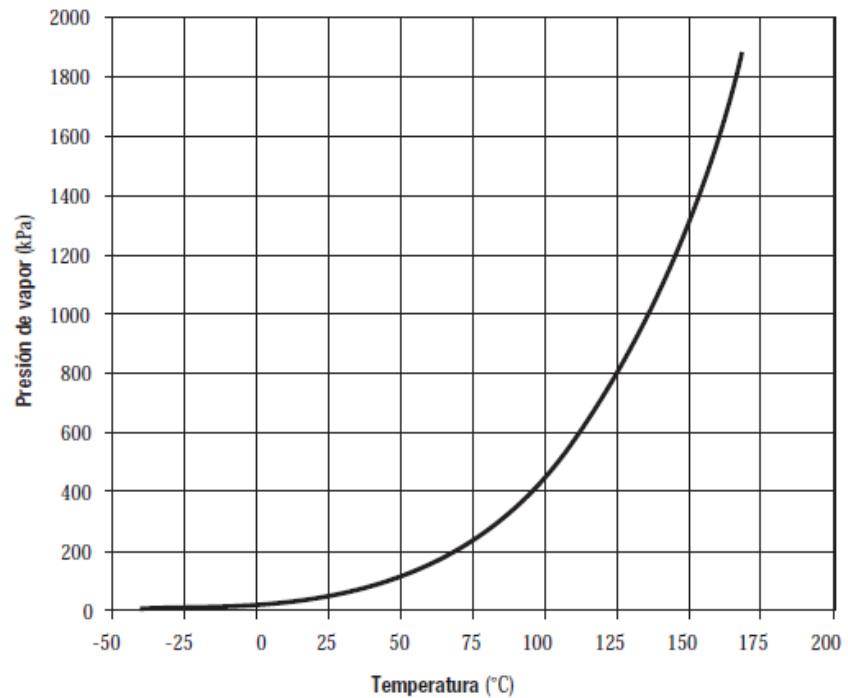
\* No se observan niveles de efectos adversos para sensibilización cardiaca (halocarbonos), reducción de oxígeno (gas inerte) y efectos específicos al CO<sub>2</sub>.

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

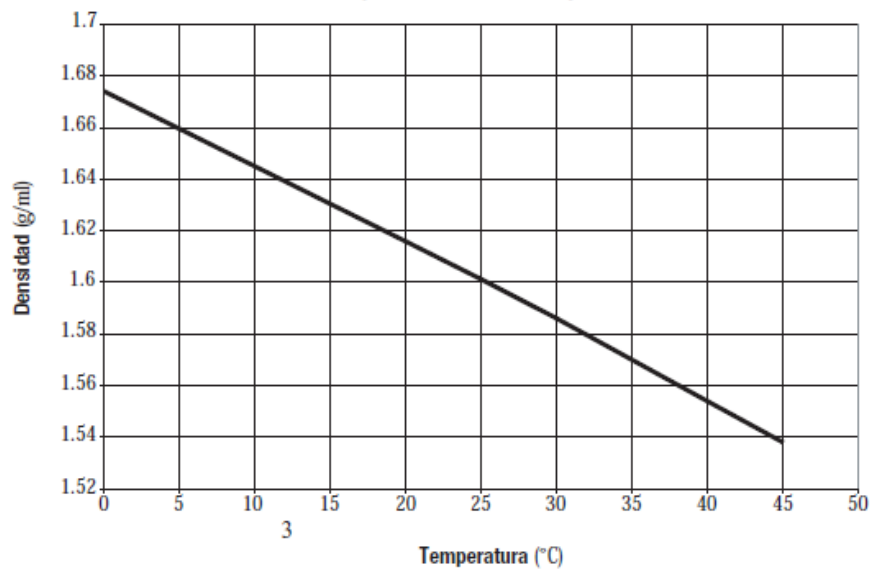
## Descripción de propiedad del fluido de protección contra el fuego 3M™ Novec™ 1230 (Continúa)

No para propósitos  
de especificación

Fluido Novec 1230  
Presión de vapor contra Temperatura



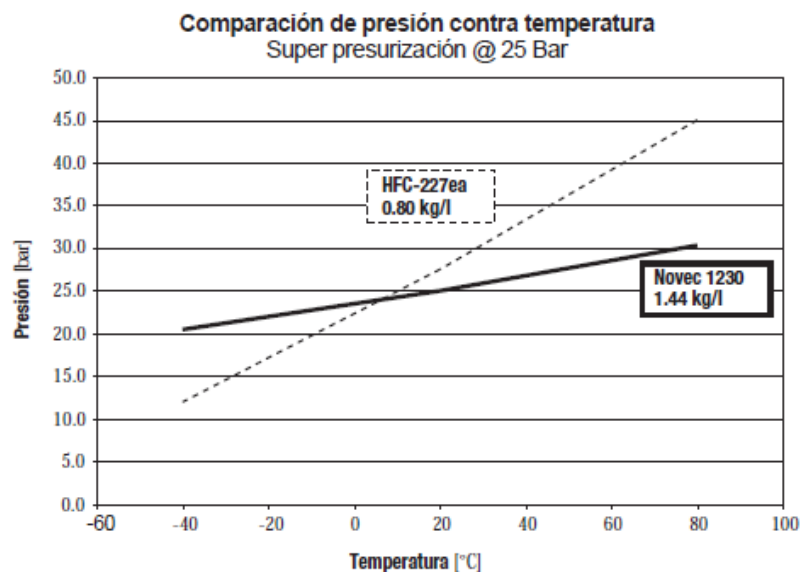
Fluido Novec 1230  
Densidad líquida contra Temperatura



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

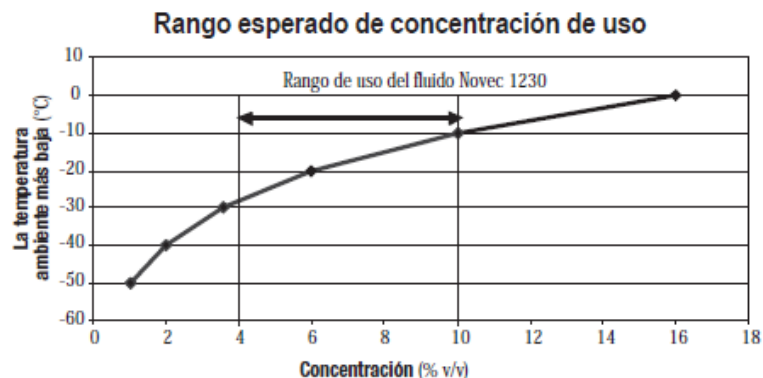
No para propósitos de especificación

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 bases 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  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ . 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



## 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

No para propósitos de especificación

Todos los demás datos diferentes a los propios del fluido Novec 1230 se compilaron desde fuentes publicadas

Propiedades	Novec 1230	Halón 1211	Halón 1301	HFC-125	HFC-227ea	HFC-23
Reducción del ozono Potencial (ODP) <sup>1</sup>	0.0	5.1	12.0	0.0	0.0	0.0
Potencial de calentamiento global-IPCC <sup>2</sup>	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

<sup>1</sup> Organización Meteorológica Mundial (OMM) 1998, Método del Modelo-Derivado

<sup>2</sup> Panel intergubernamental sobre cambio climático (IPCC) 2001 Método, 100 Año ITM

### 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

No para propósitos de especificación

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

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

<sup>2</sup> 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](http://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, Tamagawadai 2-chome  
Setagaya-ku, Tokyo  
158-8583 Japan  
813 3709 8250

### Asia y Pacífico y Latino América

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](http://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.

**Apéndice B. Ficha técnica de los cilindros de Fike Corporation para agente limpio Novec 1230.**



**IMPULSE VALVE STORAGE CONTAINERS FOR SYSTEMS USING 3M™ NOVEC™ 1230 FIRE PROTECTION FLUID**



**Description**

Fike’s clean agent containers are painted steel containers available in various sizes and varying fill densities. Each container is fitted with an internal siphon tube, Fike Impulse Valve assembly, pressure gauge, container nameplate and applicable mounting hardware. Refer to page 3 for illustration of items supplied with the container.

The Impulse Valve contains a fast-acting rupture disc that retains the agent within the container until the disc is ruptured by an Impulse Valve Actuator (ordered separately) allowing the agent to be released from the container.

Each container is factory filled with 3M™ Novec™ 1230 fire protection fluid in 1 lb. (0.5 kg) increments up to their required capacity and is then super-pressurized with dry nitrogen to 500 psig at 70° F (34.5 bar at 21°C). Fill density must be specified when ordering. Containers sharing the same manifold must be equal in size and fill density.

**Specifications**

Fill Range	30 to 70 lbs/ft <sup>3</sup> (481 to 1121 kg/m <sup>3</sup> )
Fill Increments	1.0 lbs (0.5 kg)
Super Pressurization Level	500 psig at 70°F (34.5 bar at 21°C) after filling with dry nitrogen
Storage Temp Limits*	32°F (0°C) minimum 130°F (54.4°C) maximum
Construction	Carbon steel alloys
Rating	DOT 4BW500 TC 4BWM534
Color Options	Baked enamel finish, white (default) or red**
Actuation Methods	Electric/Pneumatic/Manual

\* If container pressure reaches 720 to 800 psi (49.6 to 55 bar), valve will open automatically. This also fulfills the pressure relief valve requirements in accordance with DOT regulations.  
\*\*5 lb. (2 L) and 10 lb. (4 L) containers are white only.

**Reliability**

Each container is manufactured in strict accordance with U.S. Department of Transportation (DOT) regulations and has successfully passed testing by Factory Mutual (FM) and Underwriters Laboratories, Inc. (UL). Each container is leak tested and pressure tested to 1000 psig (69 bar) prior to shipment.

**Approvals**

- Underwriters Laboratories (UL)
- Underwriters Laboratories of Canada (ULC)
- Factory Mutual (FM)

For exact certification listings, please reference the respective agency web site.

This document is only intended to be a guideline and is not applicable to all situations. Information is subject to Fike’s full disclaimer at <http://www.fike.com/disclaimer>.

## Container Data

Container		Fill Range		Tare Weight	Dimensions (approximate)		Valve Size
Size	P/N	Minimum	Maximum		Diameter	Height	
lb. (L)			lbs. (kg)	lbs. (kg)	lbs. (kg)	in. (mm)	in. (mm)
5 (2)	70-357	3 (1.0)	5 (2.0)	6.20 (2.8)	4.15 (105.4)	12.59 (320)	1 (25)
10 (4)	70-358	5 (2.5)	10 (4.5)	12.50 (5.7)	4.15 (105.4)	23.63 (600)	1 (25)
20 (8.5)	70-359	9 (4.5)	21 (9.5)	20.90 (9.5)	7.00 (178)	21.50 (457)	1 (25)
35 (15)	70-360	17 (7.5)	38 (17.0)	31.10 (14.1)	7.00 (178)	32.50 (826)	1 (25)
60 (27)	70-361	30 (13.5)	68 (30.5)	52.00 (23.6)	10.75 (273)	27.00 (686)	1 (25)
100 (44)	70-362	47 (21.5)	108 (49.0)	74.10 (33.6)	10.75 (273)	38.75 (984)	1 (25)
150 (61)	70-363	65 (29.5)	150 (68.0)	130.10 (59.0)	20.00 (508)	18.75 (476)	3 (80)
215 (88)	70-364	93 (42.5)	216 (98.0)	157.00 (71.2)	20.00 (508)	28.56 (725)	3 (80)
375 (153)	70-365	163 (74.0)	378 (171.5)	224.00 (101.6)	20.00 (508)	42.50 (1080)	3 (80)
650 (267)	70-366	283 (128.5)	660 (299.0)	384.90 (174.6)	24.00 (610)	48.69 (1237)	3 (80)
1000 (423)	70-367	449 (203.5)	1045 (474.0)	539.90 (244.9)	24.00 (610)	70.00 (1778)	3 (80)

FLOOR LOADING / AREA BY CONTAINER SIZE											
Container Size		Total Container Weight *		Container Floor Area		Container Floor Loading		Container Floor Area w/Plate **		Container Floor Loading w/Plate ***	
lbs	L	lbs.	kg	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	lbs/ft <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	lbs/ft <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>
5	2	11	5	0.09	0.009	119	582	4.0	0.36	8	42
10	4	23	10	0.09	0.009	240	1169	4.0	0.36	11	57
20	8.5	42	19	0.27	0.02	157	766	4.0	0.36	16	81
35	15	69	31	0.27	0.02	258	1262	4.0	0.36	23	115
60	27	120	54	0.63	0.06	190	930	4.0	0.36	36	180
100	44	182	83	0.63	0.06	289	1410	4.0	0.36	51	258
150	61	280	127	2.18	0.20	128	627	4.0	0.36	76	381
215	88	373	169	2.18	0.20	171	835	4.0	0.36	99	498
375	153	602	273	2.18	0.20	276	1347	4.0	0.36	156	787
650	267	1045	474	3.14	0.29	333	1624	4.0	0.36	267	1345
1000	423	1585	719	3.14	0.29	504	2463	4.0	0.36	402	2025

## Notes:

\* Total container weight is based on container tare weight + maximum fill weight

\*\* Plate size = ¼" x 2" x 2" (6.4mm x 0.6m x 0.6m)

\*\*\* Total container weight + 22.5 lbs (10.2 kg) added for plate used to calculate container with plate floor loading

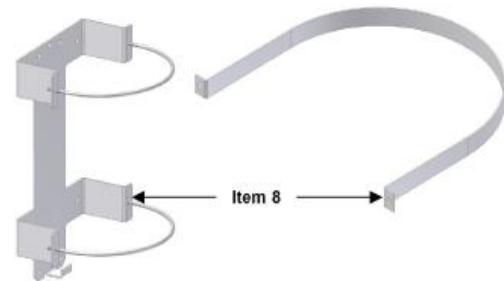
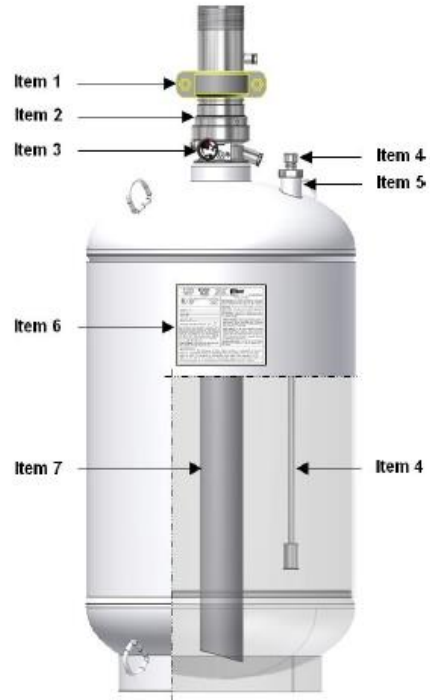
This document is only intended to be a guideline and is not applicable to all situations.  
Information is subject to Fike's full disclaimer at <http://www.fike.com/disclaimer>.

Items Supplied with Container Assembly

Item No.	Description	Data Sheet
1	Victaulic Coupling & Nipple	n/a
2	Impulse Valve	IV.1.14.01
3	Pressure Gauge	IV.1.40.01
4	Liquid Level Indicator (optional)	IV.1.20.01
5	LLi Boss <sup>1</sup>	n/a
6	Nameplate <sup>2</sup>	n/a
7	Siphon Tube <sup>3</sup>	n/a
8	Mounting Straps & Brackets	IV.1.18.01

Notes:

- 1) 100 thru 1000 lb. (44 thru 423 L) containers are equipped with an LLi boss that facilitates the installation of an optional Liquid Level Indicator (LLi).
- 2) Fike nameplate provides the information that is specific to each container: Assembly and serial number of the container, weight information: tare, gross and agent and installation, operation and safety information. All containers filled either by the factory or by an Approved Initial Fill Station are provided with a name plate bearing the UL & FM markings.
- 3) All Fike Clean Agent containers are equipped with a siphon tube. All containers must be mounted upright.



This document is only intended to be a guideline and is not applicable to all situations. Information is subject to Fike’s full disclaimer at <http://www.fike.com/disclaimer>.

**Apéndice C. Lista de evaluación de las condiciones de infraestructura del sitio propuesto para la estación de recarga.**

Evaluación de las condiciones de infraestructura de la bodega en la planta baja del edificio de Edintel S.A.					
Ítem	Detalle de la revisión	Condición			Observaciones
		Aceptable	Regular	Deficiente	
1	Revisión general del estado de conservación de las paredes (exteriores e interiores) del edificio incluyendo las paredes livianas, se revisa la aparición de grietas, fisuras, huecos, deformaciones, desgaste, humedad, manchas y suciedad.				
2	Revisión de la condición del acabado de las paredes, se revisa el repello, revestimientos, enchapes y pintura.				
3	Revisión de que el lugar cuente con espacios bien ventilados, protegidos del sol, del agua, de la lluvia, de la humedad y de ambientes corrosivos.				
4	Revisión general del estado de conservación del piso del edificio, se revisa la aparición de grietas, fisuras, huecos, despegues, desgaste, humedad, manchas, ralladuras y suciedad.				
5	Revisión de aparición de goteras.				
6	Revisión general del estado de conservación del techo y red pluvial, revisar la cubierta, limahoyas, limatones, botaguas, cumbreras, canoas, bajantes pluviales y las cajas de registro.				
7	Revisión general del estado de conservación del cielo del edificio, se revisa la aparición de fisuras, huecos, láminas desacomodadas, pandeo, goteras, humedad y manchas.				
8	Revisión general del estado de conservación de los diferentes elementos estructurales de concreto reforzado del edificio (columnas y vigas), se revisa la aparición de fisuras, grietas, huecos, flechas, humedad, manchas, degradación química y suciedad.				
9	Revisión general del estado de conservación de las puertas y cerraduras del edificio, se revisa la aparición de golpes, hundimientos grietas, huecos, desplomes, humedad, hongos, manchas, suciedad y efectividad de cierre.				
10	Revisión general del estado de conservación de los distintos tipos de ventanas (incluye vidrios, celosías y marcos), se revisa la aparición de golpes, hundimientos, rayaduras grietas, huecos, desplomes, humedad, hongos, manchas, suciedad y mecanismos de cierre.				

11	Revisión general del estado de conservación y funcionamiento de la red de suministro de agua potable, se revisan las tuberías, válvulas y accesorios expuestos (visibles) con el propósito de detectar fugas y roturas, revisar los anclajes y deterioro general.				
12	Revisión del sistema de detección de incendio del lugar.				
13	Revisión de los sistemas de seguridad electrónica (CCTV, Control de accesos, Intrusión).				
14	Revisión del estado y funcionalidad de los interruptores y tomacorrientes.				
15	Revisión de luminarias existentes, detección de iluminación oscilante o fundida, roturas y sujeción.				
16	Verificación del estado de las conexiones de las líneas de distribución principal y secundaria, verificación de la continuidad eléctrica de la línea.				
17	Verificar el acceso al cielo para posibles reparaciones del sistema eléctrico.				
18	El lugar cuenta con salidas de emergencia debidamente rotuladas.				
19	El lugar cuenta con accesibilidad para el adecuado manejo de los cilindros de supresión de incendio.				
20	El lugar cuenta con el espacio adecuado para recibir todos los equipos electromecánicos de la estación de recarga de agente limpio.				

### Apéndice D. Manual de revisión y manipulación de los cilindros de agente limpio.

Registro para inspección de cilindros de agente limpio					
Área / Departamento: _____					
Fecha de inspección: _____					
N° de identificación del cilindro: _____					
Agente limpio: _____					
Presión de carga del cilindro: _____					
Presión de trabajo: _____					
Peso de tara: _____					
Fabricante: _____					
Numero de serie: _____					
Año de fabricación: _____					
Presión máxima de trabajo permitida: _____					
Inspección realizada por:		Firma		Inspección revisada por:	
LISTA DE CHEQUEO			CR* CRITICIDAD 1: CRITICO 2: ALTAMENTE CRITICO 3: SUPERCRITICO		
Ítem	Inspección	Variables			Observaciones
1	Recepción del cilindro a inspeccionar	SI	NO	CR*	
1.1	<u>Revisión de la identificación del cilindro:</u> Se debe revisar la placa de identificación para determinar su estado, leer fácilmente su número de parte y la información del peso del cilindro.				
1.2	<u>Número de serie:</u> Se debe revisar que el número de serie no presente signos de alteración o cambios.				
1.3	<u>Especificación DOT y presión de servicio:</u> Se inspecciona para asegurar que se encuentren legibles y en buen estado.				
1.4	<u>Símbolo y marca del fabricante:</u> Se deberá de revisar para validar que el cilindro ha sido fabricado con altos estándares de calidad.				
1.5	<u>Peso de tara:</u> Se deberá de identificar y anotar el peso de tara				
1.6	<u>Estado de prueba periódica:</u> Se debe inspeccionar para ver si los cilindros tienen pruebas periódicas hechas anteriormente y si están en vigencia o vencidas.				

2	<b>Inspección de capacidad de servicio</b>				
2.1	<u>Inspección externa:</u> Se inspeccionará toda la superficie en busca de abolladuras, picaduras, hendiduras, abultamientos o corrosión excesiva.				
2.2	<u>Inspección de pintura:</u> Se inspeccionará el estado de la pintura de cada cilindro para ver si se está dañando o pelando				
2.3	<u>Inspección de la tapa de protección de la válvula:</u> Se deberá inspeccionar cada tapa de protección de la válvula para detectar grietas, abolladuras o una diferencia de tamaño.				
2.4	<u>Prueba hidrostática:</u> Si los cilindros no cuentan con una marca clara de la fecha de la prueba hidrostática, el inspector debe efectuar una prueba hidrostática al cilindro. ¿Se debe de efectuar la prueba hidrostática?				
2.5	<u>Evaluación interna del cilindro:</u> Se deberá realizar una inspección visual para definir el tipo de evaluación a realizar.				
2.6	<u>Prueba de martillo:</u> El cilindro se someterá a una prueba de martillo para asegurar una integridad estructural viable y que internamente la superficie esté libre de residuos de corrosión.				
2.7	<u>Prueba con el Boroscopio:</u> Cuando se sospeche una corrosión significativa o posibles fallas, el cilindro deberá ser revisado por medio de un boroscopio.				
3	<b>Rechazo o aprobación de los cilindros</b>				

**Apéndice E. Evidencia de la evaluación de las condiciones de infraestructura de la bodega en la planta baja del edificio de EDINTEL.**



